

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
KHOA MÔI TRƯỜNG

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP
CHUYÊN NGÀNH: KỸ THUẬT MÔI TRƯỜNG

ĐỀ TÀI:

**ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG VÀ TIỀM NĂNG
TÁI SỬ DỤNG SẢN PHẨM CUỐI TỪ QUÁ
TRÌNH ỔN ĐỊNH BÙN BẰNG CÔNG NGHỆ
CO-COMPOSTING**

Người hướng dẫn: **ThS.NCS. VÕ DIỆP NGỌC KHÔI**
Sinh viên thực hiện: **HOÀNG QUỐC TRUNG**
Số thẻ sinh viên: **117200028**
Lớp: **20MT**

Đà Nẵng, 4/2025

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
KHOA MÔI TRƯỜNG

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP
CHUYÊN NGÀNH: KỸ THUẬT MÔI TRƯỜNG

ĐỀ TÀI:

ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG VÀ TIỀM NĂNG
TÁI SỬ DỤNG SẢN PHẨM CUỐI TỪ QUÁ
TRÌNH ỔN ĐỊNH Bùn BẰNG CÔNG NGHỆ
CO-COMPOSTING

Người hướng dẫn: ThS.NCS. VÕ DIỆP NGỌC KHÔI
Sinh viên thực hiện: HOÀNG QUỐC TRUNG
Số thẻ sinh viên: 117200028
Lớp: 20MT

Đà Nẵng, 4/2025

TÓM TẮT

Tên đề tài: Đánh giá chất lượng và tiềm năng tái sử dụng sản phẩm cuối từ quá trình ổn định bùn thải bằng công nghệ Co-composting

Sinh viên thực hiện: Hoàng Quốc Trung

Mã số sinh viên: 117200028

Lớp: 20MT

Hiện nay, trong quá trình xử lý nước thải có chứa một lượng lớn bùn được phát sinh. Trong đó, bùn có rất nhiều chất ô nhiễm, mầm bệnh trái lại cũng có rất nhiều chất có ích. Cần phải xử lý để bùn có thể ổn định, giảm thiểu thể tích bùn trước khi thải bỏ, thu hồi và tận dụng các chất có ích từ bùn.

Một số cách xử lý lượng bùn sinh ra sau khi xử lý nước thải có thể kể đến là đem đi chôn lấp, nhưng phương pháp này gây lãng phí một nguồn tài nguyên lớn từ các thành phần dinh dưỡng có trong bùn. Lượng chất thải này hiện nay chưa có quy định cụ thể nào về thu gom và xử lý. Thế nên đề tài này được thực hiện nghiên cứu nhằm đánh giá được sản phẩm cuối cùng sau khi xử lý các loại bùn thải để có thể áp dụng vào thực tiễn, tận dụng tối đa các chất dinh dưỡng có trong thành phần chất thải, áp dụng vào thực tế nhằm thu hồi tài nguyên, hạn chế chôn lấp.

Nghiên cứu này đánh giá quá trình ổn định bùn bằng phương pháp Co – Composting, sau khi đưa ra sản phẩm cuối, sẽ đem đi đánh giá chất lượng, kiểm tra độ ổn định của sản phẩm, áp dụng vào các thí nghiệm hiện trường thực tế bởi các cá nhân hộ nông dân và tổ chức sản xuất nông nghiệp. Cuối cùng tiến hành khảo sát tham khảo ý kiến từ các hộ gia đình và tổ chức sản xuất nông nghiệp để có thể có được các đánh giá khách quan và là cơ sở áp dụng sản phẩm trong tương lai.

LỜI NÓI ĐẦU

Trong suốt khoảng thời gian học tập tại Trường Đại học Bách Khoa – Đại học Đà Nẵng, em đã được các thầy cô bộ môn trong Khoa Môi trường truyền đạt rất nhiều những kiến thức quý báu và bổ ích. Tất cả những kiến thức này đã giúp ích cho em rất nhiều trong thời gian thực hiện đồ án tốt nghiệp và xa hơn là các kinh nghiệm, kiến thức áp dụng trong công việc tương lai của một kỹ sư Môi trường.

Đồ án tốt nghiệp là một nội dung quan trọng cũng như là bước cuối cùng cần hoàn thành để có thể nhận được tấm bằng tốt nghiệp, giúp em tổng hợp các kiến thức đã học, chi tiết hoá những vấn đề chưa được làm rõ và áp dụng lý thuyết đưa vào thực tế.

Trong quá trình thực hiện đồ án, em đã được giúp đỡ và tận tình chỉ bảo, tham khảo các tài liệu có liên quan nhưng kiến thức hiện tại còn hạn hẹp nên đồ án còn nhiều chỗ thiếu sót và chưa hợp lý, mong quý thầy cô chỉ bảo thêm.

Em xin chân thành cảm ơn quý thầy cô trong Khoa Môi trường đã giúp đỡ và tạo điều kiện thuận lợi trong quá trình thực hiện đồ án; đặc biệt là giáo viên hướng dẫn ThS.NCS. Võ Diệp Ngọc Khôi và thầy ThS. Hoàng Ngọc Ân đã hướng dẫn tận tình và có nhiều đóng góp ý kiến để em có thể hoàn thiện đồ án tốt nghiệp của mình

Em xin chân thành cảm ơn!

Đà Nẵng, ngày tháng năm 2025

Sinh viên thực hiện

Hoàng Quốc Trung

CAM ĐOAN

Em xin đảm bảo toàn bộ đề án tốt nghiệp là kết quả của quá trình bản thân nghiên cứu và làm ra dưới sự hướng dẫn của giáo viên hướng dẫn, sự góp ý của Thầy/Cô, các tài liệu tham khảo, các số liệu kết quả trong đề tài đều trung thực. Trong quá trình làm có tham khảo các tài liệu hướng dẫn từ các sách, bài báo và các trang web được cam đoan có thể tin tưởng. Tài liệu tham khảo đều được trích dẫn, chú thích nguồn gốc trong phần tài liệu tham khảo.

Nếu có phát hiện bất kì sự gian lận nào em xin hoàn toàn chịu trách nhiệm về đề án của mình.

Đà Nẵng, ngày tháng năm 2025

Sinh viên thực hiện

Hoàng Quốc Trung

MỤC LỤC

TÓM TẮT	I
LỜI NÓI ĐẦU	II
CAM ĐOAN	III
MỤC LỤC BẢNG	VII
MỤC LỤC HÌNH ẢNH	VIII
DANH SÁCH CÁC KÝ HIỆU, CHỮ VIẾT TẮT	IX
MỞ ĐẦU	1
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN CÁC VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU.....	2
1.1. Bùn thải từ các nhà máy xử lý nước thải đô thị.....	2
1.1.1. Khái niệm bùn thải	2
1.1.2. Các quy định chung về bùn thải.....	2
1.1.3. Tính chất của bùn thải	3
1.2. Các phương pháp xử lý bùn thải.....	6
1.2.1. Phương pháp ổn định sinh học kỵ khí và hiếu khí.....	7
1.2.2. Phương pháp ổn định hoá học.....	8
1.2.3. Phương pháp ổn định nhiệt	8
1.3. Công nghệ Co-composting và ứng dụng trong xử lý bùn thải.....	9
1.3.1. Định nghĩa.....	9
1.3.2. Quá trình và yếu tố ảnh hưởng.....	9
1.3.3. Các phương pháp ủ Compost.....	13
1.3.4. Xu thế phát triển công nghệ Co-composting và ứng dụng trong xử lý bùn thải	20
1.4. Các tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật hiện hành về chất lượng phân bón	21
CHƯƠNG 2. KHẢO SÁT HIỆN TRẠNG XỬ LÝ Bùn THẢI NHÀ MÁY XLNT ĐÔ THỊ TẠI KHU XỬ LÝ CHẤT THẢI (KXLCT) KHÁNH SƠN, THÀNH PHỐ ĐÀ NẴNG	23
2.1. Khảo sát hiện trạng xử lý bùn thải tại KXLCT Khánh Sơn	23
2.1.1. Tổng quan về Khu liên hợp xử lý chất thải rắn Khánh Sơn	23

2.1.2. Mục đích khảo sát hiện trạng xử lý bùn thải tại KXLCT Khánh Sơn	23
2.1.3. Nội dung khảo sát hiện trạng xử lý bùn thải tại KXLCT Khánh Sơn.....	24
2.1.4. Quy trình xử lý bùn của khu xử lý chất thải Khánh Sơn	26
2.2. Thống kê, so sánh lượng bùn xử lý tại KXLCT Khánh Sơn	28
2.3. Đánh giá đặc điểm bùn thải	32
CHƯƠNG 3. ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG SẢN PHẨM CUỐI TỪ QUÁ TRÌNH ỔN ĐỊNH BÙN THẢI BẰNG CÔNG NGHỆ CO-COMPOSTING	34
3.1. Giới thiệu quá trình ổn định bùn thải bằng công nghệ Co-composting	34
3.1.1 Nguyên lý ổn định bùn bằng công nghệ Co – Composting	34
3.1.2. Phương pháp thực nghiệm công nghệ ổn định bùn thải Co – Composting	37
3.2. Xác định khối lượng sản phẩm cuối của quá trình theo kích thước hạt	39
3.2.1. Hiệu suất xử lý của thiết bị ổn định bùn bằng phương pháp Co – Composting	39
3.2.2. Xác định khối lượng sản phẩm cuối của quá trình theo kích thước hạt.....	42
3.3. Đánh giá chất lượng sản phẩm cuối	43
CHƯƠNG 4. ĐÁNH GIÁ TIỀM NĂNG TÁI SỬ DỤNG SẢN PHẨM CUỐI.....	46
4.1. Thực nghiệm đánh giá hiệu quả sử dụng sản phẩm cuối tại hiện trường	46
4.1.1. Mục đích đánh giá hiệu quả thực địa của sản phẩm cuối	46
4.1.2. Nội dung quá trình thực nghiệm khi áp dụng sản phẩm cuối vào nông nghiệp và cải tạo đất	46
4.1.3. Kết quả và đánh giá các mô hình thực nghiệm tại hiện trường	51
4.1.4. Tổng kết đánh giá thực nghiệm tại hiện trường	58
4.2. Khảo sát nhu cầu sử dụng sản phẩm cuối và định hướng ứng dụng	59
4.2.1. Mục tiêu khảo sát	59
4.2.2. Kết quả khảo sát và thảo luận	61
4.2.3. Định hướng ứng dụng	63
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	65
TÀI LIỆU THAM KHẢO	66
PHỤ LỤC.....	X

MỤC LỤC BẢNG

<i>Bảng 1.1</i>	<i>: Yêu cầu vệ sinh đối với bùn thải để vận chuyển cùng bùn thải thoát nước</i>	<i>3</i>
<i>Bảng 1.2</i>	<i>: Thành phần của bùn và các chất rắn phát sinh từ nhà máy xử lý nước thải</i>	<i>4</i>
<i>Bảng 1.3</i>	<i>: Thành phần hữu cơ của bùn thải mạng lưới thoát nước và kênh hồ tính theo trọng lượng khô, %.....</i>	<i>7</i>
<i>Bảng 1.4</i>	<i>: Các thông số quan trọng trong quá trình làm phân compost hiếu khí</i>	<i>12</i>
<i>Bảng 2.1</i>	<i>: Tổng khối lượng vận chuyển đến KXLCT Khánh Sơn năm 2021-2024</i>	<i>29</i>
<i>Bảng 2.2</i>	<i>: Kết quả phân tích mẫu bùn KXLCT Khánh Sơn tại phòng thí nghiệm</i>	<i>33</i>
<i>Bảng 3.1</i>	<i>: Thông số hiệu suất xử lý của thiết bị Mishimax từ hai nghiên cứu</i>	<i>41</i>
<i>Bảng 3.2</i>	<i>: Khối lượng sản phẩm theo kích thước hạt.....</i>	<i>42</i>
<i>Bảng 3.3</i>	<i>: Kết quả phân tích và so sánh chất lượng sản phẩm cuối tại phòng thí nghiệm</i>	<i>44</i>
<i>Bảng 4.1</i>	<i>: Mô hình thí nghiệm 1</i>	<i>47</i>
<i>Bảng 4.2</i>	<i>: Mô hình thí nghiệm 2</i>	<i>48</i>
<i>Bảng 4.3</i>	<i>: Mô hình đánh giá và so sánh hiệu quả sản phẩm cuối với các loại phân hữu cơ trên giống rau muống.....</i>	<i>50</i>
<i>Bảng 4.4</i>	<i>: Kết quả thu hoạch Thí nghiệm 1</i>	<i>52</i>
<i>Bảng 4.5</i>	<i>: Kết quả thu hoạch Thí nghiệm 2</i>	<i>54</i>
<i>Bảng 4.6</i>	<i>: Kết quả thu hoạch Thí nghiệm 3</i>	<i>56</i>

MỤC LỤC HÌNH ẢNH

Hình 1.1	: Sơ đồ tổng quát quá trình ủ hiếu khí.....	10
Hình 1.2	: Đồ thị sự thay đổi nhiệt độ trong quá trình ủ phân compost	11
Hình 1.3	: Ủ phân phương pháp truyền thống	15
Hình 1.4	: Ủ phân theo luống dài cấp khí tự nhiên	16
Hình 1.5	: Sơ đồ sản xuất compost bằng phương pháp thổi khí cưỡng bức.....	17
Hình 1.6	: Ủ phân trong container	18
Hình 1.7	: Ủ phân trong thùng quay	20
Hình 2.1	: Vị trí và đặc điểm của KXLCT Khánh Sơn	23
Hình 2.2	: Quá trình khảo sát xử lý bùn thải tại KXLCT Khánh Sơn	24
Hình 2.3	: Khu vực thu thập mẫu bùn tại KXLCT Khánh Sơn	25
Hình 2.4	: Mẫu bùn bảo quản tại phòng thí nghiệm	26
Hình 2.5	: Quy trình xử lý bùn thải tại KXLCT Khánh Sơn	26
Hình 2.6	: Quy trình xử lý bùn tại KXLCT Khánh Sơn	27
Hình 2.7	: Tổng khối lượng bùn thải vận chuyển đến KXLCT Khánh Sơn năm 2021	30
Hình 2.8	: Tổng khối lượng bùn thải vận chuyển đến KXLCT Khánh Sơn năm 2022	30
Hình 2.9	: Khối lượng bùn thải vận chuyển đến KXLCT Khánh Sơn năm 2023.....	31
Hình 2.10	: Khối lượng bùn thải vận chuyển đến KXLCT Khánh Sơn năm 2024.....	31
Hình 3.1	: Nguyên lý vận hành thiết bị ổn định bùn bằng phương pháp Co – Composting	34
Hình 3.2	: Hình dạng tổng thể của thiết bị MK-50 và cấu trúc bên trong thiết bị.....	35
Hình 3.3	: Thiết bị ổn định bùn bằng phương pháp Co – Composting	36
Hình 3.4	: Quy trình thực nghiệm phương pháp ổn định bùn thải.....	37

Hình 3.5	: Vật liệu độn cung cấp vào thiết bị ổn định bùn thải	38
Hình 3.6	: Chất thải hữu cơ cung cấp vào thiết bị ổn định bùn thải hằng ngày	38
Hình 3.7	: Khối lượng bùn nạp vào thiết bị trong vòng 6 tháng	40
Hình 3.8	: Hiệu suất xử lý làm giảm khối lượng bùn thải của thiết bị	40
Hình 3.9	: Quá trình sàng lọc sản phẩm cuối sau quá trình xử lý (15/03/2025)	42
Hình 3.10	: Sản phẩm compost sau khi sàng lọc theo tỉ lệ	43
Hình 4.1	: Mô hình thực nghiệm giống cây tằm ô với các loại phân hữu cơ khác nhau ..	48
Hình 4.2	: Mô hình đánh giá liều lượng bón compost trên giống cây tằm ô	49
Hình 4.3	: Mô hình so sánh các loại phân hữu cơ trên giống cây rau muống	51
Hình 4.4	: Kết quả Thí nghiệm 1	53
Hình 4.5	: Kết quả Thí nghiệm 2	55
Hình 4.6	: Quá trình thu hoạch giống cây rau muống	56
Hình 4.7	: Kết quả Thí nghiệm 3	57

DANH SÁCH CÁC KÝ HIỆU, CHỮ VIẾT TẮT

KÝ HIỆU:

CP90d	: Phân bón compost sau 90 ngày
CP180d	: Phân bón compost sau 180 ngày
S.Gianh	: Phân thị trường Sông Gianh
PC	: Phân chuồng

CHỮ VIẾT TẮT:

XLNT	: Xử lý nước thải
QCVN	: Quy Chuẩn Việt Nam
TCVN	: Tiêu chuẩn Việt Nam
VSV	: Vi sinh vật
KXLCT	: Khu xử lý chất thải
T-N	: Nitơ tổng
T-P	: Photpho tổng
TOC	: Hữu cơ tổng
BVTV	: Bảo vệ thực vật

MỞ ĐẦU

Mục đích thực hiện đề tài: Đánh giá chất lượng và tiềm năng tái sử dụng sản phẩm cuối từ quá trình ổn định bùn thải bằng công nghệ Co-composting

Phạm vi và đối tượng nghiên cứu: Các mô hình thí nghiệm, thực nghiệm.

Phương pháp nghiên cứu, thực hiện:

- Phương pháp kế thừa.
- Phương pháp thống kê.
- Phương pháp so sánh, đánh giá.
- Phương pháp mô hình vật lý.
- Phương pháp quan trắc, phân tích theo TCVN, QCVN.
- Phương pháp tham vấn.

Cấu trúc của đề án tốt nghiệp:

- Chương 1: Tổng quan các vấn đề nghiên cứu.
- Chương 2: Khảo sát hiện trạng xử lý bùn thải nhà máy XLNT đô thị tại Khu xử lý chất thải (KXLCT) Khánh Sơn, Thành phố Đà Nẵng.
- Chương 3: Đánh giá chất lượng sản phẩm cuối từ quá trình ổn định bùn thải bằng công nghệ Co-composting.
- Chương 4: Đánh giá tiềm năng tái sử dụng sản phẩm cuối.
- Kết luận và kiến nghị.
- Tài liệu tham khảo.
- Phụ lục.

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN CÁC VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

1.1. Bùn thải từ các nhà máy xử lý nước thải đô thị

1.1.1. Khái niệm bùn thải

Bùn thải hữu cơ hoặc vô cơ có thành phần hỗn hợp chứa nhiều tạp chất ô nhiễm, có mùi hôi, cần phải xử lý bằng các giải pháp công nghệ, kỹ thuật để làm giảm, loại bỏ, cô lập các yếu tố có hại nhằm đảm bảo yêu cầu bảo vệ môi trường. Định nghĩa bùn thải được lấy theo TCVN 13958:2024 trong đó bùn thải bao gồm các loại sau: [1]

a. Bùn thải nước (Drainage Sludge hoặc Sewerage Sludge) là bùn thải phát sinh thường xuyên từ các hoạt động khai thác, sử dụng, duy tu, bảo dưỡng, quản lý vận hành hệ thống thoát nước.

b. Bùn sau xử lý nước thải (Sludge from wastewater treatment process) là bùn thải phát sinh từ các trạm/nhà máy xử lý nước thải tập trung, từ hệ thống xử lý nước thải cục bộ của các cơ sở sản xuất kinh doanh phục vụ.

c. Bùn nạo vét (Dredged Sludge) là bùn thải được nạo vét từ ao, hồ, kênh, rạch phát sinh không thường xuyên trong giai đoạn thực hiện các dự án cải thiện vệ sinh môi trường đô thị, các công trình hạ tầng kỹ thuật và giao thông đô thị.

d. Nước bùn (Muddy Water) là nước tách ra từ bùn thải

1.1.2. Các quy định chung về bùn thải

Bùn thải phải được phân loại để quản lý và lựa chọn công nghệ xử lý phù hợp, góp phần giảm chi phí vận chuyển, chi phí xử lý. Bùn thải được thu gom, lưu giữ và vận chuyển đến các địa điểm xử lý theo quy hoạch hoặc các địa điểm đã được cơ quan có thẩm quyền cho phép để xử lý đảm bảo vệ sinh môi trường theo quy định. [1]

Việc xử lý và tái sử dụng bùn thải phải tuân thủ các quy định về quản lý và sử dụng bùn thải và các quy định về bảo vệ môi trường.

Bùn thải thoát nước và bùn thải sau xử lý nước thải nếu có tối thiểu 1 giá trị thành phần nguy hại vượt ngưỡng giới hạn cho phép thì phải được quản lý như chất nguy hại.

Trước khi thu gom để vận chuyển với bùn thải thoát nước, các loại bùn thải có nguy cơ gây bệnh và mầm dịch phải được khử trùng. Yêu cầu vệ sinh đối với bùn thải để vận chuyển cùng bùn thải thoát nước theo Bảng 1.1. [1]

Bảng 1.1: Yêu cầu vệ sinh đối với bùn thải để vận chuyển cùng bùn thải thoát nước

Các chỉ tiêu	Yêu cầu cần đạt được sau khi khử trùng tính trên 01 gam chất khô bùn thải
Trứng giun sán (Helminth ova)	1 trứng
Salmonella	≤ 3 FC
Fecal Coliform	$\leq 1\ 000$ FC

Phương pháp xử lý và tái sử dụng các loại bùn thải phải dựa trên thành phần hoá học, vi sinh vật học của chúng. Bùn thải từ các công trình thoát nước và xử lý nước thải bệnh viện và các cơ sở y tế khác phải được khử khuẩn bằng clo hoạt tính trước khi đưa đi xử lý hoặc tái sử dụng chung cùng với các loại bùn thải thoát nước đô thị. [1]

Bùn bể tự hoại không được sử dụng trực tiếp vào các mục đích nuôi trồng thủy sản nếu chưa được xử lý đạt các yêu cầu vệ sinh.

Địa điểm xử lý tập trung các loại bùn thải phải tuân thủ theo quy hoạch xây dựng, có thể bố trí riêng rẽ hoặc kết hợp tại khu liên hợp xử lý chất thải rắn đô thị. Bãi đổ bùn thải tập trung hoặc trạm xử lý bùn thải phải được thiết kế theo yêu cầu làm khô và ổn định phù hợp với các loại bùn thải vận chuyển đến. Tại khu xử lý bùn thải tập trung phải có hệ thống xử lý nước rỉ bùn với chất lượng nước thải sau xử lý đảm bảo quy chuẩn môi trường về xả thải. Các yêu cầu khu đất xây theo các quy định về môi trường, về quy hoạch xây dựng và theo hướng dẫn nêu trong TCVN 13766:2023. [1]

1.1.3. Tính chất của bùn thải

Bùn thải là một loại chất thải rắn phát sinh từ quá trình thu gom và xử lý nước thải có chứa các chất ô nhiễm và các vi sinh vật gây bệnh có nguy cơ gây ảnh hưởng xấu đến môi trường và sức khỏe con người. [1]

Bùn là một hỗn hợp chất lỏng, rắn có chứa từ 95% đến 99,6% là nước, các chất hữu cơ, vô cơ và vi sinh vật. Tính chất của bùn phụ thuộc vào tính chất của nước thải cần xử lý, đặc điểm công nghệ xử lý bùn và một số yếu tố khác. Trong cùng một hệ thống xử lý nước thải thì tính chất của bùn khác nhau ở các giai đoạn xử lý khác nhau. [1]

1.1.3.1. Tính chất vật lý

- Bùn cặn thô có phân bố cỡ hạt như sau: các hạt đường kính > 7mm: 5%-20%, 1–7mm: 9%-33% và <1mm: 50%-88%, trong đó có khoảng 45% có kích thước hạt nhỏ hơn 0,2mm. Bùn hoạt tính có phân bố cỡ hạt như sau: các hạt có đường kính >3mm: 0,4%, 1–3mm: 1,6%, 0,2–1mm: 8%, và <0,2mm: 90%. Lượng hạt keo và các hạt chất rắn có khả năng phân tán tốt trong nước, tạo thành màu sắc đặc trưng của nước thải. [1]

- Trạng thái vật lý của bùn thải thay đổi theo hàm lượng chất rắn trong bùn, bùn có lượng chất rắn về khối lượng <10%, ở trạng thái lỏng, nồng độ 10%-25% ở dạng bùn sệt và nồng độ >25% ở trạng thái rắn. Trong đó, bùn 14%-17% chất rắn khó thành dạng đông cao, bùn có hàm lượng chất rắn >18% có thể chất thành đông ổn định với độ dốc có thể lên đến 45°. [1]

1.1.3.2. Thành phần bùn thải và các chất rắn phát sinh từ hệ thống xử lý nước thải

Thành phần của bùn và chất rắn sinh học được trình bày trong bảng 1.2. Hiệu suất của các quá trình đốt hoặc xử lý bùn bằng phương pháp nhiệt phụ thuộc chủ yếu vào nhiệt trị của bùn. Trước khi xử lý và tái sử dụng bùn cặn, cần phải xác định hàm lượng kim loại nặng, thuốc trừ sâu và các chất hữu cơ khó phân huỷ. [1]

Bảng 1.2 : Thành phần của bùn và các chất rắn phát sinh từ nhà máy xử lý nước thải

Loại chất rắn	Mô tả
Rác	Rác (hữu cơ và vô cơ) có kích thước lớn sẽ bị loại bỏ ở song chắn rác. Thành phần hữu cơ trong rác rất đa dạng, phụ thuộc vào bản chất của hệ thống thu gom và vào mùa trong năm.

Cát, sỏi	Cát sạn chủ yếu có thành phần vô cơ, có tỉ trọng lớn, thường lắng nhanh. Tùy điều kiện cụ thể, cát sỏi cũng có thể chứa một lượng lớn chất hữu cơ, điển hình là chất béo và dầu mỡ.
Chất nổi, dầu mỡ	Các chất nổi trên bề mặt, thu gom từ bể lắng sơ cấp và bể lắng thứ cấp, bể lắng cát hoặc bể tiếp xúc clo. Chất nổi có thể chứa dầu, mỡ thực vật, dầu khoáng, mỡ động vật, lông, tóc, xà phòng, thức ăn thừa, rau và vỏ quả, giấy, đầu mẫu thuốc lá, chất dẻo, bao cao su, vật liệu xây dựng ... Tỷ trọng của chất nổi thường nhỏ hơn 1 (khoảng 0.95)
Bùn sơ cấp	Bùn sơ cấp thường xám, nhớt, đa số trường hợp có mùi khó chịu. Bùn sơ cấp có thể được phân huỷ trực tiếp trong điều kiện thích hợp.
Bùn sau bể phản ứng hoá học	Bùn từ các bể phản ứng chứa thành phần kim loại thường có màu tối, mặc dù trên bề mặt chúng có thể có màu đỏ (do chứa nhiều sắt). Bùn chứa kiềm thường có màu xám nâu. Mùi các loại bùn này gần giống với mùi bùn sơ cấp. Bùn có tính nhớt, và chứa oxit sắt, nhôm nên có dạng sệt. Bùn lưu trữ trong bể sẽ tự phân huỷ như bùn sơ cấp nhưng chậm hơn. Qua thời gian, các chất khí bay hơi, tỷ trọng của bùn sẽ tăng lên.
Bùn hoạt tính	Bùn hoạt tính có màu nâu. Màu đậm hơn thường chứng tỏ bùn đã bị phân huỷ. Màu nhạt hơn thường chứng tỏ bùn đã qua phân huỷ kỵ khí và sẽ lắng chậm hơn. Bùn hoạt tính ở trạng thái làm việc tốt có mùi nồng, như mùi đất. Bùn có khả năng tự phân huỷ, thường thổi rửa rất nhanh, bốc mùi khó chịu.
Bùn từ bể lọc sinh học nhỏ giọt	Bùn từ các bể lọc sinh học nhỏ giọt có màu nâu, dạng bông, phân huỷ chậm hơn so với các loại bùn khác vì đã phần nào ổn định, có thể có nhiều giun.

Bùn sau phân huỷ hiếu khí	Bùn từ các bể phân huỷ hiếu khí có màu nâu sẫm và dạng bông, không có mùi khó chịu, thường chỉ có mùi mốc. Loại bùn này có thể dễ dàng mất trước khi phơi.
Bùn sau phân huỷ kỵ khí	Bùn từ các bể phân huỷ kỵ khí có màu nâu sẫm đến đen, thường chứa 1 lượng lớn khí. Khi phân huỷ hoàn toàn, chúng không có mùi rõ ràng. Bùn sơ cấp sau khi phân huỷ kỵ khí thường tạo ra lượng khí nhiều hơn so với bùn hoạt tính.
Phân ủ compost	Chất rắn sinh học sau khi ủ compost thường tạo ra các cục vón màu nâu sẫm, nhưng cũng có thể có các màu khác tùy vào chất ủ cùng (phân, rác, hữu cơ, ...). Phân ủ thường có mùi nồng, không có mùi khó chịu

1.2. Các phương pháp xử lý bùn thải

Mục đích xử lý các loại bùn thải thoát nước để:

- Giảm khối lượng của hỗn hợp bùn thải bằng cách tách một lượng nước có trong hỗn hợp bùn cặn để giảm thể tích bùn đi vào công trình xử lý tiếp theo đó giảm được quy mô của công trình xử lý hoặc thể tích bùn vận chuyển đến nơi tiếp nhận.

- Ngăn cản hoặc phân huỷ các chất hữu cơ dễ bị thối giữa chuyển hoá chúng thành các chất hữu cơ ổn định hoặc là chất vô cơ để giảm khối lượng, dễ tách nước và không gây tác động xấu đến môi trường nơi tiếp nhận, sử dụng.

Thành phần hữu cơ, nitơ tổng số và photpho tổng số của các loại bùn thải từ các hệ thống cống, mương nước, ao điều hoà, ... có đặc điểm như bảng 1.3 dưới đây.

Bảng 1.3: Thành phần hữu cơ của bùn thải mạng lưới thoát nước và kênh hồ tính theo trọng lượng khô, %

Loại bùn thải	Chất hữu cơ	Nitơ tổng số	Photpho tổng số
Bùn cống	25÷40	1,4÷2,0	1,3÷1,9
Bùn mương	45÷65	2,7÷3,5	2,1÷3,3
Bùn ao hồ	55÷75	2,9÷4,3	2,6÷3,8

Bùn thải thoát nước hình thành trong mạng lưới đường cống và kênh mương thoát nước của đô thị nếu thành phần chủ yếu là cát và các loại vật liệu xây dựng khác và thành phần các chất hữu cơ, các chất dinh dưỡng nitơ, photpho, không có mùi hôi, không tiềm ẩn nguy cơ gây ô nhiễm môi trường thì sau khi tách nước sơ bộ tại điểm nạo vét có thể đưa về phơi lại tại bãi chôn lấp bùn thải đô thị hoặc dùng để san nền. [1]

Bùn thải nạo vét ao hồ có thành phần chủ yếu là các chất hữu cơ nên sau khi tách nước sơ bộ tại điểm thu gom, được đưa về ổn định hoá hoặc sinh học trước khi sử dụng để cải tạo đất nông nghiệp hoặc làm nguyên liệu để sản xuất phân hữu cơ. [1]

Khi các loại bùn thải khác nhau có thành phần tính chất phù hợp thì có thể xử lý chung tại khu xử lý bùn thải tập trung của đô thị hoặc tại các công trình xử lý bùn thải của nhà máy xử lý nước thải đô thị. [1]

Các phương pháp khử trùng kết hợp với ổn định bùn thải bao gồm: ổn định bằng vôi, lên men nóng hoặc ổn định hiếu khí bùn thải. [1]

1.2.1. Phương pháp ổn định sinh học kỵ khí và hiếu khí

a) Ổn định sinh học kỵ khí

Đây là phương pháp ổn định bùn thải và có thể làm giảm thể tích, ổn định tính chất bùn thải. Phương pháp này cũng có khả năng làm giảm lượng sinh vật gây bệnh trong bùn thải. Quá trình phân huỷ yếm khí bùn thải diễn ra trong thời gian dài và tổng nhiệt độ tương đối ổn định, thông thường ở 35°C trong thời gian 20 ngày để có kết quả về khử khuẩn và tạo ra lượng metan tối ưu. [2]

Công nghệ phân huỷ yếm khí có thể tận thu được lượng lớn khí metan, tuy nhiên thời gian dài đòi hỏi lắp đặt, xây dựng hệ thống bể xử lý lớn, chất thải của hệ thống này vẫn đòi hỏi lắp đặt, xây dựng hệ thống bể xử lý lớn, chất thải của hệ thống này vẫn đòi hỏi công nghệ xử lý phù hợp như chôn lấp, hoá rắn hoặc tái sử dụng làm phân bón. [2]

b) Ổn định sinh học hiếu khí

Quá trình phân huỷ diễn ra nhờ các vi sinh vật hiếu khí tham gia phân huỷ các chất hữu cơ và sinh ra nhiệt. Nhiệt độ phân huỷ có thể lên đến $70^{\circ}C$. Thông thường, đối với xử lý hiếu khí nhiệt độ bùn thải có thể đạt $50 - 60^{\circ}C$ sau 5 – 6 ngày, do vậy những vi khuẩn gây bệnh sẽ bị tiêu diệt. Chi phí vận hành cho xử lý hiếu khí cao so với hệ thống phân huỷ kỵ khí nhưng thời gian được rút ngắn hơn. Cũng tương tự như công nghệ phân huỷ kỵ khí, chất thải sau quá trình phân huỷ hiếu khí vẫn đòi hỏi công nghệ phù hợp như chôn lấp, hoá rắn hoặc tái sử dụng làm phân bón. [2]

1.2.2. Phương pháp ổn định hoá học

Đối với các xử lý bùn thải bằng phương pháp hoá học. Đây là một cách xử lý khá phức tạp đó là sử dụng các hoá chất tiến hành cho phản ứng. Để bùn thải dễ thay đổi tính chất của các nguyên tố độc hại trong bùn chuyển về dạng không nguy hại. [2]

1.2.3. Phương pháp ổn định nhiệt

Là phương pháp phổ biến trên thế giới hiện nay để xử lý chất thải rắn nói chung, đặc biệt là chất thải rắn độc hại và bùn thải công nghiệp. Đây là phương pháp xử lý triệt để nhất so với các phương pháp khác. [2]

Thiêu đốt là giai đoạn oxy hoá nhiệt độ cao với sự có mặt của oxy trong không khí, các thành phần rác độc hại được chuyển hoá thành khí và các thành phần không cháy được (tro, xỉ). [2]

Ưu điểm của phương pháp thiêu đốt là xử lý triệt để các chỉ số ô nhiễm các chất thải rắn, giảm tối đa thể tích chất rắn cho khâu xử lý cuối cùng là đóng rắn hoặc tái sử dụng tro xỉ. Tuy nhiên giá thành đầu tư, chi phí tiêu hao năng lượng cao và chi phí xử lý cao hơn. [2]

1.3. Công nghệ Co-composting và ứng dụng trong xử lý bùn thải

1.3.1. Định nghĩa

Quá trình ủ hiếu khí chất thải hữu cơ (Composting) là quá trình chuyển hóa sinh học và ổn định các chất hữu cơ trong điều kiện có oxy với sự tham gia của các vi sinh vật hiếu khí. Sản phẩm của quá trình này là khí CO₂, nước, nhiệt, mùn ổn định, không mang mầm bệnh và các sản phẩm trung gian khác. Quá trình ủ hiếu khí từ hai thành phần nguyên liệu đầu vào trở lên gọi là quá trình đồng ủ compost hay còn gọi là Co-composting. [3]

Compost là sản phẩm của quá trình composting, đã được ổn định, không chứa các mầm bệnh, không có các côn trùng, có thể được lưu trữ an toàn, và có lợi cho sự phát triển của cây trồng. [3]

Quá trình ủ chất thải hữu cơ là một phương pháp truyền thống, được áp dụng phổ biến ở các quốc gia đang phát triển và ở Việt Nam. Phương pháp này được áp dụng rất có hiệu quả. Những đồng lá hoặc đồng bùn có thể để hàng năm thành mùn hữu cơ ổn định, nhưng quá trình có thể tăng nhanh trong vòng một tuần hoặc ít hơn. [3]

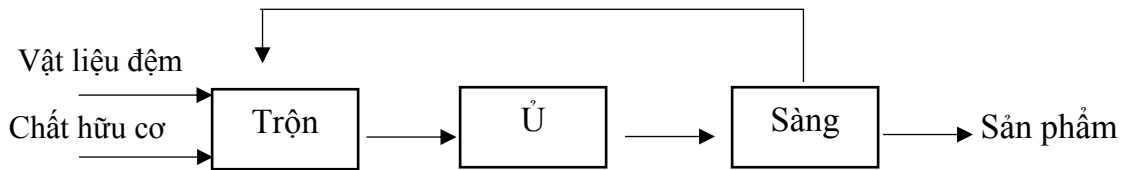
Sản phẩm cuối cùng thu được không có mùi, không chứa mầm bệnh. Để đạt được mức độ ổn định như lên men, việc ủ đòi hỏi một phần nhỏ năng lượng để tăng cao dòng không khí qua các lỗ xốp, ẩm của khối ủ. Độ ẩm và nhiệt độ được kiểm tra để giữ cho vật liệu luôn luôn ở trạng thái hiếu khí trong suốt thời gian ủ. Quá trình oxy hóa sinh hóa các chất hữu cơ dễ phân hủy sẽ sinh năng lượng và cung cấp cho quá trình tổng hợp sinh khối của vi sinh vật. Sản phẩm cuối cùng của quá trình phân hủy là CO₂, nước và các hợp chất hữu cơ bền vững như lignin, xenlulô, sợi. [3]

1.3.2. Quá trình và yếu tố ảnh hưởng

Theo bài giảng quản lý chất thải rắn – Khoa Môi Trường – Đại Học Bách Khoa Đà Nẵng: Composting là quá trình phân huỷ sinh học và ổn định chất hữu cơ để phân huỷ sinh học trong điều kiện có không khí tạo thành mùn hữu cơ. [3]

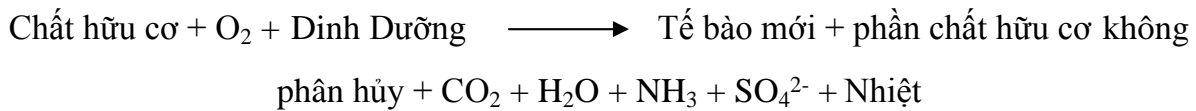
Mục đích của việc làm phân Compost là chuyển hoá những hợp chất hữu cơ thành những sản phẩm ổn định và có thể sử dụng để cải tạo đất hoặc bón cho cây trồng. [3]

Sơ đồ tổng quát quá trình ủ hiếu khí thể hiện tại hình dưới đây:



Hình 1.1 : Sơ đồ tổng quát quá trình ủ hiếu khí

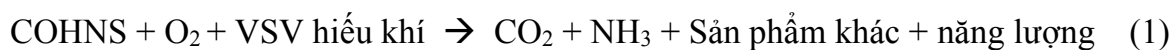
Quá trình làm composting xảy ra trong điều kiện hiếu khí có thể biểu diễn theo qui trình sau:



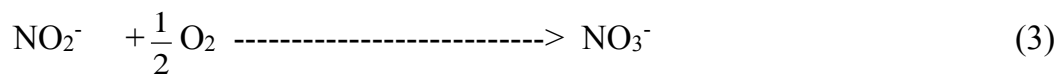
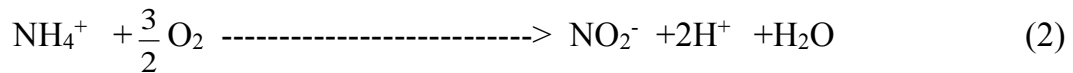
Phương trình trên cho thấy, các sản phẩm cuối chủ yếu là tế bào mới, phần chất hữu cơ không bị phân hủy $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3 + \text{SO}_4^{2-}$. Compost là phần chất hữu cơ bền không bị phân hủy còn lại, thường chứa nhiều lignin là thành phần khó bị phân hủy sinh học trong một khoảng thời gian ngắn. Lignin có nhiều trong giấy in báo, là một hợp chất hữu cơ cao phân tử có trong thành phần keo liên kết các sợi cellulose của các loại cây lấy gỗ và các loại thực vật khác.

Các giai đoạn khác nhau trong quá trình làm compost có thể phân biệt theo biến thiên nhiệt độ được thể hiện ở hình 2.2.

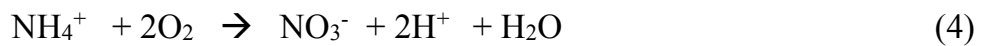
- *Pha thích nghi* là giai đoạn cần thiết để vi sinh vật thích nghi với môi trường mới.
- *Pha tăng trưởng* đặc trưng bởi sự gia tăng nhiệt độ do quá trình phân hủy sinh học đến ngưỡng nhiệt độ mesophilic.
- *Pha ưa nhiệt* là giai đoạn nhiệt độ tăng cao nhất. Đây là giai đoạn ổn định hóa chất thải và tiêu diệt vi sinh vật gây bệnh hiệu quả nhất. Phản ứng hóa sinh này được đặc trưng bằng phương trình (1) trong trường hợp làm phân compost hiếu khí và kỵ khí như sau:



- *Pha trưởng thành* là giai đoạn giảm nhiệt độ đến mức mesophilic và cuối cùng bằng nhiệt độ môi trường. Quá trình lên men lần thứ hai xảy ra chậm và thích hợp cho sự hình thành chất keo mùn (là quá trình chuyển hóa các phức chất hữu cơ thành chất mùn) và các chất khoáng (sắt, canxi, nitơ, ...) và cuối cùng thành mùn. Các phản ứng nitrate hoá, trong đó ammonia (sản phẩm phụ của quá trình ổn định hóa chất thải) bị oxy hóa sinh học tạo thành nitrit (NO_2^-) và cuối cùng thành nitrate (NO_3^-) cũng xảy ra như sau:



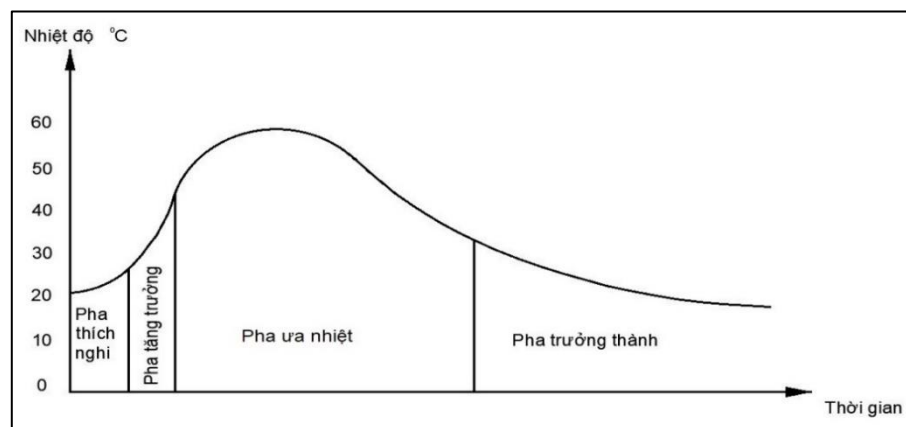
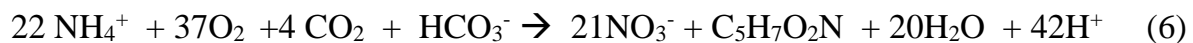
Kết hợp hai phản ứng (2) và (3) quá trình phản ứng nitrate hóa xảy ra theo phương trình phản ứng sau:



Vì NH_4^+ cũng được tổng hợp trong mô tế bào, phản ứng đặc trưng cho quá trình tổng hợp mô tế bào như sau:



Phương trình phản ứng nitrate hóa tổng cộng xảy ra như sau (kết hợp phương trình (4) và (5))



Hình 1.2 : Đồ thị sự thay đổi nhiệt độ trong quá trình ủ phân compost

Những thông số quan trọng điều khiển quá trình làm phân compost bao gồm độ ẩm, tỷ lệ C/N và nhiệt độ. Đối với hầu hết chất thải hữu cơ có khả năng phân hủy sinh học, khi độ ẩm đạt 50 – 60 % và được cấp khí đầy đủ, tốc độ quá trình trao đổi chất sẽ tăng. Các vi sinh vật hiếu khí sử dụng chất hữu cơ làm thức ăn và phát triển mô tế bào từ nguồn nitơ, photpho, carbon và các chất dinh dưỡng khác. Tỷ lệ C/N là thông số dinh dưỡng quan trọng nhất. Những thông số quan trọng trong quá trình làm phân compost hiếu khí được trình bày tóm tắt trong bảng sau: [3]

Bảng 1.4 : Các thông số quan trọng trong quá trình làm phân compost hiếu khí

STT	Thông số	Giá trị
1	Kích thước	Kích thước tối đa của chất thải: 25 – 75 mm
2	Tỷ lệ C/N	Tỷ lệ C/N tối ưu: 25 – 50. Nếu tỷ lệ này thấp có thể sinh khí NH ₃ Hoạt tính sinh học cũng có thể cản trở ở tỷ lệ C/N thấp. Ở tỷ lệ cao nitơ có thể là nguyên tố giới hạn.
3	Độ ẩm	Độ ẩm có thể giao động trong khoảng 50 – 60%. Giá trị tối ưu 55%
4	Mức độ xáo trộn	Để tránh hiện tượng khô, tạo thành bánh, tạo kênh khí, trong quá trình làm phân vật liệu phải được xáo trộn định kỳ. Chu kỳ xáo trộn tùy thuộc vào dạng quá trình thực hiện.
5	Nhiệt độ	Nhiệt độ duy trì trong khoảng 55 – 60°C
6	Nhu cầu không khí	Lượng oxy tính toán dựa trên cân bằng tỷ lượng. Không khí chứa oxy cần thiết phải tiếp xúc đều với tất cả các phần của vật liệu làm phân.
7	pH	Để đạt được quá trình phân hủy tối ưu, giá trị pH phải dao động trong khoảng 7 – 7,5. Để hạn chế sự thất thoát nitơ dưới dạng khí NH ₃ , pH không được phép vượt quá 8.5

Như vậy quyết định sự phân hủy nhanh hay chậm, sản phẩm có kết quả tốt hay không là phụ thuộc vào quá trình.

1.3.3. Các phương pháp ủ Compost

1.3.3.1. Phương pháp ủ đống (theo quy trình truyền thống)

Sản xuất phân hữu cơ truyền thống là kỹ thuật xử lý phân gia súc, gia cầm tươi trước khi bón cho cây trồng với mục đích tiêu diệt các sinh vật gây bệnh cho người, vật nuôi, cây trồng hoặc ảnh hưởng xấu đối với môi trường. Nhiệt độ hình thành trong quá trình chuyển hóa vật chất hữu cơ đồng thời thúc đẩy quá trình phân hủy chất hữu cơ, đẩy nhanh quá trình khoáng hóa để khi bón vào đất có thể nhanh chóng cung cấp chất dinh dưỡng cho cây trồng. [4]

Mặt khác, trong phân tươi tỷ lệ C/N cao, là điều kiện thuận lợi cho các loài vi sinh vật phân hủy các chất hữu cơ ở các giai đoạn đầu hoạt động mạnh, gây nên sự tranh chấp chất dinh dưỡng với cây nếu bón trực tiếp phân tươi vào đất trồng. Quá trình ủ phân có tác dụng giảm tỷ lệ C/N. Sản phẩm cuối cùng của quá trình ủ phân là loại phân bón hữu cơ; trong đó có mùn, một phần chất hữu cơ chưa phân hủy, muối khoáng, sản phẩm trung gian của quá trình phân hủy, enzym, chất kích thích và nhiều loài vi sinh vật hoại sinh.

Hiện nay có nhiều phương pháp ủ khác nhau như ủ nóng, ủ nguội, ủ hỗn hợp nóng trước nguội sau hay các phương pháp ủ tiên tiến sử dụng chế phẩm EM, Trichoderma ủ nhanh bằng giun. [4]

Thời gian và phương pháp ủ phân ảnh hưởng đến thành phần và hoạt động của vi sinh vật phân hủy và chuyển hóa chất hữu cơ thành mùn, qua đó ảnh hưởng đến chất lượng và khối lượng phân hữu cơ ủ. [4]

Để đảm bảo cho các quá trình hoạt động của vi sinh vật được tiến hành thuận lợi, nơi ủ phải có nền không thấm nước, cao ráo, tránh ứ đọng nước mưa. Đống phân ủ phải có mái che mưa để tránh mất đạm. Cạnh nơi ủ cần có hố để chứa nước từ đống phân chảy ra. Dùng nước phân ở hố này tưới lại đống phân để giữ độ ẩm cần thiết, tạo điều kiện thuận lợi cho vi sinh vật hoạt động. [4]

- Ủ nóng [4]

Chất thải chăn nuôi dạng rắn được lấy ra khỏi chuồng, xếp thành lớp ở nơi có nền không thấm nước và không được nén chặt. Sau đó tưới nước phân lên, giữ độ ẩm trong đồng phân 60 – 70%. Có thể trộn thêm 1% vôi bột (tính theo khối lượng) trong trường hợp phân có nhiều chất độn và 1–2% supe lân để giữ đạm sau đó trát bùn bao phủ bên ngoài đồng phân. Sau 4–6 ngày, nhiệt độ trong đồng phân có thể lên đến 60 °C. Thời gian ủ 30–40 ngày.

Phương pháp ủ nóng có tác dụng tốt trong việc tiêu diệt các hạt cỏ dại, loại trừ các mầm mống sâu bệnh. Thời gian ủ tương đối ngắn, sản phẩm sau ủ được sử dụng ngay như phân chuồng. Tuy vậy, phương pháp này có nhược điểm là dễ mất nhiều đạm.

-Ủ nguội [4]

Chất thải chăn nuôi dạng rắn được lấy ra khỏi chuồng, xếp thành lớp và nén chặt, trên mỗi lớp chất thải rắc 2% supe lân. Đánh đồng khối nguyên liệu với chiều rộng 2–3 m, chiều dài tùy thuộc vào chiều dài nền đất, các lớp phân được xếp lần lượt cho đến độ cao 1,5–2,0 m. Sau đó ủ đất bột hoặc đất bùn khô đập nhỏ, rồi nén chặt và trát bùn phủ bên ngoài. Thời gian ủ 5–6 tháng. Do bị nén chặt cho nên bên trong khối ủ thiếu oxy, môi trường trở lên yếm khí, khí cacbonic trong khối ủ tăng. Vi sinh vật hoạt động chậm, nhiệt độ trong khối ủ không tăng cao và chỉ ở mức 30–35 °C. Đạm trong đồng ủ chủ yếu ở dạng amôn cacbonat, là dạng khó phân hủy thành amoniac, nên lượng đạm bị mất ít. Theo phương pháp này, thời gian ủ chất thải chăn nuôi phải kéo dài nhưng sản phẩm sau ủ có chất lượng tốt hơn ủ nóng.

-Ủ nóng trước, nguội sau [4]

Chất thải chăn nuôi dạng rắn được lấy ra khỏi chuồng, xếp thành lớp không nén chặt ngay. Để như vậy cho vi sinh vật hoạt động mạnh trong 5-6 ngày. Khi nhiệt độ đạt 50-60 °C tiến hành nén chặt để chuyển khối ủ sang trạng thái yếm khí. Sau khi nén chặt lại xếp lớp chất thải chăn nuôi khác lên, không nén chặt. Để 5-6 ngày cho vi sinh vật hoạt động. Khi đạt đến nhiệt độ 50-60 °C lại nén chặt.

Cứ như vậy cho đến khi đạt được độ cao cần thiết thì trát bùn phủ xung quanh khối ủ. Ủ phân theo cách này có thể rút ngắn được thời gian so với cách ủ nguội, nhưng phải có thời gian dài hơn cách ủ nóng; thời gian ủ khoảng 3–4 tháng.



Hình 1.3 : Ủ phân phương pháp truyền thống

1.3.3.2. Phương pháp ủ phân theo luống dài (đánh luống cấp khí tự nhiên)

- Dạng luống cấp khí tự nhiên là quá trình ủ trong đó CTR được sắp xếp theo các luống dài, hẹp và được đảo trộn theo một chu kỳ nhất định nhằm cấp khí cho luống dài.

- Không khí (oxy) được cung cấp tới hệ thống bằng con đường tự nhiên như: khuếch tán, gió, đối lưu nhiệt... Các luống phân thường xuyên được xáo trộn theo định kỳ nhằm trộn đều CTR trong luống phân, trộn đều độ ẩm và hỗ trợ cho thổi khí thụ động. Việc xáo trộn được thực hiện bằng xe xúc hoặc bằng xe xáo trộn chuyên dụng. [4]

Ưu điểm:

- Do xáo trộn thường xuyên nên chất lượng phân hữu cơ đồng đều.
- Vốn đầu tư và chi phí vận hành thấp vì không cần hệ thống cung cấp oxy cưỡng bức.
- Kỹ thuật đơn giản.

Nhược điểm:

- Cần nhiều nhân công.
- Thời gian ủ dài 3 – tháng.

- Do thổi khí thụ động nên khó quản lý, đặc biệt khó kiểm soát nhiệt độ và mầm bệnh.
- Xáo trộn luống ủ thường gây thất thoát nitơ và gây mùi.
- Quá trình ủ phụ thuộc vào thời tiết, ví dụ: mưa có thể gây bất lợi cho quá trình ủ.
- Phương pháp thổi khí thụ động cần một lượng lớn vật liệu tạo cấu trúc và loại vật liệu tạo cấu trúc phù hợp với phương pháp thì khó tìm hơn so với các phương pháp khác.
- Diện tích đất cần thiết lớn.

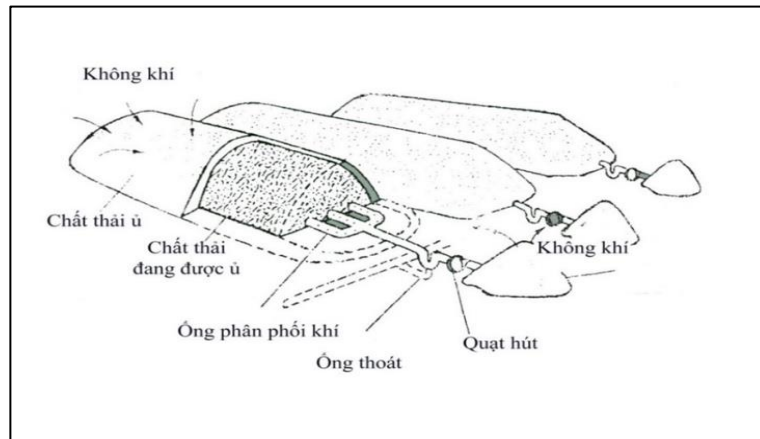


Hình 1.4: Ủ phân theo luống dài cấp khí tự nhiên

1.3.3.3. Phương pháp ủ phân theo luống dài hoặc đống với thổi khí cưỡng bức

- Phương pháp này vật liệu ủ được sắp xếp thành đống hoặc luống dài. Không khí được cung cấp cho hệ thống bằng quạt thổi khí hoặc bơm nén khí qua hệ thống phân phối khí như ống phân phối khí hoặc sàn phân phối khí.

- Thời gian cần thiết cho quá trình ủ khoảng 3 – 5 tuần. Phần mùn sau khi ủ được đem đi sàng tinh nhằm thu được sản phẩm phân chất lượng cao. [4]



Hình 1.5 :Sơ đồ sản xuất compost bằng phương pháp thổi khí cưỡng bức.

Ưu điểm:

- Dễ kiểm soát khi vận hành hệ thống, đặc biệt là kiểm soát nhiệt độ và nồng độ oxy trong luống ủ.
- Giảm mùi hôi và mầm bệnh thời gian ủ ngắn (3 – 6 tuần).
- Vì sử dụng thổi khí cưỡng bức nên luống phân có thể cao và rộng hơn so với thổi khí tự động, do đó nhu cầu sử dụng đất thấp hơn, có thể vận hành ngoài trời hoặc có che phủ.

Nhược điểm:

- Hệ thống phân phối dễ bị tắc nghẽn, cần phải bảo trì thường xuyên.
- Chi phí bảo trì hệ thống và chi phí năng lượng cho thổi khí làm tăng tổng chi phí, nên chi phí cho hệ thống này cao hơn hệ thống thổi khí tự động.

1.3.3.4. Phương pháp ủ trong container

- Phương pháp ủ trong container là phương pháp ủ mà vật liệu ủ được chứa trong container hoặc thùng kín, túi đựng hay trong nhà. Thổi khí cưỡng bức thường được sử dụng cho phương pháp ủ này. Có nhiều phương pháp ủ trong container như ủ trong bể di chuyển liên tục dọc theo phương ngang, ủ trong container thổi khí và ủ trong thùng quay. [4]

- Trong bể di chuyển theo phương ngang, CTR được ủ trong một hoặc nhiều ngăn phản ứng dài và hẹp, thổi khí cưỡng bức và xáo trộn định kỳ. Vật liệu ủ được di chuyển liên tục dọc theo chiều dài của ngăn phản ứng trong suốt quá trình ủ. [4]

- Trong container thổi khí, vật liệu được chứa trong các loại container khác nhau như thùng chứa CTR hay túi polyethylene... Thổi khí cưỡng bức được sử dụng cho quá trình ủ dạng mẻ, không có sự rung hay xáo trộn trong container. Tuy nhiên, ở giữa quá trình ủ, vật liệu ủ có thể được lấy ra và xáo trộn bên ngoài, sau đó cho vào container lại. Trong thùng xoay, vật liệu ủ được ủ trong một thùng xoay chậm theo phương ngang với thổi khí cưỡng bức. [4]

Ưu điểm:

- Ít nhạy cảm với điều kiện thời tiết.
- Khả năng kiểm soát quá trình ủ và kiểm soát mùi tốt hơn.
- Thời gian ủ ngắn hơn phương pháp ủ ngoài trời.
- Nhu cầu diện tích nhỏ hơn các phương pháp ủ khác.

Nhược điểm:

- Vốn đầu tư cao .
- Chi phí vận hành và bảo trì hệ thống cao.
- Thiết kế phức tạp và đòi hỏi trình độ cao.
- Công nhân vận hành đòi hỏi trình độ cao.



Hình 1.6 : Ủ phân trong container

1.3.3.5. Phương pháp ủ trong thùng quay (In-vessel)

Hệ thống In-vessel có thể gồm có các thùng sắt hoặc nhựa hoặc các bể bê tông trong đó có thể kiểm soát được luồng không khí và nhiệt. Luồng khí được đưa vào thông qua các ống được chôn trong đồng cho phép không khí được bơm vào dưới tác động của áp suất, và khí thải được thoát ra thông qua màng lọc sinh học, nhiệt độ và độ ẩm được giám sát bằng các đầu dò trong đồng ủ để duy trì được điều kiện hiếu khí tối ưu. Kỹ thuật này thường được sử dụng để xử lý chất thải hữu cơ sinh hoạt, bao gồm cả xử lý bùn thải công, đảm bảo an toàn để sử dụng cho cải tạo đất. Chỉ có một số ít nơi sử dụng kỹ thuật này để ủ phân. [4]

Mục đích: Tăng tốc độ quá trình ủ phân compost bằng việc duy trì các điều kiện tốt nhất cho VSV hoạt động. Giảm thiểu tác hại lên môi trường.

Hoạt động ủ phân:

- Các điều kiện phân bón được kiểm soát bằng cách sử dụng sục khí hoặc khuấy trộn để thúc đẩy sự phân hủy nhanh:

+ Hàm lượng oxy cung cấp tối ưu cho hoạt động hiếu khí (> 10%), độ ẩm tối ưu (40-60%), và kiểm soát nhiệt độ trong khoảng ưu ẩm tối ưu, nơi vi khuẩn hoạt động có hiệu quả nhất.

+ Để làm được này, sục khí và khuấy trộn được điều khiển bởi nhiệt độ, độ ẩm hoặc tuần hoàn oxy (thông thường là nhiệt độ), hoặc theo chu kỳ.

+ Hệ thống sục khí có thể được có hoặc không và có nhiều thiết kế, nhưng không khí nên được phân bố đều. Hệ thống khuấy trộn cũng phá vỡ các hạt, cung cấp các vi sinh vật tiếp cận tốt hơn với carbon để phân hủy.

+Thời gian ủ 2- 3 tuần có thể ngắn hơn hoặc dài hơn.



Hình 1.7 : Ủ phân trong thùng quay

Yêu cầu cơ bản trong thiết kế:

- Làm thoáng khí cưỡng bức (thổi khí).
- Khuấy trộn, đảo trộn.

Ưu điểm:

- Phân bón có thể được kiểm soát chặt chẽ hơn, dẫn đến phân hủy nhanh hơn và chất lượng sản phẩm đồng bộ hơn
- Giảm sự ảnh hưởng của thời tiết.
- Tốn ít nhân lực để vận hành hệ thống và nhân viên ít tiếp xúc với vật liệu ủ.
- Thường có thể được thực hiện tại chỗ, tiết kiệm chi phí thu gom.
- Tốn ít diện tích .
- Quy trình lọc và xử lý không khí và có thể được dễ dàng thu gom và xử lý.

1.3.4. Xu thế phát triển công nghệ Co-composting và ứng dụng trong xử lý bùn thải

Co-composting hay còn gọi là đồng compost là quá trình phân hủy hiếu khí các hợp chất hữu cơ sử dụng nhiều hơn một nguyên liệu. Các vật liệu ban đầu có thể có nguồn gốc từ công nghiệp, nông nghiệp hoặc hộ gia đình ở đô thị, và tất cả các vật liệu được phép tái chế làm nguồn sinh học theo quy định của địa phương. Cho đến nay, các báo cáo đã được công bố về đồng phân trộn bùn thải, phân gia súc, chất thải rắn đô thị và phế phẩm nông

nghiệm theo kết quả thí nghiệm thí điểm khác nhau hoặc quy mô nhà máy chế biến công nghiệp. Kể từ đó, việc ủ chất thải rắn hữu cơ đã được hướng tới vấn đề vệ sinh môi trường và giảm khối lượng rác thải đô thị, với những nỗ lực hướng đến những đổi mới cơ học, giảm thiểu khí thải và mùi phát sinh trong quá trình ủ phân hữu cơ và tăng tốc độ ổn định của hỗn hợp nguyên liệu thông qua hiệu quả của giai đoạn ưa nhiệt được duy trì. [4]

Trong khi các ấn phẩm ban đầu tập trung vào đồng ủ compost chủ yếu được xuất bản bởi các nước Tây Âu và Bắc Mỹ, thì sự phát triển đáng kể của các nghiên cứu về đề tài này phần lớn do các nước Châu Á đóng góp, chủ yếu là Trung Quốc, Ấn Độ và Malaysia. Tác giả Barthod và cộng sự (2018) minh họa đầy đủ cách thức ủ phân của bốn loại rác hữu cơ chính (rác thải thực phẩm, rác thải xanh, chất thải rắn đô thị và bùn thải) chủ yếu được tiến hành bằng cách trộn chúng với một số vật liệu vô cơ và các loại chất thải, với mục đích cải thiện các hạn chế của quá trình ủ compost truyền thống. Phân tích trên cho thấy rằng việc sử dụng các chất độn vào quá trình đồng ủ compost đã thay đổi các hạn chế về yếu tố vệ sinh và chất lượng compost, điều này rất quan trọng trong những năm 1980-1990 và đã ngày càng được chú ý từ những năm 2000 đến nay. [4]

Thuật ngữ đồng ủ compost cũng được sử dụng khi ổn định chất thải hữu cơ với chất độn/phụ gia ở dạng các mảnh gỗ vụn. Ví dụ, ổn định bùn hữu cơ có độ ẩm cao với các tỷ lệ khác nhau của vụn gỗ là cần thiết nhằm tạo một cấu trúc phù hợp và môi trường sống vật lý thuận lợi cho việc kích thích sự gia tăng hệ vi sinh vật hữu hiệu (tăng độ rỗng, độ thoáng khí), để cho phép duy trì độ ẩm thích hợp ngăn chặn quá trình phân hủy kỵ khí diễn ra. Mặc dù trong một số trường hợp các chất độn cũng có thể được sử dụng để cân bằng tỷ lệ C/N của nguyên liệu ủ ban đầu, và cung cấp cacbon có sẵn để bổ sung cho các vi sinh vật hoạt động khi chất hữu cơ bị phân hủy hoàn toàn, mặc dù đây thường không phải là phạm vi mục đích sử dụng chính của vụn gỗ. [4]

1.4. Các tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật hiện hành về chất lượng phân bón

Phân bón phải được cấp Quyết định công nhận phân bón lưu hành tại Việt Nam và phải đáp ứng các chỉ tiêu chất lượng chính theo TCVN 7185:2002, chỉ tiêu chất lượng bổ

sung phải đăng ký trong Quyết định công nhận phân bón lưu hành tại Việt Nam, mức sai lệch giữa kết quả thử nghiệm so với mức đăng ký trong Quyết định công nhận phân bón lưu hành tại Việt Nam. [11]

Theo QCVN 01-189:2019/BNNPTNT, phân bón thuộc nhóm phân bón hoá học (còn gọi là phân bón vô cơ) theo thành phần, hàm lượng hoặc chức năng của các nguyên tố dinh dưỡng trong phân bón đối với cây trồng. Phân bón đa lượng còn được phân loại theo thành phần hoặc liên kết hoá học của các nguyên tố dinh dưỡng trong phân bón. [12]

Các chỉ tiêu kỹ thuật đối với phân hữu cơ sinh vật được quy định theo các tính chất vật lý, hoá học và vi sinh.

Việc quản lý chất lượng phân bón phải tuân thủ các quy định pháp luật về chất lượng sản phẩm, hàng hoá và pháp luật về quản lý phân bón; đảm bảo minh bạch, khách quan, không phân biệt đối xử về xuất xứ hàng hoá và tổ chức, cá nhân có hoạt động liên quan đến chất lượng sản phẩm, hàng hoá, phù hợp với thông lệ quốc tế, bảo vệ quyền, lợi ích hợp pháp của tổ chức, cá nhân sản xuất, buôn bán và người tiêu dùng. [5]

Phân bón nhập khẩu phải được kiểm tra nhà nước về chất lượng trước khi thông quan và phải tuân theo các quy định của pháp luật về chất lượng sản phẩm, hàng hoá, pháp luật về quản lý phân bón. [5]

Kết luận

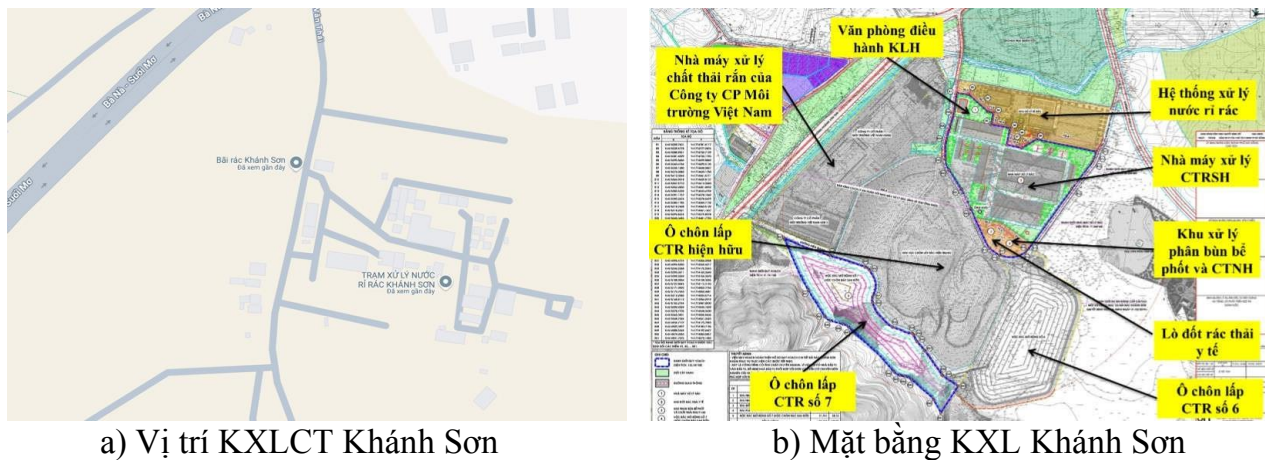
Bùn thải từ các trạm xử lý nước thải phụ thuộc vào nguồn gốc nước thải, các đặc tính hoá học cho biết sự hiện diện của các hợp chất hoá học trong bùn, vi khuẩn, mầm bệnh và các mối nguy hiểm khác. Hiện nay, Composting là phương pháp xử lý chất hữu cơ đang được nghiên cứu và áp dụng phổ biến và cần được tiếp cận nhiều hơn để xử lý bùn thải. Việc đánh giá hiện quả ổn định bùn và sản phẩm cuối sau xử lý là cơ sở để đề xuất sản phẩm cuối nhằm áp dụng thực tiễn giúp cải tạo đất và phát triển cây trồng.

CHƯƠNG 2. KHẢO SÁT HIỆN TRẠNG XỬ LÝ Bùn THẢI NHÀ MÁY XLNT ĐÔ THỊ TẠI KHU XỬ LÝ CHẤT THẢI (KXLCT) KHÁNH SƠN, THÀNH PHỐ ĐÀ NẴNG

2.1. Khảo sát hiện trạng xử lý bùn thải tại KXLCT Khánh Sơn

2.1.1. Tổng quan về Khu liên hợp xử lý chất thải rắn Khánh Sơn

Khu XLCT Khánh Sơn bắt đầu hoạt động từ ngày 1 tháng 1 năm 2007 với tổng diện tích là 43,8 ha, bao gồm ô chôn lấp là 13,8 ha, tính đến nay khu xử lý đã hoạt động được 15 năm. Khu xử lý bao gồm: 06 ô chôn lấp chất thải rắn không nguy hại; 01 khu xử lý bê phốt. Toàn bộ 05 hộc rác đã được lưu chứa hơn 4 triệu tấn rác thải, bắt đầu từ tháng 7 năm 2022 đến tháng 4 năm 2023 đã chính thức đóng hộc rác và chuyển sang hộc rác số 6.



Hình 2.1 : Vị trí và đặc điểm của KXLCT Khánh Sơn

2.1.2. Mục đích khảo sát hiện trạng xử lý bùn thải tại KXLCT Khánh Sơn

Mục đích của việc khảo sát hiện trạng tại KXLCT Khánh Sơn là thu thập, đánh giá và phân tích hiện trạng xử lý bùn thải tại khu xử lý nhằm hiểu rõ quy trình công nghệ khu xử lý đang áp dụng, hiệu quả xử lý cũng như các vấn đề môi trường phát sinh trong quá trình vận hành. Bên cạnh đó, lấy mẫu bùn về phòng thí nghiệm cũng là công việc quan

trọng nhằm phân tích định lượng và định tính các đặc tính của bùn thải, từ đó đánh giá mức độ an toàn và tiềm năng tái sử dụng hoặc xử lý tiếp theo.

2.1.3. Nội dung khảo sát hiện trạng xử lý bùn thải tại KXLCT Khánh Sơn

a) Khảo sát tại hiện trường

Khảo sát hiện trạng xử lý bùn thải được tiến hành tại KXLCT Khánh Sơn, địa điểm tại phường Hoà Khánh Nam, quận Liên Chiểu, thành phố Đà Nẵng, thời gian khảo sát vào ngày 27/2/2025 và 02/03/2025. Đây là khu liên hợp xử lý chất thải lớn nhất trên địa bàn thành phố, tiếp nhận và xử lý chủ yếu chất thải rắn sinh hoạt, công nghiệp không nguy hại, cùng với nước rỉ rác từ quá trình chôn lấp.



Hình 2.2 : Quá trình khảo sát xử lý bùn thải tại KXLCT Khánh Sơn

- Ghi nhận quy mô, công suất thiết kế và thực tế hiện trạng hệ thống xử lý bùn;
- Phân tích các công đoạn chính trong quy trình xử lý bùn như: vận chuyển, đầm, vị trí, tiêu huỷ;
- Xác định các hình thức quản lý và phương án xử lý cuối cùng đối với bùn thải (Chôn lấp);
- Thu thập các số liệu bùn thải được vận chuyển đến KXLCT Khánh Sơn trong vòng 4 năm trở lại đây

b) Lấy mẫu phân tích tính chất thành phần tại phòng thí nghiệm

Mẫu bùn được thu tại KXLCT Khánh Sơn, lấy mẫu bùn thải bằng bao lớn 10kg từ xe vận chuyển bùn thải đến khu xử lý.



Hình 2.3 : Khu vực thu thập mẫu bùn tại KXLCT Khánh Sơn

Mẫu bùn thải sau khi được đưa về phòng thí nghiệm, lấy mẫu để phân tích và đánh giá các thông số của bùn. Để đánh giá các tính chất cũng như kiểm tra độ ổn định của mẫu bùn thì các mẫu phân tích đã chọn các thông số như độ ẩm, độ tro, tổng cacbon hữu cơ (TOC), tổng lượng nitơ (TN), dư thừa photpho tổng số (TP).

Phương pháp phân tích mẫu trong quá trình thực nghiệm:

- Phương pháp so sánh: đánh giá tính chất, thành phần chất lượng bùn.

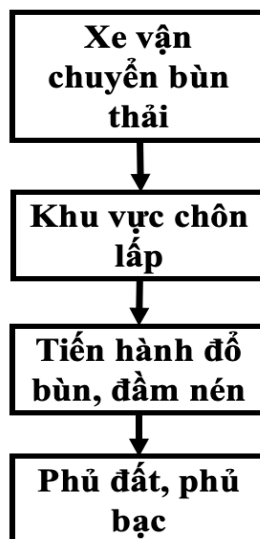
- Các thông số chất lượng bùn thải được phân tích theo các TCVN tại phòng thí nghiệm.



Hình 2.4 : Mẫu bùn bảo quản tại phòng thí nghiệm

2.1.4. Quy trình xử lý bùn của khu xử lý chất thải Khánh Sơn

Quy trình tiếp nhận và chôn lấp bùn thải được thực hiện theo sơ đồ sau đây:



Hình 2.5: Quy trình xử lý bùn thải tại KXLCT Khánh Sơn

Bùn sau khi được vận chuyển đến khu xử lý phải được kiểm tra xác định đúng nguồn thải để được phép chôn lấp và định lượng, sử dụng cân điện tử để có thể kiểm soát được định lượng bùn được vận chuyển đến khu xử lý, bùn thải được vận chuyển không được để quá 24 giờ.

Phương tiện vận chuyển được đưa đến khu chôn lấp đang thực hiện, sau khi xe đi đến chỗ đổ phù hợp thì xe tiến hành đổ bùn xuống khu vực đảm bảo không thiếu sót bùn trong quá trình đổ.

Sau khi đủ lượng bùn trên bãi, ủi bùn thành từng lớp, để có thể sẵn sàng tiếp nhận các xe tiếp theo. Bùn phải được san nền và đầm nén kỹ từ trên xuống theo từng lớp.

Phun thuốc diệt ruồi và khử mùi ngay khi bùn thải được đổ xuống và đảm bảo đều khắp lên số bùn được xử lý để đảm bảo về mặt vấn đề mùi hôi ở trên bãi.

Phải tiến hành phủ lớp đất trung gian lên bề mặt bùn khi bùn đã được đầm chặt để làm vật liệu phủ trung gian giữa các chất thải nhằm ngăn chặn các loại côn trùng, động vật đào bới và có khả năng ngăn chặn sự phát tán của chất thải.

Cuối cùng phủ bạt xung quanh hộc chôn lấp cùng lấp đất các ống dẫn khí, phủ bạt kín để tránh phát tán khí và nước mưa xâm nhập.



a) Vận chuyển bùn

b) Đổ bùn

c) Đầm nén bùn thải

d) Phủ đất phủ bạt

Hình 2.6 : Quy trình xử lý bùn tại KXLCT Khánh Sơn

Nhận xét

Hiện nay, khối lượng bùn thải được vận chuyển và xử lý tại KXLCT Khánh Sơn đang ở mức cao, gây áp lực lớn đến công suất tiếp nhận và thời gian vận hành còn lại của khu vực này. Lượng nước rỉ rác và nước thải từ bùn sẽ tăng cao, gây áp lực cho hệ thống xử lý. Bùn thải lớn gây phát tán mùi hôi ảnh hưởng đến môi trường xung quanh, tăng nguy cơ ô nhiễm đất và nước ngầm.

Vấn đề đặt ra yêu cầu cấp thiết phải nghiên cứu và áp dụng các giải pháp giảm thiểu lượng bùn thải đưa về KXLCT Khánh Sơn, nhằm kéo dài thời gian hoạt động và giảm tải cho hệ thống xử lý hiện tại. Một trong những giải pháp tiềm năng là tận dụng và tái chế bùn thải bằng phương pháp Co – Composting (phối trộn bùn thải hữu cơ và vật liệu độn để ủ hiếu khí tạo ra phân compost).

Phương pháp này không chỉ giúp giảm khối lượng bùn thải phải chôn lấp mà còn tạo ra sản phẩm có ích cho nông nghiệp hay giúp cải tạo đất sử dụng cho đất trồng, góp phần thúc đẩy mô hình kinh tế tuần hoàn và bảo vệ môi trường bền vững.

2.2. Thống kê, so sánh lượng bùn xử lý tại KXLCT Khánh Sơn

Hiện nay, đô thị hoá ngày càng phát triển nhanh và nhu cầu xử lý chất thải ngày càng tăng, việc thống kê và phân tích khối lượng bùn thải được tiếp nhận và xử lý tại các khu xử lý tập trung đóng vai trò quan trọng trong công tác quản lý môi trường đô thị.

Sau quá trình khảo sát thực địa và thu thập thông tin từ các đơn vị liên quan, cán bộ hướng dẫn đã cung cấp tài liệu thống kê về khối lượng bùn thải được vận chuyển đến KXLCT Khánh Sơn trong giai đoạn năm 2021 đến hết năm 2024..

Trong 4 năm từ 2021 đến 2024, khối lượng bùn tiếp nhận tại khu xử lý có sự biến động đáng kể. Nếu như năm 2021 và 2022 ghi nhận khối lượng ở mức trung bình và ổn định, thì đến năm 2023, lượng bùn tăng đột biến cao hơn nhiều so với các năm còn lại. Sang năm 2024, khối lượng tiếp nhận có phần giảm mạnh hơn so với năm 2023, nhưng khối lượng vẫn rất lớn phản ánh xu hướng gia tăng áp lực lên hạ tầng xử lý hiện hữu.

Bảng 2.1 : Tổng khối lượng vận chuyển đến KXLCT Khánh Sơn năm 2021-2024

Thời gian tiếp nhận	Tổng khối lượng (tấn/năm)
2021	6.989,81
2022	6.285,21
2023	7.416.710
2024	19.389,06
Tổng khối lượng	7.449.374,08

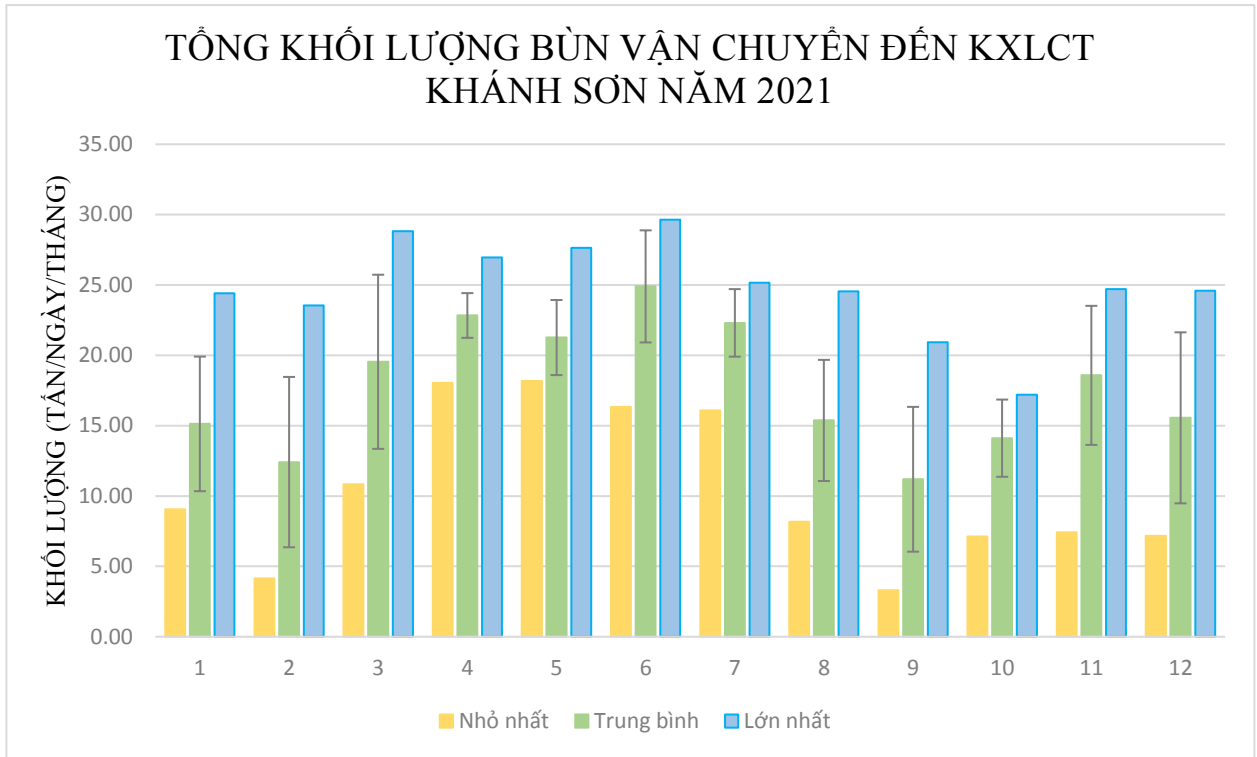
Dựa trên số liệu thống kê, khối lượng bùn thải tiếp nhận tại KXLCT Khánh Sơn trong 4 năm gần đây có sự biến động rõ rệt và tăng trưởng đột biến tại năm 2023:

- Năm 2021, tổng khối lượng bùn tiếp nhận là 6.989,81 tấn/năm, cho thấy mức tiếp nhận ổn định phù hợp với khu xử lý

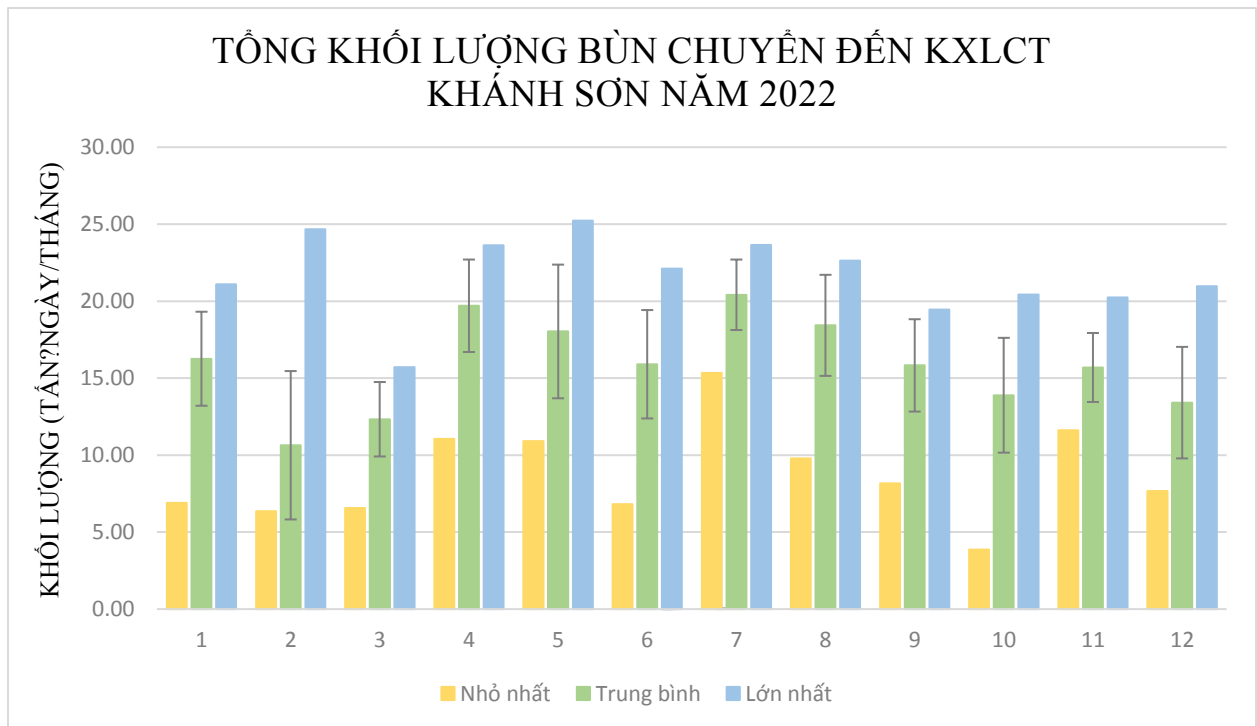
- Năm 2022 ghi nhận mức tiếp nhận là 6.285,21 tấn/năm, tương ứng giảm 10,1% so với năm 2021. Nguyên nhân có thể đến từ hệ thống xử lý đầu nguồn hoạt động hiệu quả hơn.

- Năm 2023, số liệu ghi nhận mức tăng đột biến lên đến 7.416.710 tấn/năm, đây là mức cao bất thường cho thấy nguyên nhân chính dẫn đến sự gia tăng này là do khu xử lý tiếp nhận bùn thải từ nhiều nguồn hơn các năm còn lại. Điều này dẫn đến áp lực quá tải lên hệ thống xử lý về mặt kỹ thuật và diện tích chứa.

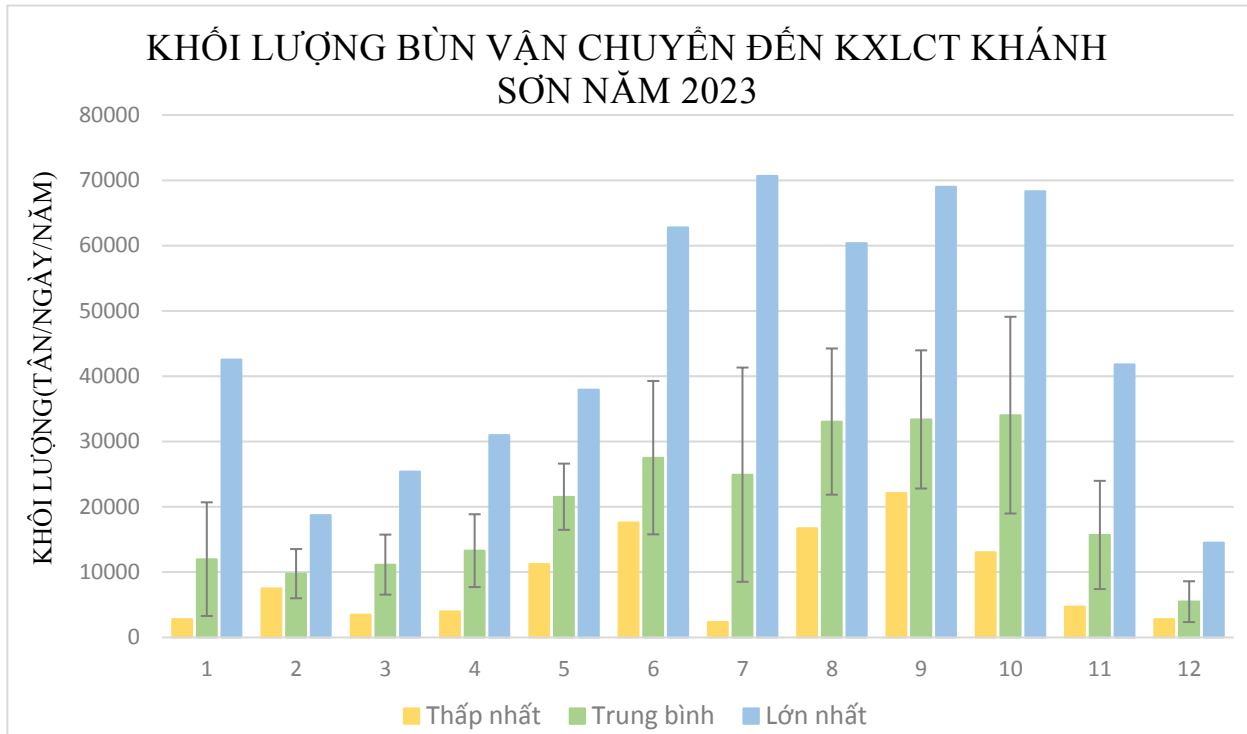
- Năm 2024, tổng khối lượng tiếp nhận đạt 19.389,06 tấn/năm, cho thấy mức tăng gấp 3 lần so với năm 2021 và 2022, phản ánh xu hướng gia tăng nhanh chóng bùn thải, có thể bắt nguồn từ sự mở rộng đô thị, tăng dân số, hoặc nâng cấp hệ thống thoát nước – xử lý nước thải.



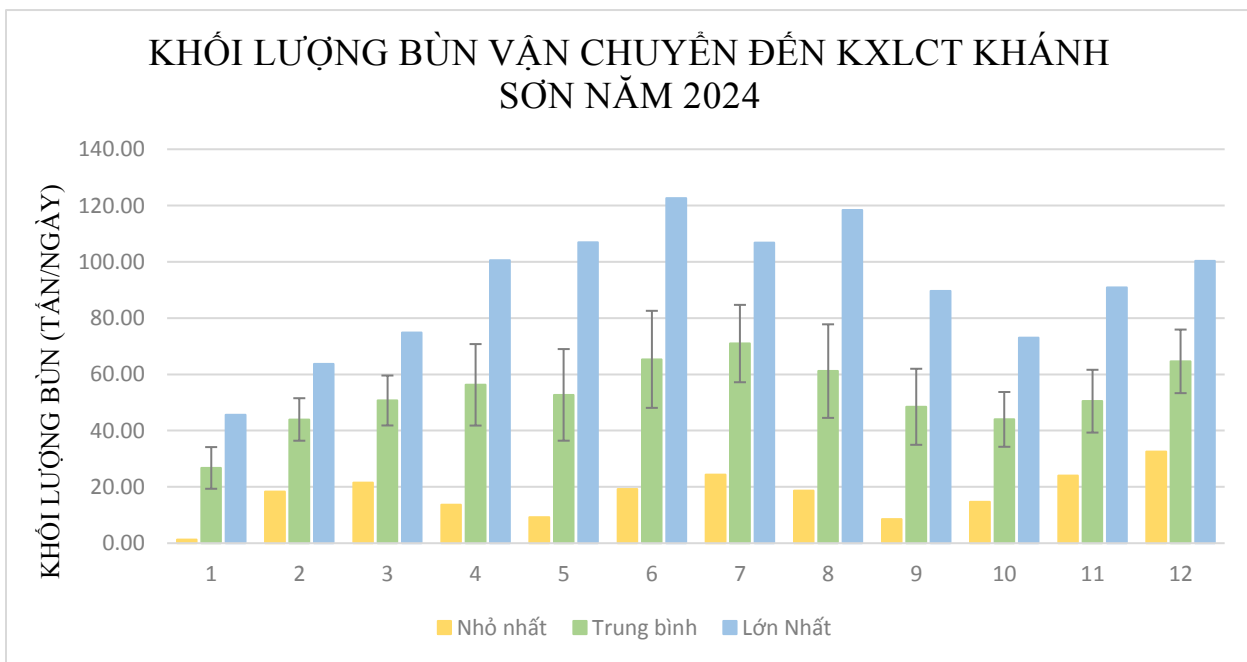
Hình 2.7 : Tổng khối lượng bùn thải vận chuyển đến KXLCT Khánh Sơn năm 2021



Hình 2.8 : Tổng khối lượng bùn thải vận chuyển đến KXLCT Khánh Sơn năm 2022



Hình 2.9 : Khối lượng bùn thải vận chuyển đến KXLCT Khánh Sơn năm 2023



Hình 2.10 : Khối lượng bùn thải vận chuyển đến KXLCT Khánh Sơn năm 2024

Trong vòng 4 năm, tổng khối lượng bùn thải được vận chuyển đến KXLCT Khánh Sơn lên đến 7.449.374,08 tấn, đây là con số cực kỳ lớn ảnh hưởng trực tiếp đến khối lượng xử lý của trạm dẫn đến quá tải làm giảm hiệu suất vận hành của khu xử lý, gây ra nguy cơ ô nhiễm thứ cấp cho các thành phần môi trường xung quanh như nước mặt, ngầm và không khí.

Trong đó, tổng khối lượng bùn thải năm 2023 tiếp nhận lên đến 7.416.710 tấn, có thể thấy rằng năm 2023 có lượng bùn thải lớn hơn nhiều so với các năm còn lại, ghi nhận mức sụt giảm rất đáng kể về khối lượng bùn, việc tích hợp tiếp nhận khối lượng lớn trong cùng một năm nhằm giảm áp lực cho các điểm tập kết tạm thời, đồng thời thúc đẩy tiến trình xử lý tập trung theo hướng bền vững.

Tuy nhiên, tình trạng nếu kéo dài có thể làm giảm hiệu suất trạm, ảnh hưởng đến môi trường. Do đó, cần có các giải pháp đồng bộ như nâng cấp công suất trạm, kiểm soát và phân bố lượng bùn thải từ các nguồn thải, tìm ra giải pháp tái sử dụng bùn thải nhằm đảm bảo hoạt động của trạm ổn định và hiệu quả.

Việc thống kê và so sánh dữ liệu qua các năm không chỉ giúp nhận diện xu hướng phát sinh bùn thải mà còn là cơ sở quan trọng để đề xuất các giải pháp công nghệ xử lý phù hợp.

Các biện pháp có thể áp dụng có thể là phân loại bùn theo đặc tính đầu vào trước khi xử lý nhằm tối ưu hoá công nghệ phù hợp. Nâng cấp công suất xử lý và mở rộng khu vực tiếp nhận để đáp ứng nhu cầu thực tế. Ứng dụng công nghệ đồng ủ (Co-composting) như một hướng đi hiệu quả để biến bùn thải từ nhiều nguồn thành compost hữu cơ sử dụng cho nông nghiệp, giảm gánh nặng môi trường và tiết kiệm chi phí xử lý.

2.3. Đánh giá đặc điểm bùn thải

Sau khi tiến hành lấy mẫu và phân tích mẫu bùn thải tiếp nhận từ KXLCT Khánh Sơn, hai mẫu bùn đại diện đã được kiểm tra một số chi tiết đặc trưng về thành phần lý – hoá học. Kết quả phân tích được thể hiện trong bảng sau:

Bảng 2.2 : Kết quả phân tích mẫu bùn KXLCT Khánh Sơn tại phòng thí nghiệm

TT	Thông số	Đơn vị	Kết quả	
			Mẫu 1	Mẫu 2
1	Độ ẩm	%	86,94	87,22
2	Độ tro	%	34,84	35,94
3	TOC	g/100g khô	19,74	20,86
4	T-N	g/100g khô	1,46	1,52
5	T-P	g/100g khô	0,75	0,88

Dựa trên kết quả phân tích 5 thông số cơ bản của hai mẫu bùn thải được lấy tại KXLCT Khánh Sơn, bao gồm: độ ẩm, độ tro, hàm lượng cacbon hữu cơ (TOC), tổng nito (T – N), tổng photpho (T – P), có thể rút ra một số nhận định và đánh giá sau:

- Hai mẫu bùn đều có độ ẩm rất cao, dao động trong khoảng 86% đến 88%, cho thấy bùn tồn tại ở dạng sệt và chứa hàm lượng nước lớn. Đây là đặc điểm điển hình của bùn thải sinh hoạt phát sinh từ hệ thống xử lý nước thải đô thị. Độ ẩm cao gây ảnh hưởng tiêu cực đến công tác vận chuyển, lưu trữ và xử lý.
- Độ tro tương đối cao (trên 34%) phản ánh hàm lượng chất rắn vô cơ không cháy được trong thành phần bùn. Điều này có thể xuất phát từ hàm lượng lớn cát, đất, hoặc chất lắng từ nước thải. Mặc dù độ tro cao làm giảm giá trị nhiệt của bùn, nhưng có thể là cơ sở để định hướng sử dụng vật liệu cải tạo đất hoặc nguyên liệu xây dựng sau xử lý ổn định.
- Hàm lượng TOC trong hai mẫu đều ở mức khá cao (xấp xỉ 20g/100g chất khô), cho thấy bùn có khả năng cung cấp dinh dưỡng cho cây trồng nếu được xử lý đúng cách.
- Hàm lượng T – N từ 1,46 -1,52 g/100g khô, kết hợp với hàm lượng T – P từ 0,75 – 0,88 g/100g khô, cho thấy bùn có chứa nhiều nguồn dinh dưỡng tiềm năng để sử dụng như một chế phẩm cải tạo đất hoặc phân bón nếu được xử lý đảm bảo an toàn về mặt sinh học và kim loại nặng. Là điều kiện thuận lợi để hỗ trợ cây trồng trong giai đoạn sinh trưởng.

CHƯƠNG 3. ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG SẢN PHẨM CUỐI TỪ QUÁ TRÌNH ỔN ĐỊNH Bùn THẢI BẰNG CÔNG NGHỆ CO-COMPOSTING

3.1. Giới thiệu quá trình ổn định bùn thải bằng công nghệ Co-composting

Việc đánh giá chất lượng sản phẩm cuối từ quá trình ổn định bùn bằng công nghệ Co – Composting là cơ sở quan trọng để xác định hiệu quả xử lý và tiềm năng ứng dụng sản phẩm trong nông nghiệp.

3.1.1 Nguyên lý ổn định bùn bằng công nghệ Co – Composting

Co – Composting là một công nghệ xử lý sinh học hiếu khí, trong đó bùn thải giàu hữu cơ được phối trộn với các nguồn chất hữu cơ khô (như rác hữu cơ, phụ phẩm nông nghiệp, mùn cưa, lá cây,...) để tạo điều kiện tối ưu cho quá trình phân huỷ sinh học diễn ra hiệu quả. Công nghệ này không chỉ giúp ổn định các thành phần ô nhiễm trong bùn mà còn chuyển hoá chúng thành phân compost hữu cơ có giá trị nông nghiệp cao. [3]

Nguyên lý của phương pháp chủ yếu là sử dụng các chủng vi sinh vật có sẵn trong tự nhiên, bổ sung thêm các chế phẩm sinh vật phân giải mạnh như xenluloza, protein ... Điều chỉnh nhiệt độ, độ ẩm, oxy, độ thoáng khí, pH nhằm kích thích sự phát triển của hệ vi sinh vật có trong bể ủ để phân huỷ các chất hữu cơ tạo mùn. [3]

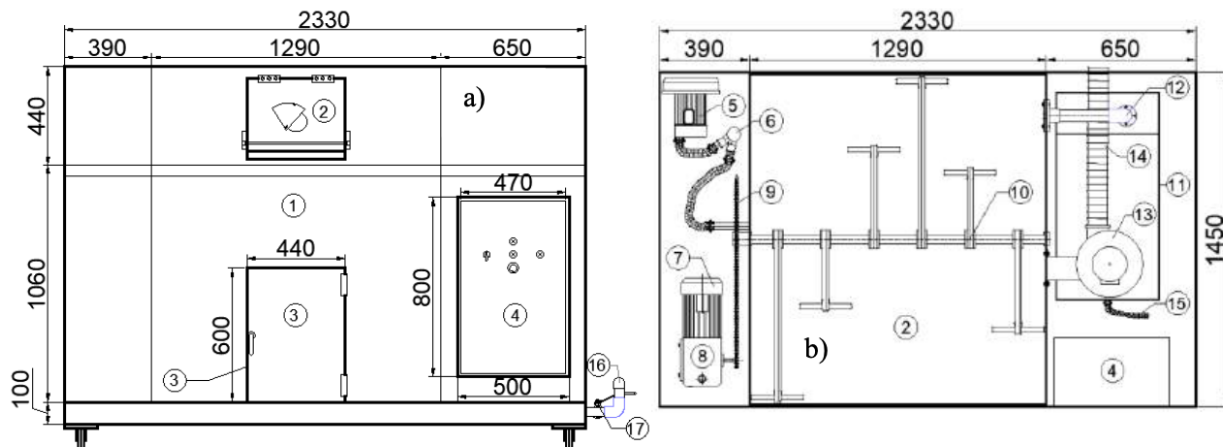


Hình 3.1 : Nguyên lý vận hành thiết bị ổn định bùn bằng phương pháp Co – Composting

Với mục đích nhằm ổn định chất thải, làm mất hoạt tính của VSV gây bệnh, thu hồi dinh dưỡng và cải tạo đất, làm khô bùn và tăng khả năng kháng bệnh cho cây trồng. [3]

Sản phẩm compost cuối cùng nếu đạt yêu cầu về thành phần dinh dưỡng (TOC, T – N, T – P), an toàn sinh học (không chứa mầm bệnh, kim loại nặng vượt chuẩn) có thể sử dụng như phân hữu cơ vi sinh, chất cải tạo đất hoặc nguyên liệu trồng trọt trong nông nghiệp bền vững. Điều này góp phần chuyển hoá bùn thải từ chất thải nguy hại thành tài nguyên sử dụng, giảm áp lực chôn lấp và ô nhiễm môi trường. [3]

Thiết bị dùng để xử lý bùn thải hữu cơ có tên Mishimax MK-50 của tập đoàn Mikuniya, Nhật Bản với công suất 50kg/ngày. Thiết bị có khả năng làm giảm thể tích bùn thải, rác thực phẩm và các loại chất thải hữu cơ khác trên 90% trong vòng 24 giờ. [6]



Hình 3.2: Hình dạng tổng thể của thiết bị MK-50 và cấu trúc bên trong thiết bị

Chú thích: 1-Buôn phản ứng; 2-Cửa nạp nhiên liệu; 3-Cửa lấy sản phẩm đầu ra; 4-Bảng điều khiển (quản lý nguồn điện); 5-Quạt cấp khí; 6-Bộ gia nhiệt mặt bích; 7-Động cơ trộn; 8-Hộp giảm tốc; 9-Bánh răng truyền động; 10-Bộ trộn (xoay thuận và ngược chiều); 11-Bộ hấp thụ khí thải; 12-Ống xả khí; 13-Quạt hút khí thải; 14-Ống dẫn khí đã xử lý; 15-Ống cấp nước; 16-Ống thoát nước; 17-Van xả đáy.

Quá trình lên men và phân huỷ vật liệu trộn nhờ các sinh vật hữu cơ biến đổi thành vô cơ có các bước cần phải thực hiện như sau: [6]

- Bổ sung nguyên liệu đầu vào (bùn thải): chất hữu cơ được đưa vào các lỗ rỗng của vật liệu trộn lên men và phân huỷ bởi các vi sinh vật sinh trưởng trong khoảng trống vật liệu, từ đó tạo ra khí CO₂, nước và amoniac.

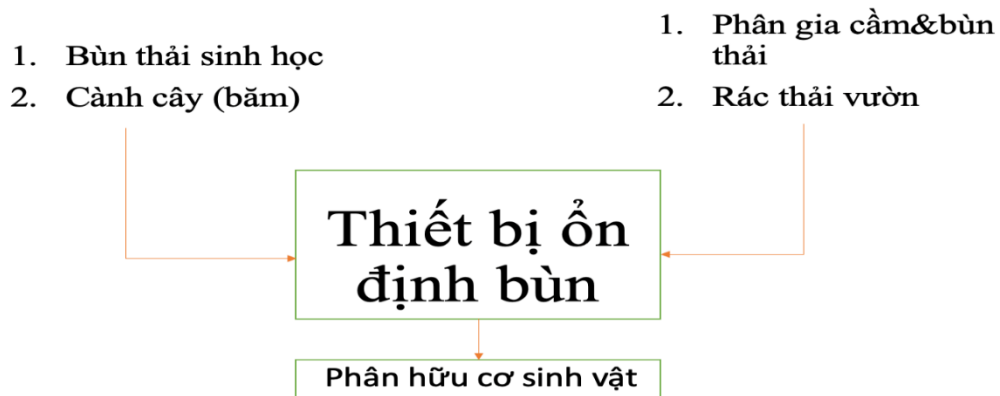
- Giảm khối lượng bùn thải: vi sinh vật bị khử do quá trình tự phân huỷ nên dăm gỗ và cặn (chất vô cơ) vẫn còn tồn tại trong thiết bị xử lý có thể xử lý các đợt bùn thải sau này.



Hình 3.3 : Thiết bị ổn định bùn bằng phương pháp Co – Composting

3.1.2. Phương pháp thực nghiệm công nghệ ổn định bùn thải Co – Composting

Để tiến hành thực nghiệm công nghệ ổn định bùn thải Co-composting, đầu tiên cần tiến hành phối trộn các loại chất thải hữu cơ với bùn thải hữu cơ trong thiết bị Mishimax MK-50 theo quy trình hình 3.4:



Hình 3.4 : Quy trình thực nghiệm phương pháp ổn định bùn thải

Cành và lá xà cừ sau khi cắt tỉa được thu gom phân thân tại các tuyến đường với số lượng lớn, sau đó băm nhỏ và đựng vào các bao 10kg lớn để làm nguyên liệu độn giàu carbon hỗ trợ tạo độ thoáng khí cho quá trình ủ, cho vật liệu vào thiết bị theo tỉ lệ phối trộn mà thiết bị yêu cầu. Vật liệu độn chỉ cần thay thế 2 lần trên một năm, số lượng còn lại bảo quản cho những lần sử dụng tiếp theo . [6]



a) Vật liệu độn xà cừ



b) Vật liệu sau khi băm nhỏ để cung cấp

Hình 3.5 : Vật liệu độn cung cấp vào thiết bị ổn định bùn thải

Sau khi đã cho vật liệu độn vào thiết bị, tiếp tục cung cấp bùn thải vào thiết bị mỗi ngày với khối lượng trung bình từ 30-50kg bùn thải. Tỷ lệ trộn giữa bùn thải và xà cừ được xác định theo tỉ lệ C:N, nguyên liệu được trộn đều trong thiết bị nhằm phân bố đồng đều chất hữu cơ và vi sinh vật có lợi. Quan sát hoạt động thiết bị, đảm bảo thiết bị hoạt động ổn định. Hỗn hợp được đảo trộn định kỳ nhằm duy trì quá trình phân hủy hiếu khí, kiểm soát độ ẩm và nhiệt độ ổn định ở mức thích hợp. [6]

Sau 6 tháng khi khối lượng bùn đã được giảm đi đáng kể, hỗn hợp được đảo trộn và cho ra sản phẩm ủ, tiến hành thu gom để khô và sàng lọc sơ bộ nhằm thu được sản phẩm compost cuối cùng. Compost có màu nâu sẫm, mùi dễ chịu, kết cấu tơi xốp và phù hợp sử dụng làm phân bón hữu cơ trong nông nghiệp



Hình 3.6 : Chất thải hữu cơ cung cấp vào thiết bị ổn định bùn thải hằng ngày

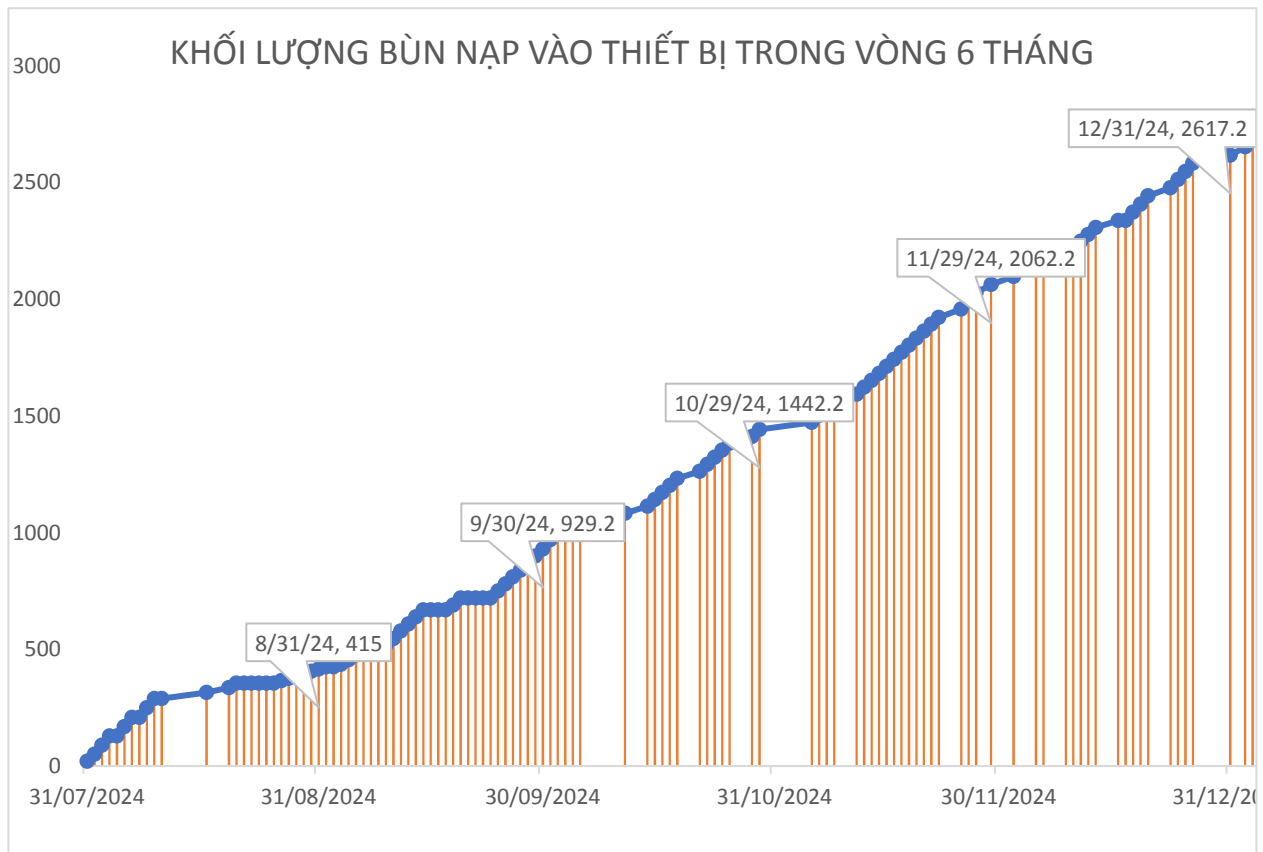
Phương pháp thực nghiệm này không chỉ giúp giảm thiểu khối lượng chất thải cần chôn lấp mà còn tạo ra sản phẩm hữu cơ giàu dinh dưỡng, thân thiện với môi trường, phù hợp với định hướng phát triển trong nông nghiệp đô thị.

3.2. Xác định khối lượng sản phẩm cuối của quá trình theo kích thước hạt

3.2.1. Hiệu suất xử lý của thiết bị ổn định bùn bằng phương pháp Co – Composting

Trong quá trình theo dõi hoạt động của thiết bị ổn định bùn hữu cơ áp dụng công nghệ Co – Composting (giai đoạn xử lý cuối của thiết bị), kèm theo các số liệu được cung cấp trong khoảng mốc thời gian 5 tháng đầu của thiết bị, khối lượng bùn thải nạp vào thiết bị được ghi nhận liên tục từ ngày 31/08/2024 đến ngày 01/03/2025. Tổng khối lượng sản phẩm thu được sau 6 tháng vận hành là 2.597kg.

Kết quả được trình bày trong hình dưới đây cho thấy bùn thải nạp vào thiết bị có xu hướng tuyến tính và ổn định, cho thấy khả năng vận hành liên tục và hiệu suất xử lý ổn

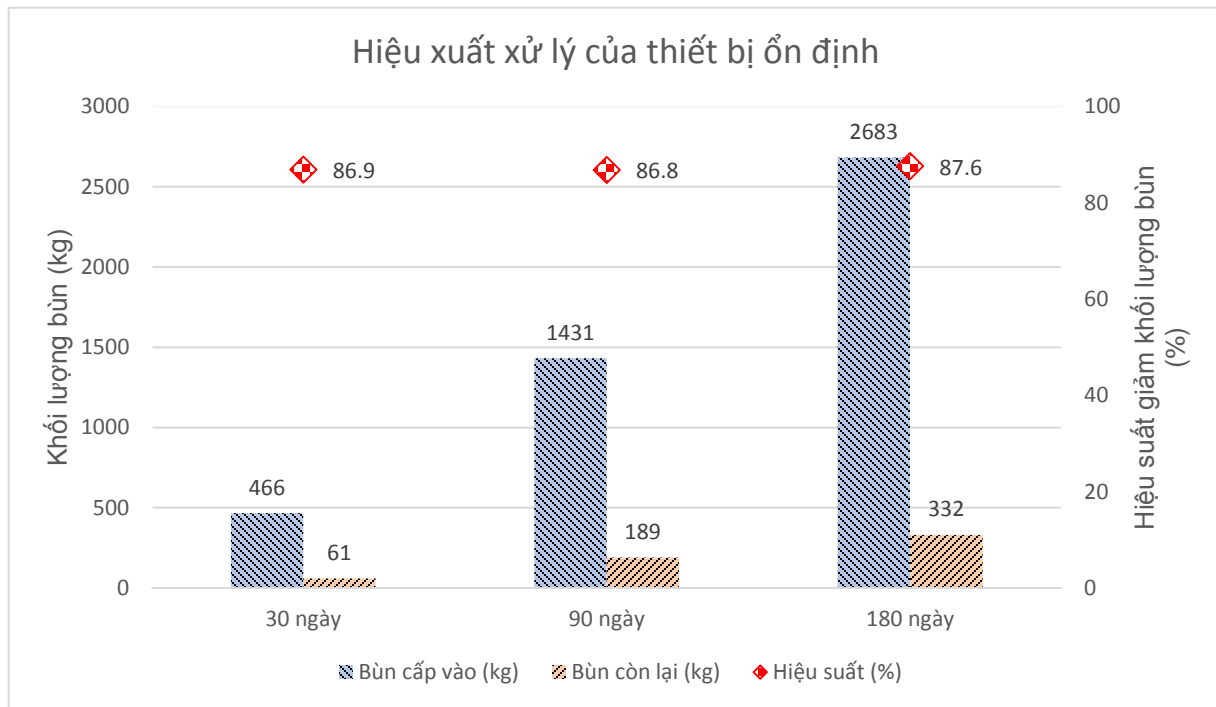


định của thiết bị. Mỗi ngày, một lượng chất hữu cơ sau quá trình phân huỷ và ổn định đã được chuyển hoá thành sản phẩm có thể sử dụng làm phân bón hoặc cải tạo đất.

Hình 3.7 : Khối lượng bùn nạp vào thiết bị trong vòng 6 tháng

Biểu đồ minh họa khối lượng bùn nạp vào thiết bị trong vòng 6 tháng với công suất trung bình 30 – 50kg/ngày.

Việc đạt được 2.683kg hữu cơ sau 6 tháng cho thấy hiệu quả rõ rệt của mô hình Co – Composting không chỉ ở khía cạnh xử lý chất thải mà còn ở giá trị tái tạo tài nguyên, hướng đến mô hình kinh tế tuần hoàn trong quản lý chất thải đô thị.



Hình 3.8 : Hiệu suất xử lý làm giảm khối lượng bùn thải của thiết bị

Kết quả đánh giá hiệu quả công nghệ thông qua tỷ lệ giảm thiểu thể tích bùn thải được thể hiện ở hình trên. Tổng khối lượng bùn được đưa vào thiết bị trong các mốc thời gian 30 ngày, 90 ngày, 180 ngày lần lượt là 466kg, 1.431kg và 2.683kg, thì tỷ lệ giảm thiểu thể tích tương ứng được ghi nhận là 86,9%, 86,8%, 87,6%.

Nhằm đánh giá hiệu quả thực tế của thiết bị trong quá trình ổn định bùn hữu cơ, nghiên cứu tiến hành phân tích và so sánh cùng với bộ dữ liệu thực nghiệm thông qua bài báo “Nghiên cứu xử lý bùn thải bằng quá trình ổn định hiếu khí kết hợp chất độn và cung cấp khí nóng” được viết bởi tác giả Võ Diệp Ngọc Khôi, Makoto Tokuoka, Shuhei Tanaka, Phan Như Thúc và Trần Văn Quang. [9]

Bảng 3.1 : Thông số hiệu suất xử lý của thiết bị Mishimax từ hai nghiên cứu

Đặc điểm	Nghiên cứu đề án	Nghiên cứu từ bài báo
Thời gian xử lý	30, 90, 180 ngày	3 tháng, 6 tháng, 9 tháng
Khối lượng bùn đầu vào	750 – 2.400kg	466 – 2.683kg
Khối lượng bùn sau xử lý	115 – 395kg	61 – 332kg
Hiệu suất giảm thể tích	83,5 – 85,1%	86,8 – 87,6%

Có thể thấy được hai nghiên cứu cùng sử dụng một loại thiết bị xử lý bùn là Mishimax MK-50, có công suất xử lý 50kg/ngày với nguyên lý lên men hiếu khí kết hợp chất độn. Sự khác biệt hiệu suất giữa hai nghiên cứu (chênh lệch 2 - 4%) vì sự khác nhau về loại chất độn sử dụng trong quá trình ổn định bùn, khẳng định lý do hiệu suất phân huỷ sinh học và độ ổn định bùn ở nghiên cứu này cao hơn so với bài báo được liệt kê mặc dù cùng sử dụng thiết bị Mishimax MK-50.

Mặc dù cùng sử dụng một thiết bị xử lý, nghiên cứu thực hiện trong thời gian 3 – 9 tháng cho thấy hiệu suất ổn định cao hơn (chênh lệch 2 – 4%) nhờ thời gian xử lý dài và vật liệu độn có phần phù hợp hơn cho quá trình xử lý.

3.2.2. Xác định khối lượng sản phẩm cuối của quá trình theo kích thước hạt

Trong quá trình xử lý bùn thải bằng công nghệ Co – Composting, sản phẩm compost sau ổn định không chỉ đáp ứng yêu cầu về thành phần hoá học và vi sinh mà còn cần đạt độ đồng nhất về kích thước hạt, nhằm đáp ứng các yêu cầu thực tế trong ứng dụng nông nghiệp (gieo rắc, đóng bao, cải tạo đất,...). Việc phân tích thành phần hạt giúp đánh giá mức độ phân rã vật liệu hữu cơ, cũng như chất lượng cơ học của sản phẩm bằng cách sàng lọc sản phẩm cuối theo các tỉ lệ kích thước khác nhau.



Hình 3.9 : Quá trình sàng lọc sản phẩm cuối sau quá trình xử lý (15/03/2025)

Kết quả sàng phân loại sản phẩm theo 3 khoảng kích thước chính được trình bày trong bảng dưới đây:

Bảng 3.2 : Khối lượng sản phẩm theo kích thước hạt

Kích thước hạt (mm)	Khối lượng (kg)	Tỷ lệ (%)
>10	75	19
5 – 10	91	23
<5	226	58

- Hạt có kích thước >10mm: chiếm khoảng 75kg (19%), chủ yếu là các mảnh chất tro chưa phân huỷ hết (vỏ cây, gỗ lớn).

- Hạt có kích thước 5 – 10mm: chiếm khoảng 90kg (23%), là phần trung gian gồm các vật liệu hữu cơ bán phân huỷ, chưa đạt độ tối nhỏ.

- Hạt có kích thước <math><5\text{mm}</math>: chiếm khối lượng lớn nhất, đạt khoảng 226kg (58%), đây là phân đoạn được đánh giá là thành phẩm tốt nhất, dễ thấm thấu nhất, độ toi xốp cao và thích hợp cho ứng dụng làm phân hữu cơ hoặc cải tạo đất.



Hình 3.10: Sản phẩm compost sau khi sàng lọc theo tỉ lệ

Tổng hợp kết quả trên cho thấy khoảng 55 – 60% khối lượng sản phẩm đầu ra đạt kích thước hạt nhỏ hơn 5mm, cho thấy mức độ phân huỷ hữu cơ cao, chứng tỏ hiệu quả sinh học của quá trình ổn định bùn rất tốt. Đồng thời, tỉ lệ chất trơ còn sót lại (hạt >10mm) tương đối thấp (chỉ 20%), có thể được tái đưa trở lại hệ thống xử lý hoặc loại bỏ thủ công.

Việc xác định phân bố hạt có ý nghĩa quan trọng trong việc tối ưu hoá đầu ra sản phẩm compost, vận chuyển và ứng dụng thực tiễn trong nông nghiệp, đặc biệt là đối với mô hình sản xuất phân hữu cơ vi sinh ở quy mô cộng đồng hoặc đô thị.

3.3. Đánh giá chất lượng sản phẩm cuối

Để đánh giá mức độ phù hợp và tiềm năng ứng dụng của sản phẩm compost sau quá trình ổn định bùn bằng công nghệ Co – Composting, mẫu sản phẩm cuối từng giai đoạn (30 ngày, 90 ngày, 180 ngày) được mang về phòng thí nghiệm để phân tích và so sánh với

mẫu phân bón hữu cơ thương mại trên thị trường hiệu Sông Gianh. Kết quả so sánh được thể hiện trong bảng dưới đây:

Bảng 3.3 : Kết quả phân tích và so sánh chất lượng sản phẩm cuối tại phòng thí nghiệm

TT	Thông số	Đơn vị	Sản phẩm cuối và các loại phân bón hữu cơ thị trường				TCVN 7185:2002
			(1)	(2)	(3)	(4)	
1	Độ ẩm	%	33,99	32,45	30,90	19,50	<35
2	Độ tro	%	14,58	15,39	16,20	24,50	-
3	TOC	g/100g khô	27,54	29,07	30,60	33,60	>22
4	T-N	g/100g khô	3,07	3,24	3,41	3,62	>2,5
5	T-P	g/100g khô	1,10	1,16	1,22	1,91	>2,5

Ghi chú:

(1)- Sản phẩm cuối quá trình ổn định bùn bằng công nghệ Co-composting (30 ngày)

(2)- Sản phẩm cuối quá trình ổn định bùn bằng công nghệ Co-composting (90 ngày)

(3)- Sản phẩm cuối quá trình ổn định bùn bằng công nghệ Co-composting (180 ngày)

(4)- Phân bón hữu cơ trên thị trường hiệu Sông Gianh

Kết quả này cho thấy compost sau 180 ngày đã tiệm cận với chất lượng của phân hữu cơ thương mại, đạt tiêu chuẩn sử dụng làm phân bón theo TCVN 7185:2002. Các chỉ tiêu TOC, T -N, T – P đều tăng theo thời gian, trong khi độ ẩm và độ tro giảm, phản ánh sự ổn định hoá hữu cơ tốt. Cụ thể:

- Độ ẩm đạt 30,90% chênh lệch không cao so với quy định cho phép về phân bón. Tuy vẫn cao hơn sản phẩm thương mại (19,50%), nhưng vẫn nằm trong giới hạn cho phép (<35%) và có thể dễ dàng điều chỉnh bằng công đoạn sấy hoặc phơi.

- Độ tro đạt 16,20%, vẫn thấp hơn phân hữu cơ Sông Gianh (24,5%), phản ánh tỷ lệ chất khoáng thấp hơn, có lợi cho hàm lượng hữu cơ và độ toi xốp của compost.

- Hàm lượng chất hữu cơ (TOC) và các nguyên tố dinh dưỡng chính (T – N và T – P) có hàm lượng cao:

+ TOC: 30,6 g/100g khô >22 (so với 33,6 của phân Sông Gianh)

+ T – N: 3,41 g/100g khô >2,5 (tiệm cận 3,62 của sản phẩm thương mại)

+ T -P: 1,22 g/100g khô <2,5 (so với 1,91 của phân thương mại)

Điều này cho thấy quá trình phân huỷ hữu cơ diễn ra hiệu quả, giúp tăng hàm lượng dinh dưỡng theo thời gian xử lý, đảm bảo các yêu cầu về thành phần hoá học và giá trị sử dụng trong nông nghiệp.

Đặc biệt, compost sau 30 và 90 ngày được xử lý tối ưu để đạt compost ổn định, hiệu quả gần bằng với sản phẩm sau xử lý 180 ngày, điểm chung là giàu dinh dưỡng và đã tiệm cận về chất lượng với phân hữu cơ thương mại cũng như đạt chuẩn các tiêu chí về phân bón, chứng minh tính hiệu quả, bền vững và khả thi của công nghệ Co – Composting trong thực tế.

Với điều kiện phù hợp, sản phẩm có thể được thương mại hoá hoặc phân phối trong các chương trình nông nghiệp hữu cơ, góp phần thúc đẩy kinh tế tuần hoàn giúp đỡ người dân thay thế các loại phân bón giá thành cao trong thị trường hiện nay và giảm gánh nặng xử lý chất thải tại các đô thị, tái sử dụng bùn thải hữu cơ.

CHƯƠNG 4. ĐÁNH GIÁ TIỀM NĂNG TÁI SỬ DỤNG SẢN PHẨM CUỐI

4.1. Thực nghiệm đánh giá hiệu quả sử dụng sản phẩm cuối tại hiện trường

4.1.1. Mục đích đánh giá hiệu quả thực địa của sản phẩm cuối

Việc triển khai mô hình thực nghiệm ngoài hiện trường nhằm đánh giá hiệu quả và tính khả thi của sản phẩm compost sau quá trình xử lý bùn thải bằng công nghệ Co – Composting khi được áp dụng trong điều kiện canh tác thực tế. Đây là bước quan trọng để kiểm chứng tính hiệu quả của sản phẩm cuối, đồng thời khẳng định giá trị sử dụng của sản phẩm trong việc tái sử dụng chất thải áp dụng vào nông nghiệp và cải tạo đất.

Các mục đích cụ thể bao gồm:

- Đánh giá hiệu quả cải tạo đất của sản phẩm cuối
- Kiểm chứng tính hiệu quả đối với cây trồng
- Xác định tính khả thi và giá trị ứng dụng của sản phẩm

Việc áp dụng compost vào canh tác loại cây trồng giúp theo dõi sinh trưởng, năng suất và khả năng chống chịu của cây so với khi sử dụng phân hoá học. Điều này tạo cơ sở dữ liệu thực nghiệm về tác động tích cực của compost trong điều kiện thực tế.

Mô hình thực nghiệm cho phép tiếp cận trực tiếp người dân, từ đó đánh giá mức độ tiếp nhận, phản hồi, khả năng sử dụng và mức độ hài lòng với sản phẩm compost. Đây là yếu tố xã hội quan trọng để xác định khả năng mở rộng mô hình trong cộng đồng.

4.1.2. Nội dung quá trình thực nghiệm khi áp dụng sản phẩm cuối vào nông nghiệp và cải tạo đất

Để đánh giá hiệu quả thực tế của sản phẩm compost sau xử lý bằng công nghệ Co – Composting, một mô hình thực nghiệm đã được triển khai tại Hợp tác xã nông nghiệp Hoà Vang, thành phố Đà Nẵng. Địa điểm này được lựa chọn vì điều kiện đất đai chủ yếu là đất cát pha, nghèo dinh dưỡng, cần cải tạo để duy trì khả năng canh tác.

Mục tiêu đánh giá hiệu quả cải tạo đất cát nghèo hữu cơ bằng compost thu được từ quá trình ổn định bùn thải. Theo dõi ảnh hưởng của compost đến sinh trưởng và năng suất hai loại cây trồng, thực nghiệm này sử dụng hai loại phổ biến là rau muống và tần ô.

a) Thí nghiệm 1

Thí nghiệm được thiết kế nhằm so sánh hiệu quả của các loại phân bón hữu cơ khác nhau lên sinh trưởng và phát triển của cây tần ô, từ đó đánh giá tiềm năng sử dụng sản phẩm compost thay thế cho các loại phân truyền thống.

Thí nghiệm gồm 4 lô đất, mỗi ô có kích thước 1,8m x 1m, được xử lý bằng 4 loại phân bón khác nhau như sau:

Bảng 4.1 : Mô hình thí nghiệm 1

Lô thí nghiệm	Loại phân bón áp dụng	Ghi chú
Lô 1	Sản phẩm compost sau ủ 90 ngày	Sản phẩm từ thiết bị ổn định
Lô 2	Sản phẩm compost sau ủ 180 ngày	Ổn định lâu hơn, giàu hữu cơ
Lô 3	Phân bón hữu cơ thương mại hiệu Sông Gianh	Sản phẩm thương mại phổ biến
Lô 4	Phân chuồng do người dân tự ủ	Phân gà trộn trấu và rơm truyền thống

Toàn bộ các lô đều được bón 3kg phân hữu cơ, rải đều phân bón để phân được trộn đều trong đất. Tất cả lô đều được gieo giống hạt tần ô cùng lô giống, mật độ gieo đồng nhất, tưới nước 1 – 2 lần/ngày tùy điều kiện thời tiết.

Quy trình thực hiện thực nghiệm như sau:

- Chuẩn bị, làm tơi đất, loại bỏ tạp chất, tạo mặt bằng đồng đều giữa các lô.
- Bón 3kg các loại phân tương ứng vào tầng đất mặt (10cm).

- Gieo hạt giống tằm ô rải đều, không quá dày. Phủ lớp đất mỏng sau gieo.
- Sử dụng nguồn nước sạch, tưới phun nhẹ, làm cỏ và theo dõi sinh trưởng hàng ngày.
- Theo dõi các chỉ tiêu như chiều cao cây sau khi thu hoạch, năng suất gieo trồng, thời gian thu hoạch của cây.



Hình 4.1 : Mô hình thực nghiệm gieo hạt giống tằm ô với các loại phân hữu cơ khác nhau
Ghi chú: CP90d: compost 90 ngày; CP180d: compost 180 ngày; S.Gianh: Phân thị trường Sông Gianh;
PC: Phân chuồng.

b) Thí nghiệm 2

Sau khi thực hiện Thí nghiệm 1, cần đánh giá ảnh hưởng liều lượng bón compost (thời gian ủ 180 ngày) đến sinh trưởng cây tằm ô. Nhằm cân bằng giữa hiệu quả canh tác và chi phí sử dụng.

Mô hình thí nghiệm được thực hiện tiếp diễn sau thí nghiệm 1 ở 4 lô thí nghiệm (1,8m x 1m), với lượng compost sau ủ 60 ngày được thay đổi như sau:

Bảng 4.2 : Mô hình thí nghiệm 2

Lô thí nghiệm	Loại phân bón áp dụng	Khối lượng phân bón (kg)
Lô 1	Sản phẩm compost sau ủ 180 ngày	2,0
Lô 2	Sản phẩm compost sau ủ 180 ngày	2,5
Lô 3	Sản phẩm compost sau ủ 180 ngày	3
Lô 4	Sản phẩm compost sau ủ 180 ngày	3,5

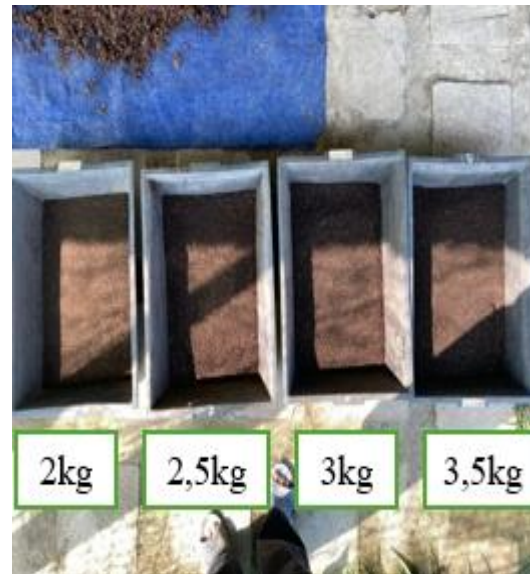
Tất cả lô đất được gieo trồng cùng thời điểm, sử dụng cùng nguồn giống, mật độ gieo và kỹ thuật chăm sóc như nhau để loại trừ sai lệch do điều kiện ngoại lai.

Quy trình thực hiện mô hình được tiến hành tương tự như Thí nghiệm 1 như sau:

- Làm tơi, loại bỏ cỏ dại, san phẳng lô đất. Mỗi lô được phân cách rõ ràng bằng vách đất.
- Phân compost được trộn đều vào đất theo đúng khối lượng quy định từng lô.
- Gieo hạt giống đều tay, đồng nhất. Sau khi gieo, phủ lớp đất mỏng và tưới ẩm nhẹ.
- Duy trì độ ẩm thích hợp, tưới 1 – 2 lần/ngày, làm cỏ định kỳ.
- Theo dõi các chỉ tiêu như chiều cao cây sau khi thu hoạch, năng suất gieo trồng, thời gian thu hoạch của cây.



a) Mô hình thí nghiệm



b) Sản phẩm compost bón thúc

Hình 4.2 : Mô hình đánh giá liều lượng bón compost trên giống cây tằm ô

c) Thí nghiệm 3

Tiếp nối các thí nghiệm đã thực hiện trên cây tằm ô, Thí nghiệm 3 được triển khai nhằm đánh giá hiệu quả 4 loại phân bón hữu cơ khác nhau lên cây rau muống (là loại rau phổ biến trong canh tác). Mục tiêu là xác định ảnh hưởng sản phẩm compost đến sinh

trường và năng suất trên các giống cây trồng khác nhau (rau muống) trên nền đất cát cần cải tạo.

Thí nghiệm được bố trí tại 4 lô đất (3m x 1m), có nền đất cát, độ hữu cơ thấp, thoát nước nhanh, phù hợp để đánh giá khả năng giữ ẩm và cung cấp dinh dưỡng của sản phẩm compost. Thí nghiệm được xử lý như sau:

Bảng 4.3 : Mô hình đánh giá và so sánh hiệu quả sản phẩm cuối với các loại phân hữu cơ trên giống rau muống

Lô thí nghiệm	Loại phân bón áp dụng	Ghi chú
Lô 1	Sản phẩm compost sau ủ 90 ngày	Sản phẩm từ thiết bị ổn định
Lô 2	Sản phẩm compost sau ủ 180 ngày	Ổn định lâu hơn, giàu hữu cơ
Lô 3	Phân bón hữu cơ thương mại hiệu Sông Gianh	Sản phẩm thương mại phổ biến
Lô 4	Phân chuồng do người dân tự ủ	Phân gà trộn trấu và rơm truyền thống

Mỗi lô được bón cùng một khối lượng 3kg phân hữu cơ. Việc gieo trồng, tưới tiêu và chăm sóc được thực hiện đồng đều theo kinh nghiệm người dân của Hợp tác xã.

Quy trình thực hiện mô hình diễn ra như sau:

- Tất cả lô được xới đất đều, bón và trộn phân theo đúng loại và liều lượng quy định.
- Gieo hạt đều tay theo 4 hàng một lô đất, khoảng cách hợp lý để cây có không gian phát triển và dễ dàng theo dõi sinh trưởng sau này.
- Tưới 1 – 2 lần/ngày, nhổ cỏ và theo dõi sâu bệnh.
- Theo dõi các chỉ tiêu như chiều cao cây sau khi thu hoạch, năng suất gieo trồng, thời gian thu hoạch của cây.
- Tất cả lô được canh tác không dùng thuốc trừ sâu, để đảm bảo tính nguyên bản của hiện quả phân hữu cơ.



Hình 4.3 : Mô hình so sánh các loại phân hữu cơ trên giống cây rau muống

Ghi chú: CP90d: compost 90 ngày; CP180d: compost 180 ngày; S.Gianh: Phân thị trường Sông Gianh;
PC: Phân chuồng.

4.1.3. Kết quả và đánh giá các mô hình thực nghiệm tại hiện trường

a) Kết quả Thí nghiệm 1

Thực nghiệm tiến hành nhằm so sánh hiệu quả của phân bón trên cây trồng với 4 loại phân bón khác nhau để xác định tính hiệu quả của phân bón đối với cây trồng và khả năng cải tạo nền đất cát.

Sau 36 ngày kể từ ngày gieo hạt (15/03/2025 – 21/04/2025), các lô thí nghiệm sử dụng 4 loại phân bón hữu cơ khác nhau đã được theo dõi và thu hoạch. Kết quả về thời gian thu hoạch, năng suất rau tươi và chiều cao trung bình từng lô được tổng hợp như sau:

Bảng 4.4 : Kết quả thu hoạch Thí nghiệm 1

Loại phân bón áp dụng	Chiều cao trung bình (cm)	Năng suất rau tươi (kg/m²)	Thời gian thu hoạch (ngày)
Compost sau ủ 90 ngày	13	0,7	32
Compost sau ủ 180 ngày	15	0,8	30
Phân hữu cơ thương mại hiệu Sông Gianh	13	0,5	34
Phân chuồng truyền thống	10	0,3	36

Nhận xét:

- Compost ủ 180 ngày chứng minh được hiệu quả vượt trội khi cho năng suất cao nhất (1,4kg/lô), thời gian thu hoạch ngắn nhất (30 ngày) và chiều cao trung bình lớn nhất (15cm). Điều này cho thấy mức độ phân giải hữu cơ cao và khả năng cung cấp dinh dưỡng hiệu quả cho cây trồng.
- Compost ủ 90 ngày tuy chưa đạt mức ổn định hoàn toàn như mẫu 0 ngày, nhưng vẫn cho khả năng suất tốt (1,2kg/lô) và chiều cao cây trung bình đạt 13cm. Điều này phản ánh tiềm năng ứng dụng của sản phẩm compost ngắn hạn nếu cần rút ngắn thời gian ủ.
- Phân Sông Gianh mặc dù là phân hữu cơ thương mại phổ biến, có chiều cao cây tương đương compost 90 ngày (13cm) nhưng năng suất thấp hơn (0,9kg/lô), chứng tỏ hiệu quả thực địa có thể không cao bằng sản phẩm ủ trực tiếp từ compost bằng phương pháp Co – Composting.

- Phân chuồng truyền thống có hiệu quả thấp nhất, cả về năng suất (0,5kg/lô), thời gian thu hoạch (36 ngày), và chiều cao cây (10cm). Điều này phản ánh hàm lượng hữu cơ phân giải chậm, khả năng hấp thụ kém trong điều kiện đất cát.



a) Phân ủ compost 30 ngày



b) Phân ủ compost 60 ngày



c) Phân hữu cơ hiệu Sông Gianh



d) Phân chuồng truyền thống

Hình 4.4 : Kết quả Thí nghiệm 1

b) Kết quả Thí nghiệm 2

Để đánh giá khách quan hơn tiềm năng sử dụng và khối lượng bón hiệu quả nhất đối với phân compost (ủ 180 ngày) tiến hành thực nghiệm trên giống cây trồng tần ô với 4 khối lượng phân bón khác nhau.

Thí nghiệm được triển khai từ ngày 22/04/2025 đến 21/05/2025, với thời gian canh tác là 30 ngày. Các lô thí nghiệm sử dụng cùng một loại phân compost (ủ 180 ngày), nhưng thay đổi liều lượng bón khác nhau, nhằm xác định lượng phân tối ưu cho sinh trưởng và năng suất cây tần ô trên đất cát pha tại hiện trường.

Bảng 4.5 : Kết quả thu hoạch Thí nghiệm 2

Liều lượng ủ compost 60 ngày (kg/lô)	Chiều cao trung bình (cm)	Năng suất rau tươi (kg/m ²)	Thời gian thu hoạch (ngày)
2,0	13	1,70	30
2,5	13	1,75	30
3,0	15	2,10	30
3,5	14	1,80	30

Nhận xét:

- Liều lượng 3kg/lô cho hiệu quả vượt trội, giúp cây đạt chiều cao trung bình 15cm và năng suất cao nhất (2,1kg/lô). Đây là dấu hiệu cho thấy mức phân bón này cung cấp đủ hàm lượng dinh dưỡng hữu cơ cần thiết cho tần ô sinh trưởng nhanh và đều.
- Khi tăng lên 3,5kg/lô, cây có xu hướng chậm phát triển hơn (chiều cao giảm còn 14cm) và năng suất không tăng trưởng tương ứng (chỉ 1,3kg/lô), cho thấy hiện tượng bão hoà dinh dưỡng hoặc mất cân bằng độ ẩm, vì sinh trong đất do dư thừa vật liệu hữu cơ.

- Hai mức 2kg/lô và 2,5kg/lô có hiệu suất tương đương nhau với chiều cao cây chỉ 13 cm, sản lượng ở mức trung bình. Tuy nhiên, cả hai vẫn vượt trội so với các loại phân khác trong thí nghiệm 1, chứng tỏ ổn định và tiềm năng của compost 180 ngày.



a) Lượng bón 2kg/lô



b) Lượng bón 2,5kg/lô



c) Lượng bón 3kg/lô



d) Lượng bón 3,5kg/lô

Hình 4.5 : Kết quả Thí nghiệm 2

c) Kết quả thí nghiệm 3

Sau khi thực nghiệm trên giống cây tằm ô, tiến hành thay đổi giống cây trồng (rau muống) với mục tiêu xác định hiệu quả phân compost trên các giống cây trồng khác nhau.

Thí nghiệm 3 được thực hiện từ ngày 23/03/2025 – 24/05/2025 trên giống rau muống, với thời gian theo dõi kéo dài 31 ngày. Bốn lô thí nghiệm có diện tích đồng đều (3m x 1m), được xử lý bằng 4 loại phân bón hữu cơ khác nhau nhằm so sánh hiệu quả thực địa về sinh trưởng và năng suất trên nền đất cát cần cải tạo.



Hình 4.6 : Quá trình thu hoạch giống cây rau muống

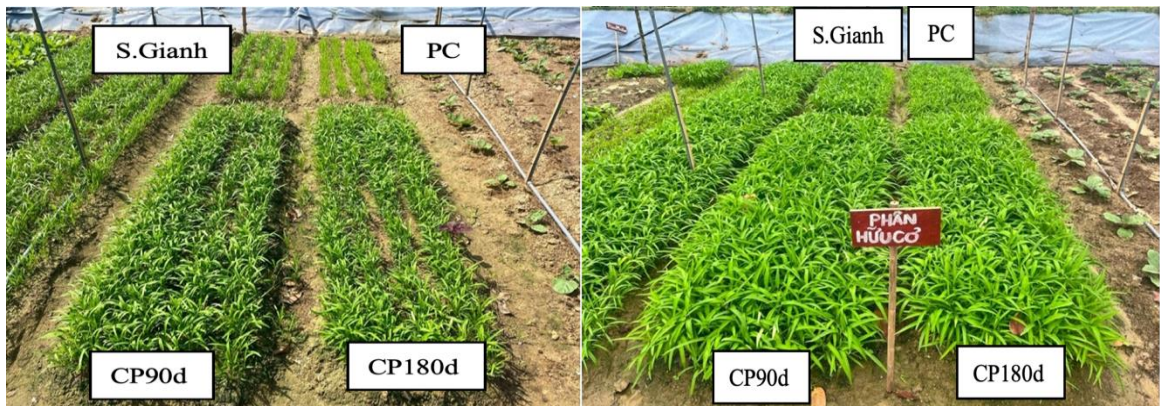
Kết quả thực nghiệm thí nghiệm 3 được trình bày dưới bảng sau:

Bảng 4.6 : Kết quả thu hoạch Thí nghiệm 3

Loại phân bón áp dụng	Thời gian thu hoạch (ngày)	Năng suất rau tươi (kg/m^2)	Chiều cao trung bình (cm)
Compost sau ủ 90 ngày	28	2,5	24
Compost sau ủ 180 ngày	27	2,6	25
Phân hữu cơ hiệu Sông Gianh	30	2,0	20
Phân chuồng truyền thống	31	1,3	18

Nhận xét:

- Compost ủ sau 180 ngày khẳng định hiệu quả vượt trội, với năng suất cao (8,0kg/lô), thời gian thu hoạch ngắn nhất (27 ngày) và chiều cao cây lớn nhất (25cm). Điều này cho thấy khả năng cung cấp dinh dưỡng ổn định, dễ hấp thu và cải tạo đất hiệu quả của loại phân này.
- Compost ủ sau 90 ngày cũng cho thấy kết quả tích cực, với năng suất 7,5kg/lô và chiều cao cây đạt 24cm, chỉ thấp hơn compost ủ sau 180 ngày. Đây là tín hiệu cho thấy compost 90 ngày có thể sử dụng tốt cho rau muống nếu cần rút ngắn thời gian ủ hoặc xoay vòng sản xuất nhanh.
- Phân Sông Gianh cho năng suất 6,0kg/lô, thấp hơn đáng kể, trong khi thời gian thu hoạch kéo dài (30 ngày). Chiều cao cây chỉ đạt 20cm, cho thấy hiệu quả chậm và khả năng cải tạo đất không cao trên đất cát.
- Phân chuồng truyền thống có kết quả thấp nhất ở tất cả chỉ tiêu: năng suất chỉ 4,0kg/lô, chiều cao cây 18cm, và thời gian thu hoạch chậm nhất (31 ngày). Điều này phù hợp với đặc tính phân chuồng truyền thống có tỷ lệ phân giải chậm, dễ rửa trôi trong đất cát.



Hình 4.7 : Kết quả Thí nghiệm 3

4.1.4. Tổng kết đánh giá thực nghiệm tại hiện trường

Ba thí nghiệm thực nghiệm đã được triển khai có hệ thống nhằm đánh giá hiệu quả của phân compost ổn định bằng công nghệ Co – Composting trên hai loại cây trồng phổ biến là tần ô và rau muống, trong điều kiện đất cát pha nghèo hữu cơ tại Hợp tác xã Hoà Vang (một đại diện điển hình cho khu vực sản xuất rau tại Đà Nẵng).

- Compost ủ 180 ngày có hiệu quả ổn định và vượt trội, qua cả ba thí nghiệm cho thấy:

- + Năng suất cao nhất ở cả hai loại cây (1,4kg/lô với tần ô và 8,0kg/lô với rau muống).
- + Chiều cao cây cao nhất (15cm với tần ô và 25cm với rau muống).
- + Thời gian thu hoạch rút ngắn (27 – 30 ngày), phù hợp với chu kỳ rau ngắn ngày.

Tính ổn định sinh học, hàm lượng hữu cơ dễ hấp thu và khả năng cải tạo đất tốt là những yếu tố giúp compost ủ sau 180 ngày vượt trội hơn rõ rệt so với phân hữu cơ thương mại và phân chuồng truyền thống.

- Compost 30 ngày có hiệu quả tương đối cao và có thể ứng dụng linh hoạt, dù chưa đạt đến mức ổn định tối đa như compost 180 ngày, compost 90 ngày vẫn cho:

- + Năng suất tương đối cao (1,2kg/lô tần ô, 7,5kg/lô rau muống).
- + Thời gian thu hoạch tương đương (28 – 32) ngày.
- + Chiều cao cây gần tương đương compost 60 ngày trong một số trường hợp.

Điều này cho thấy compost 90 ngày có thể ứng dụng linh hoạt trong điều kiện cần rút ngắn thời gian ủ, đặc biệt phù hợp với mô hình canh tác luân canh nhanh, ít không gian lưu trữ.

- Phân hữu cơ thương mại và phân chuồng truyền thống có hiệu quả kém hơn, cả hai loại phân bón này đều cho thấy hiệu quả thấp hơn rõ rệt trong cả ba thí nghiệm.

- + Năng suất thấp chỉ 0,5 – 0,6kg/lô.
- + Thời gian thu hoạch kéo dài từ 30 – 36 ngày.

+ Chiều cao cây hạn chế từ 10 – 20cm.

Nguyên nhân có thể do phân chuồng chưa được xử lý hoàn toàn và phân hữu cơ thương mại không phù hợp với tính chất đất cát (khả năng giữ ẩm và giữ dinh dưỡng kém).

- Liều lượng compost ủ sau 180 ngày có ảnh hưởng rõ rệt đến hiệu quả canh tác trong Thí nghiệm 2, việc thay đổi liều lượng compost 180 ngày trên cây tần ô cho thấy:

+ Liều lượng tối ưu là 3,0kg/lô, giúp cây đạt năng suất cao và chiều cao cao nhất.

+ Việc tăng quá mức (3,5kg/lô) không mang lại hiệu quả tương ứng, thậm chí làm giảm năng suất.

+ Mức bón thấp (2,0 – 2,5kg/lô) vẫn có hiệu quả, nhưng chưa khai thác tối đa tiềm năng cây trồng.

Điều này nhấn mạnh rằng không chỉ chất lượng phân hữu cơ, mà liều lượng và kỹ thuật bón cũng đóng vai trò quyết định đến hiệu quả sản xuất.

Ý nghĩa thực tiễn của ba thực nghiệm tại hiện trường:

- Compost Co – Composting 180 ngày là sản phẩm có tính ứng dụng cao, hiệu quả ổn định và có thể thay thế phân truyền thống trong sản xuất rau ngắn ngày tại các vùng đất cần cải tạo.

- Thời gian ủ và liều lượng sử dụng cần được tối ưu hoá theo loại cây, mùa vụ và mục tiêu sản xuất (năng suất tối đa hoặc chu kỳ nhanh).

- Kết quả 3 thí nghiệm đã tạo ra mô hình thực tiễn khả thi, làm cơ sở để triển khai mở rộng quy mô hộ gia đình hợp tác xã, hướng đến sản xuất nông nghiệp hữu cơ – tuần hoàn – không phụ thuộc phân hoá học.

4.2. Khảo sát nhu cầu sử dụng sản phẩm cuối và định hướng ứng dụng

4.2.1. Mục tiêu khảo sát

Sau khi hoàn tất ba thí nghiệm ngoài hiện trường và thu được kết quả khả quan từ việc sử dụng sản phẩm compost Co – Composting, tiến hành khảo sát thực tế và phỏng vấn

trực tiếp các hộ dân đang canh tác tại Hợp tác xã Nông nghiệp Hoà Vang. Mục tiêu khảo sát là:

- Đánh giá mức độ chấp nhận, tin tưởng và sẵn sàng sử dụng sản phẩm compost từ bùn thải xử lý.
- Thu thập phản hồi về hiệu quả thực tế, độ dễ sử dụng, ảnh hưởng đến chất lượng đất và cây trồng.
- Xác định các rào cản tâm lý, kỹ thuật và kinh tế trong quá trình áp dụng trong sản xuất nông nghiệp.

a) Đối tượng và phương pháp khảo sát

Khảo sát được tiến hành với 10 hộ nông dân đại diện cho các nhóm sản xuất nông nghiệp chính trong Hợp tác xã và được chọn theo tiêu chí:

- Tham gia vào các thí nghiệm mô hình thực nghiệm sử dụng sản phẩm cuối sau quá trình Co – Composting.
- Có kinh nghiệm sử dụng phân chuồng truyền thống và phân hữu cơ.
- Có kinh nghiệm sản xuất nông nghiệp lâu năm

Phương pháp khảo sát bao gồm:

- Lập bảng hỏi mở và đóng.
- Phỏng vấn trực tiếp hộ dân sản xuất tại Hợp tác xã.
- Ghi nhận phản hồi định tính và định lượng.

b) Xây dựng cấu trúc bảng hỏi

Sau khi tìm hiểu và nghiên cứu, bảng hỏi được thiết kế theo hướng khoa học – thực tiễn, gồm các nhóm nội dung như sau:

- (1) Thông tin cơ bản của hộ dân tham gia sản xuất nông nghiệp:
 - + Thông tin cá nhân (tên, tuổi, số điện thoại, địa chỉ liên lạc,...).
- (2) Thông tin kỹ thuật sản xuất:
 - + Giống cây trồng chính (tần ô, rau muống, cải xanh,...).
 - + Mùa vụ gieo trồng (loại giống trồng theo mùa vụ, ...).

- + Mùa vụ gieo trồng gần nhất.
- + Nguồn cung cấp giống (HTX, đại lý, tự đề giống,...).

(3) Phân bón sử dụng:

- + Loại phân hiện đang dùng (sản phẩm thị trường, phân chuồng,...).
- + Nguồn cung cấp phân bón (HTX, chợ, tự ủ,...).
- + Tần suất và liều lượng phân bón.
- + Giá thành phân bón đang sử dụng (đồng/kg).

(4) Cảm quan sau khi sử dụng compost thử nghiệm:

- + Mức độ hài lòng tổng quan.
- + Mùi của sản phẩm.
- + Màu sắc sản phẩm.
- + Độ tơi xốp.
- + Độ ẩm.
- + Mức độ dễ sử dụng.

(5) Ý kiến chủ quan và định hướng:

- + Sản phẩm compost có hiệu quả hơn các loại phân đang dùng không? Vì sao?
- + Ưu điểm nổi của sản phẩm có thể nhận thấy?
- + Mức độ sẵn sàng sử dụng lại trong mùa vụ tiếp theo?
- + Đề xuất ý kiến để cải tiến sản phẩm hoặc cách phân phối?
- + Ý kiến khác?

4.2.2. Kết quả khảo sát và thảo luận

Các hộ dân được phỏng vấn hiện đang cư trú tại huyện Hoà Vang thành phố Đà Nẵng. Hộ này ở đây có nhiều năm kinh nghiệm trong canh tác nông nghiệp, thường xuyên tham gia các chương trình sản xuất xanh và áp dụng tiến bộ kỹ thuật nông nghiệp.

Cây trồng chính được canh tác là bí, rau muống, rau cải, dền, tằm ô, mồng tơi. Thường có 3 vụ gieo trồng trong năm trừ những tháng mưa lũ. Giống cây trồng được cung ứng từ

Hợp tác xã nông nghiệp hoặc tự để giống từ vụ trường, tùy theo điều kiện thực tế và thời tiết.

Kết quả thu được từ phỏng vấn các hộ dân sau quá trình sử dụng thử nghiệm sản phẩm compost cho thấy phản hồi tích cực về khả năng sử dụng của sản phẩm compost. Phần lớn người được hỏi đánh giá rằng sản phẩm compost có hiệu quả tương đương trong việc cung cấp dinh dưỡng cho cây trồngm đặc biệt là các loại rau ăn lá như rau muống cải xanh và xà lách.

Nhìn chung, sản phẩm compost được nhận xét là dễ sử dụng, không gây mùi khó chịu và có đặc tính tơi xốp, độ ẩm phù hợp, thuận lợi cho việc trộn vào đất hoặc bón lót cũng như cải tạo đất có bề mặt cát. Một số hộ dân cho biết rễ cây phát triển tốt và đất canh tác giữ ẩm lâu hơn khi sử dụng compost so với phân hữu cơ vi sinh đóng bao bán trên thị trường.

Tình trạng biến đổi khí hậu ngày càng phức tạp, gây mưa lũ thất thường làm ảnh hưởng nghiêm trọng đến sản xuất nông nghiệp của người dân, sản phẩm compost có đặc tính giữ ẩm tốt, tăng độ tơi xốp của đất, hạn chế được hiện tượng rửa trôi dinh dưỡng trong các đợt mưa lũ thất thường. Sản phẩm compost còn phục hồi cấu trúc đất, bổ sung vi sinh vật có lợi là lựa chọn bền vững thay thế cho các loại phân bón truyền thống dễ bị rửa trôi và gây thoái hoá đất.

Đặc biệt, yếu tố giá thành được người dân đánh giá cao. Với chi phí 13.000 – 15000 ngàn đồng/kg của các sản phẩm phân bón thị trường hiện nay, sản phẩm compost giúp giảm chi phí đầu vào, trong bối cảnh phân bón ngày càng biến động. Nhờ đó, người dân bày tỏ sẵn sàng tiếp tục sử dụng sản phẩm trong các mùa tiếp theo, nếu đảm bảo được nguồn cung ổn định.

Từ các ý kiến thu được, có thể thấy rằng sản phẩm compost là một lựa chọn thay thế hiệu quả về cả mặt kinh tế lẫn kỹ thuật, phù hợp để ứng dụng rộng rãi trong sản xuất nông nghiệp quy mô nhỏ và vừa, đồng thời góp phần thúc đẩy mô hình canh tác bền vững và thân thiện với môi trường.

4.2.3. Định hướng ứng dụng

Trong những năm gần đây, vấn đề sử dụng phân bón hữu cơ trong canh tác nông nghiệp tại Việt Nam đang được đặc biệt quan tâm trong bối cảnh yêu cầu chuyển dịch sang nông nghiệp sạch, nông nghiệp hữu cơ và phát triển bền vững ngày càng rõ rệt. Tuy nhiên, thực trạng cho thấy tỷ lệ sử dụng phân bón hữu cơ tại Việt Nam vẫn còn khá thấp so với phân bón hoá học.

Theo thống kê của Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn (2021), Việt Nam tiêu thụ khoảng 10 -11 triệu tấn phân bón các loại mỗi năm, trong đó phân bón hữu cơ chỉ chiếm dưới 10%. Mặc dù cả nước có trên 300 cơ sở sản xuất phân bón hữu cơ với tổng công suất khoảng 3 triệu tấn/năm, nhưng khả năng tiêu thụ trên thực tế còn hạn chế, do chi phí cao, nhận thức của nông dân chưa đầy đủ và hiệu quả chưa rõ rệt trong ngắn hạn.

Ngoài ra, việc đẩy mạnh nghiên cứu và triển khai các công nghệ tái chế chất thải thành phân hữu cơ như compost, biochar, phân vi sinh,... đang là một hướng đi phù hợp, trong đó công nghệ ổn định bùn bằng Co – Composting là ví dụ điển hình cho khả năng biến chất thải thành tài nguyên.

Qua khảo sát trực tiếp và phỏng vấn người dân sản xuất nông nghiệp tại huyện Hoà Vang thành phố Đà Nẵng, có thể thấy việc ứng dụng phân bón hữu cơ Compost trong sản xuất nông nghiệp có những phản hồi tích cực. Người dân đánh giá cao về chất lượng sản phẩm như độ tơi xốp, mùi dễ chịu, dễ sử dụng. Đồng thời, sản phẩm compost cho thấy tiềm năng thay thế hoặc kết hợp hiệu quả với các loại phân truyền thống nhờ khả năng cải tạo đất và góp phần nâng cao chất lượng cây trồng.

Sau khi sử dụng sản phẩm compost, năng suất cây trồng cao tương đương với các loại phân bón thị trường, vượt trội hơn phân chuồng truyền thống. Có thể thấy tiềm năng thay thế các loại phân bón truyền thống hay phân thị trường có giá thành cao không phù hợp với các hộ dân thành sản phẩm compost giá thành rẻ hơn, năng suất ổn định hơn.

Mức độ sẵn sàng áp dụng compost trong mùa vụ tiếp theo là cao, đặc biệt khi sản phẩm có giá thành phù hợp và được phân phối qua các kênh tin cậy như hợp tác xã. Tuy

nhiên, để nâng cao hiệu quả và khả năng tiếp cận, tăng cường thông tin hướng dẫn sử dụng và đẩy mạnh truyền thông đến cộng đồng nông dân để có thêm nhiều hộ gia đình tham gia sử dụng sản phẩm compost. Kết quả phỏng vấn này là cơ sở thực tiễn quan trọng để định hướng cải tiến sản phẩm, nâng cấp và xây dựng chính sách hỗ trợ người dân nhân rộng mô hình sử dụng phân bón hữu cơ rộng rãi, bền vững hơn tại địa phương huyện Hoà Vang.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Kết luận

Lượng bùn thải tiếp nhận tại KXLCT Khánh Sơn có xu hướng gia tăng rõ rệt. Gây áp lực môi trường và yêu cầu cấp thiết phải đổi mới công nghệ, nâng cao hiệu quả xử lý, đồng thời đẩy mạnh các giải pháp tái sử dụng bùn thải như phương pháp ổn định bùn thải Co-composting nhằm hướng đến mục tiêu giảm thiểu ô nhiễm, tiết kiệm tài nguyên và phát triển kinh tế tuần hoàn trong lĩnh vực quản lý chất thải đô thị.

Phương pháp ổn định bùn thải bằng công nghệ Co-composting cho thấy hiệu quả rõ rệt trong việc tái sử dụng chất thải hữu cơ, đặc biệt là bùn thải từ hệ thống xử lý nước thải. Quá trình ủ giúp giảm thiểu khối lượng bùn thải, giảm mùi hôi và tiêu diệt mầm bệnh còn tạo ra sản phẩm compost giàu dinh dưỡng, phù hợp sử dụng trong nông nghiệp và cải tạo nền đất cát.

Sản phẩm compost từ quá trình ổn định bùn thải cho thấy chất lượng ổn định và phù hợp trong nông nghiệp, đạt chuẩn quy định về phân bón theo QCVN 01-189:2019 và TCVN 7185:2002. Màu nâu sẫm, tơi xốp, độ ẩm phù hợp và không có mùi hôi đặc trưng của bùn thải nguyên liệu là tiềm năng lớn trong sản xuất nông nghiệp bền vững.

Kết quả nghiên cứu và thực tiễn thử nghiệm còn cho thấy sản phẩm compost sau khi ổn định có các đặc tính lý hoá phù hợp với tiêu chuẩn phân bón hữu cơ, cải thiện rõ rệt độ tơi xốp của đất và nâng cao năng suất cây trồng. Đồng thời, phương pháp này còn góp phần giảm áp lực cho các khu xử lý chất thải, thúc đẩy kinh tế tuần hoàn và phát triển nông nghiệp bền vững.

2. Kiến nghị

Nhân rộng mô hình Co-composting tại các địa phương sản xuất nông nghiệp tăng hiệu quả ứng dụng sản phẩm compost.

Tiếp tục nghiên cứu đánh giá lâu dài về ảnh hưởng của compost từ bùn thải đến chất lượng đất, cây trồng và an toàn môi trường để đảm bảo hiệu quả bền vững.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] TCVN 13958:2024 Bùn thải thoát nước – Các yêu cầu quản lý kỹ thuật.
- [2] <https://biofix.com.vn/cac-phuong-phap-xu-ly-bun-thai/>.
- [3] Bài giảng học phần Quản lý chất thải rắn – Khoa Môi Trường – Đại học Bách Khoa – Đại học Đà Nẵng năm 2016.
- [4] Nguyễn Văn Bộ, Trần Minh Tiến (2017). “Công nghệ ủ (Composting) trong xử lý chất thải chăn nuôi làm phân bón.
- [5] QCVN 01-189:2019/BNNPTNT Chất lượng phân bón.
- [6] UNIDO: http://www.unido.or.jp/en/technology_db/5022/.
- [7] Trần Văn Khải & cộng sự (2022). Nghiên cứu thực trạng và giải pháp thúc đẩy sử dụng phân bón hữu cơ tại Việt Nam. Tạp chí Khoa học Đất
- [8] FAO (2020). Organic Fertilizer Use and Policies in Southeast Asia
- [9] Võ Diệp Ngọc Khôi & cộng sự (2020). Study on sludge treatment by the aerobic stabilization process combined with bulking agent and heated air supply.
- [10] Trung tâm Hỗ trợ Phát triển xanh – Greenhub.
- [11] TCVN 7185:2002 Phân hữu cơ vi sinh vật.
- [12] Giáo trình công nghệ xử lý bùn – PGS.TS. Nguyễn Văn Phước.
- [13] Lê Thị Kim Oanh, Nghiên cứu sản xuất compost nhằm tái sử dụng bùn thải từ nhà máy xử lý nước thải chế biến cá da trơn, Tạp chí phát triển KH&CN, tập 18, số M2-2015.

Phụ lục 3: Khối lượng bùn chuyển đến KXLCT Khánh Sơn năm 2021

Tháng	Tổng khối lượng	Trung bình	Lớn nhất	Nhỏ nhất	Độ lệch chuẩn
1	468,92	15,13	24,41	9,05	4,78
2	347,50	12,41	23,55	4,14	6,05
3	605,74	19,54	28,83	10,83	6,19
4	684,93	22,83	26,96	18,03	1,59
5	659,16	21,26	27,63	18,18	2,67
6	746,95	24,90	29,65	16,33	3,98
7	691,45	22,30	25,17	16,08	2,40
8	476,48	15,37	24,54	8,17	4,31
9	335,73	11,19	20,93	3,31	5,14
10	437,44	14,11	17,19	7,12	2,74
11	557,27	18,58	24,71	7,42	4,94
12	482,24	15,56	24,60	7,18	6,08

Phụ lục 4: Khối lượng bùn chuyển đến KXLCT Khánh Sơn năm 2022

Tháng	Tổng khối lượng	Trung bình	Lớn nhất	Nhỏ nhất	Độ lệch chuẩn
1	504,12	16,26	21,10	6,89	3,05
2	297,96	10,64	24,67	6,35	4,82
3	382,29	12,33	15,72	6,56	2,42
4	591,03	19,70	23,63	11,06	3,00
5	559,04	18,03	25,22	10,91	4,34
6	477,11	15,90	22,12	6,82	3,52
7	632,85	20,41	23,66	15,34	2,29
8	552,88	18,43	22,63	9,78	3,28
9	474,86	15,83	19,46	8,17	3,00
10	430,57	13,89	20,42	3,87	3,73
11	470,79	15,69	20,24	11,61	2,24
12	415,71	13,41	20,97	7,67	3,62

Phụ lục 5: Khối lượng bùn chuyển đến KXLCT Khánh Sơn năm 2023

Tháng	Tổng	Trung bình	Lớn nhất	Thấp nhất	Độ lệch chuẩn
1	371660	11989	42550	2810	8702
2	273500	9768	18750	7520	3769
3	345710	11152	25390	3490	4596
4	398720	13291	30980	3960	5577
5	667990	21548	37960	11260	5069
6	825830	27528	62780	17620	11745
7	772700	24926	70690	2390	16405
8	1024700	33055	60360	16730	11194
9	1001590	33386	68990	22130	10578
10	1055250	34040	68330	13060	15064
11	470820	15694	41800	4740	8285
12	169870	5480	14530	2810	3126

Phụ lục 6: Khối lượng bùn chuyển đến KXLCT Khánh Sơn năm 2024

Tháng	Tổng khối lượng	Nhỏ nhất	Trung bình	Lớn Nhất	Độ lệch chuẩn
1	829,08	0,00	26,74	0,00	0,00
2	1.275,14	18,37	43,97	63,70	7,56
3	1.572,09	21,57	50,71	74,83	8,88
4	1.688,45	13,66	56,28	100,54	14,48
5	1.633,85	9,20	52,70	106,88	16,28
6	1.960,00	19,19	65,33	122,66	17,25
7	2.199,39	24,33	70,95	106,80	13,75
8	1.895,78	18,64	61,15	118,39	16,63
9	1.454,19	8,61	48,47	89,69	13,51
10	1.363,75	14,64	43,99	73,08	9,74
11	1.514,05	23,99	50,47	90,94	11,16
12	2.003,29	32,57	64,62	100,34	11,30

Phụ lục 7: Khối lượng bùn thải cung cấp vào thiết bị trong vòng 6 tháng

Ngày	Khối lượng	Ngày	Khối lượng	Ngày	Khối lượng	Ngày	Khối lượng	Ngày	Khối lượng
31/7/24	20	1/9/24	10	1/10/24	40	5/11/24	30	2/12/24	35
1/8/24	30,4	2/9/24	-	2/10/24	40	6/11/24	30	5/12/24	30
2/8/24	38	3/9/24	10	3/10/24	-	7/11/24	30	6/12/24	30
3/8/24	40	4/9/24	20	4/10/24	40	8/11/24	30	9/12/24	30
4/8/24	-	5/9/24	20	5/10/24	-	11/11/24	30	10/12/24	30
5/8/24	40	6/9/24	20	11/10/24	33	12/11/24	30	11/12/24	30
6/8/24	40	7/9/24	-	14/10/24	30	13/11/24	30	12/12/24	30
7/8/24	-	8/9/24	-	15/10/24	30	14/11/24	30	13/12/24	30
8/8/24	40	9/9/24	20	16/10/24	30	15/11/24	30	16/12/24	30
9/8/24	40	10/9/24	30	17/10/24	30	16/11/24	30	17/12/24	-
10/8/24	-	11/9/24	33,2	18/10/24	30	17/11/24	30	18/12/24	35
16/8/24	26,6	12/9/24	30	21/10/24	30	18/11/24	30	19/12/24	35
19/8/24	20	13/9/24	30	22/10/24	30	19/11/24	30	20/12/24	35
20/8/24	20	14/9/24	30	23/10/24	30	20/11/24	30	23/12/24	35
21/8/24	-	15/9/24	-	24/10/24	30	21/11/24	30	24/12/24	35
22/8/24	-	16/9/24	-	25/10/24	30	22/11/24	30	25/12/24	35
23/8/24	-	17/9/24	-	28/10/24	30	25/11/24	35	26/12/24	35
24/8/24	-	18/9/24	21	29/10/24	30	26/11/24	35	31/12/24	35
25/8/24	-	19/9/24	30			27/11/24	35	2/1/25	35
26/8/24	10	20/9/24	-			29/11/24	35		
27/8/24	10	21/9/24	-						
28/8/24	10	22/9/24	-						
29/8/24	10	23/9/24	-						
30/8/24	10	24/9/24	30						
31/8/24	10	25/9/24	30						
		26/9/24	30						
		27/9/24	30						
		28/9/24	30						
		29/9/24	30						
		30/9/24	30						

Phụ lục 8: Khối lượng bùn thải tiếp nhận trong năm 2021

Ngày	Tháng 1	Tháng 2	Tháng 3	Tháng 4	Tháng 5	Tháng 6	Tháng 7	Tháng 8	Tháng 9	Tháng 10	Tháng 11	Tháng 12
1	9,05	23,55	16,13	22,83	18,52	27,83	23,75	23,52	19,4	10,91	19,18	24
2	15,19	22,83	11,75	23,49	18,79	27,33	24,39	24,16	20,38	12,16	21,32	20
3	11,14	22,77	11,09	21,73	23,41	28,17	23,75	24,54	19,23	11,04	20,42	24
4	11,16	22,67	10,97	21,9	19,5	27,73	22,93	20,08	20,08	11,29	20,21	23,48
5	11,33	23,52	11,01	24,32	19,38	27,36	19,92	20,1	20,93	7,16	18,86	15,32
6	15,08	18,97	11,29	23,42	19,42	23,73	23,61	23,93	18,02	11,31	24,71	19,85
7	15,09	19,15	10,83	23,38	19,61	27,85	24,06	15,74	19,23	11,32	23,71	24,6
8	19,23	19,54	14,94	23,64	20,05	27,98	20,67	23,84	20,32	14,95	24,1	23,67
9	23,79	18,93	25,94	23,57	18,76	29,65	23,51	24,52	14,46	15,71	23,56	22,77
10	23,41	18,5	27,63	23,56	19,04	29,02	24,1	23,42	11,74	15,54	24,16	19,54
11	20,23	19,51	27,35	19,68	18,18	28,77	23,5	23,53	8,05	15,57	11,12	24,01
12	19,76	12,45	23,08	22,76	19,95	28,33	24,69	14,59	12,11	7,12	18,65	24,22
13	15,89	8,34	18,68	23,59	23,37	28,82	16,62	15,19	11,69	15,52	23	19,58
14	23,39	16,28	26,52	23,89	27,63	27,97	23,82	8,17	11,64	15,24	24,04	15,61
15	23,63	20,06	18,13	24,02	23,35	27,53	23,7	16,17	11,46	14,56	19,77	19,24
16	22,36	16,59	14,86	23,32	22,29	29,39	24,71	16,29	11,16	11,56	19,75	11,76
17	24,41	16,28	27,82	26,96	27,48	28,33	19,75	16,5	10,4	15,7	19,47	7,18
18	19,26	7,94	24,75	18,03	26,62	24,95	23,76	16,52	6,62	16,21	19,02	7,4
19	19,64	4,14	27,17	22,91	22,81	24,26	25,17	15,81	7,4	15,23	18,65	7,9
20	19,48	7,73	27,51	22,98	26,56	23,42	24,33	16,03	7,41	16,19	23,76	7,79
21	23,26	7,75	28,83	23,26	21,2	16,33	24,93	15,53	6,95	16,67	16,03	11,42
22	18,77	-	23,41	22,79	19,98	20,02	24,77	15,6	3,31	16,31	23,54	11,93
23	15,61	-	27,06	22,32	20,25	20	20,76	15,6	10,21	11,62	19,47	11,72
24	23,19	-	19,51	22,96	20,72	20,1	16,08	15,97	11,09	16,4	12,19	11,6
25	10,64	-	18,39	23	21,11	20,31	19,79	16,01	11,47	17,19	11,14	11,63
26	14,93	-	18,58	19,51	19,99	20,16	20,49	15,12	10,97	15,94	12	11,41
27	-	-	18,55	23,64	20,86	20,63	20,97	-	-	14,72	11,64	7,53
28	-	-	18,82	22,81	20,37	20,51	20,45	-	-	15,6	7,42	11,58
29	-	-	14,79	22,4	20,16	20,37	21,1	-	-	16,29	11,47	16,16
30	-	-	15,77	22,26	19,77	20,1	20,88	-	-	16,12	14,91	15,34
31	-	-	14,58	-	20,03	0	20,49	-	-	16,29	-	-

Phụ lục 9: Khối lượng bùn tiếp nhận trong năm 2022

Ngày	Tháng 1	Tháng 2	Tháng 3	Tháng 4	Tháng 5	Tháng 6	Tháng 7	Tháng 8	Tháng 9	Tháng 10	Tháng 11	Tháng 12
1	15,63	10,99	11,04	14,89	19,31	15,96	23,12	18,91	18,75	19,56	15,75	10,82
2	12,41	11,20	15,72	14,48	19,16	14,41	22,63	19,52	14,91	11,42	14,98	11,66
3	21,10	11,67	14,89	17,82	24,40	14,42	19,45	22,32	19,02	19,72	18,75	11,65
4	19,92	15,60	15,53	19,17	22,92	11,43	22,68	21,89	19,40	15,46	11,69	11,71
5	19,46	24,67	14,91	19,30	24,27	14,67	18,41	22,39	18,88	15,61	19,98	11,71
6	19,52	19,21	14,67	19,54	23,82	15,29	19,38	11,26	19,46	20,42	20,24	11,37
7	16,67	14,87	14,93	18,92	25,22	14,58	19,40	15,04	15,12	16,29	20,22	11,78
8	20,08	15,41	14,35	18,32	15,51	14,77	19,11	15,53	15,58	16,08	18,80	11,94
9	15,87	15,42	14,57	19,58	23,92	13,86	18,45	15,48	14,35	16,10	15,25	12,28
10	16,45	15,81	14,74	18,94	23,04	18,35	18,15	18,92	15,35	15,69	15,42	7,67
11	15,05	15,24	14,31	19,25	24,12	18,87	19,77	19,27	11,26	16,16	15,80	11,47
12	11,82	15,31	10,32	19,78	24,58	18,19	22,45	19,79	16,10	11,36	15,76	11,73
13	15,99	15,42	10,36	23,55	16,43	18,69	22,58	20,07	19,32	16,01	16,02	20,97
14	15,79	14,88	9,78	11,06	10,91	18,87	22,07	15,15	18,71	12,36	15,98	19,45
15	15,87	11,38	9,80	23,63	19,97	18,45	18,83	19,32	19,45	8,20	15,81	20,50
16	20,26	7,12	10,12	23,60	16,01	18,16	22,61	18,98	18,69	3,87	15,77	15,54
17	19,23	7,09	10,32	23,05	15,43	19,06	18,99	19,20	15,62	16,21	11,71	18,90
18	16,44	6,35	10,63	23,13	15,95	17,77	22,35	21,40	16,12	16,23	11,78	19,48
19	16,33	7,11	10,19	23,45	15,57	6,82	22,43	17,43	15,93	12,13	15,13	16,67
20	15,30	6,67	9,75	23,54	11,71	14,07	22,55	18,87	15,69	8,57	15,40	16,18
21	19,61	7,22	10,16	19,44	15,83	18,84	22,71	18,48	12,33	12,28	11,61	15,67
22	14,74	7,15	6,56	19,79	15,91	22,12	19,56	9,78	15,99	7,64	15,49	16,58
23	19,64	7,55	10,66	19,94	16,38	22,12	17,86	18,20	15,85	16,30	15,34	16,00
24	15,80	7,35	10,88	20,16	15,79	15,95	15,34	22,63	15,80	16,06	15,76	16,51
25	11,02	7,27	10,24	20,06	15,58	7,29	18,42	10,65	16,19	11,67	16,00	16,07
26	15,71	-	12,32	22,74	14,42	11,71	23,66	14,60	16,01	11,55	15,73	15,90
27	15,76	-	13,57	19,22	15,52	15,88	22,30	14,75	12,31	11,45	14,85	16,33
28	15,44	-	14,82	20,47	15,54	15,29	22,96	18,38	8,32	12,33	14,99	11,49
29	14,93	-	14,17	19,08	15,18	15,43	19,61	18,60	16,18	16,38	15,49	7,68
30	15,39	-	13,79	15,13	15,37	15,79	19,50	18,38	8,17	11,80	15,29	-
31	6,89	-	14,19	-	11,27	-	15,52	17,69	-	15,66	-	-

Phụ lục 10: Khối lượng bùn tiếp nhận trong năm 2023

Ngày	Tháng 1	Tháng 2	Tháng 3	Tháng 4	Tháng 5	Tháng 6	Tháng 7	Tháng 8	Tháng 9	Tháng 10	Tháng 11	Tháng 12
1	24090	9020	4290	10220	16860	22340	40590	33740	27690	27650	26920	-
2	22720	8040	3760	3960	16310	25740	2390	28170	25320	37050	30700	-
3	20740	7980	3490	14010	22780	22570	10610	31010	23130	66070	18860	-
4	22780	8220	3790	13710	16730	20300	10930	27270	28610	38600	19350	-
5	12900	7730	16200	14040	26320	22970	44170	23150	30010	43670	15840	-
6	6990	8080	15640	13450	23270	46420	8850	20520	34300	37610	12990	-
7	15820	7900	15920	14210	14380	19580	8780	51910	30660	61030	10380	-
8	7580	-	16080	14150	20080	23250	8710	21820	31690	31550	41800	-
9	3690	7600	16070	9670	20670	22310	6010	24250	30820	36040	4740	-
10	9460	7810	15270	18340	23030	45980	15380	28980	22800	37530	6820	-
11	17500	7850	15290	14120	19430	19150	11570	27320	25530	68330	13380	-
12	42550	13690	25390	30980	37960	49010	70690	37410	54830	42590	12200	9750
13	15980	11980	15520	5820	20230	20220	20230	16730	34240	36120	10070	7300
14	18590	11720	11800	10010	18090	23260	29070	34290	32100	14860	10570	8870
15	16470	11530	11810	23600	24170	17620	26270	56870	22130	18420	7080	9600
16	12350	7830	11370	8000	11260	27260	10950	34270	55720	27970	14400	6470
17	25050	15600	7930	16000	21000	20700	23970	31250	25470	50020	16450	-
18	17530	11400	-	7130	16720	19010	28140	26930	31610	26520	8830	-
19	2810	11720	7280	19240	21730	20950	25690	60360	34120	21710	7210	2810
20	-	7610	10730	14120	17510	23480	52500	21430	41700	26470	10050	10790
21	3720	7840	11260	14050	17870	23210	17610	30940	22950	27440	16960	11160
22	-	8120	10910	14180	23730	62780	21750	29580	34100	18940	14510	11190
23	-	7930	10720	6750	20200	27310	10840	35920	36570	13060	18870	10880
24	-	7520	11120	4320	27420	28660	23530	33280	25260	28980	6930	11530
25	-	15630	10710	13950	26400	19680	53140	30460	68990	21230	7240	11450
26	-	7820	10430	11380	25410	55150	26420	35770	26520	28960	14690	7510
27	7680	18750	10320	17390	24460	25730	25540	57520	37840	67810	24710	11250
28	12740	16580	10370	17260	16970	29320	28240	48070	30540	21110	22950	14530
29	12250	-	10560	13910	26370	22590	30230	37820	41280	25100	24070	11100
30	7800	-	10870	10750	25330	19280	24390	23830	35060	26430	21250	11360
31	11870	-	10810	-	25300	-	55510	23830	-	26380	-	2320

Phụ lục 11: Khối lượng bùn thải tiếp nhận trong năm 2024

Ngày	Tháng 1	Tháng 2	Tháng 3	Tháng 4	Tháng 5	Tháng 6	Tháng 7	Tháng 8	Tháng 9	Tháng 10	Tháng 11	Tháng 12
1	1,23	18,37	46,40	48,35	21,96	104,95	66,2	35,88	16,68	73,08	26,42	53,25
2	33,98	52,29	51,76	66,68	41,80	39,81	101,09	65,57	8,61	45,79	58,03	65,23
3	34,71	53,05	44,40	58,49	54,76	64,55	79,62	64,67	25,13	53,74	24,05	55,02
4	37,43	32,95	51,80	72,37	47,33	84,61	87,69	44,25	45,86	50,18	71,28	64,36
5	22,61	38,87	43,14	71,84	43,57	69,27	78,46	50,63	73,64	60,74	-	85,3
6	26,32	34,51	49,97	63,08	37,98	50,87	76,94	63,25	37,23	28,43	71,95	68,39
7	18,75	23,75	34,59	22,12	93,38	42,77	56,06	118,39	44,37	60,86	71,72	86,37
8	21,15	-	23,14	37,25	46,73	82,21	69,06	69,16	18,26	51,41	48,68	43,5
9	1,9	-	45,63	59,52	52,89	54,95	82,66	69,67	89,69	53,61	90,94	71,74
10	-	-	51,99	62,06	40,76	73,92	106,8	72,08	52,31	67,84	27,78	82,43
11	24,85	-	59,81	52,77	77,65	122,66	100,21	82,55	46,02	50,37	57,13	73,5
12	15,47	-	62,11	51,17	57,34	97,17	93,21	59,11	64,42	53,58	70,29	86,34
13	15,47	-	40,75	20,30	79,70	76,95	68,96	45,51	65,7	34,28	69,48	55,06
14	22,82	-	26,07	22,04	57,26	73,65	24,33	28,38	64,56	63,63	51,95	59,46
15	17,88	19,32	51,86	13,66	106,88	66,84	82,88	75,57	32,78	36,27	23,99	37,45
16	3,45	-	55,45	56,62	29,81	51,26	51,44	78,3	63,74	51,95	46,14	74,59
17	-	22,14	38,34	83,46	36,72	84,78	50,46	67,88	67,87	14,64	27,3	75,12
18	31,49	26,55	55,14	49,60	74,14	46,48	70,84	46,52	60,99	65,94	62,27	100,34
19	36,89	30,11	66,39	78,70	9,20	38,76	96,25	64,67	39,07	35,82	55,58	61,41
20	37,03	45,86	66,36	69,76	16,06	55,80	49,57	47,04	65,64	20,92	79,85	64,16
21	37,02	43,17	33,18	52,72	24,48	95,51	45,74	103,11	48,79	51,27	55,68	32,57
22	35,19	49,97	61,15	66,45	16,71	90,33	76,33	18,64	45,9	29,32	58,12	48,12
23	11,64	37,29	61,02	67,63	23,72	36,09	63,31	60,43	58,76	49,46	-	71,35
24	26,67	38,88	47,65	100,54	62,95	76,11	73,89	63,53	48,92	17,69	25,63	68,56
25	19,89	42,77	48,59	63,18	82,72	69,00	72,25	27,55	80,55	49,32	49,5	58,15
26	7,61	63,70	74,83	54,33	59,81	36,48	81,2	110,26	61,51	34,94	55,82	56,54
27	33,13	58,34	74,71	65,00	81,08	71,79	70,29	54,25	40,95	-	59,94	83,61
28	28,2	63,45	57,06	40,82	71,76	38,78	31,61	53,77	26	41,97	55,02	65,5
29	21,92	37,81	66,28	75,36	64,82	44,46	64,78	47,38	20,93	48,04	55,3	38,98
30	22,44	12,4	60,95	42,58	63,78	19,19	67,23	26,22	39,31	40,49	64,21	50,91
31	20,55	16,34	21,57	-	56,10	-	60,03	81,56	-	28,17	-	65,98