

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO **VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM**

HỌC VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ



HUỲNH THỊ NGỌC HÂN

**NGHIÊN CỨU SỰ HIỆN DIỆN VÀ MỨC ĐỘ
NHIỄM VI NHỰA TRONG CÁC NGUỒN NƯỚC
THẢI, NƯỚC SÔNG SÀI GÒN – ĐỒNG NAI VÀ
ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP GIẢM THIỂU**

Chuyên ngành đào tạo: **Kỹ thuật Môi trường**

Mã số: **9520320**

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT MÔI TRƯỜNG

HÀ NỘI – 2025

Công trình được hoàn thành tại: Học viện Khoa học và Công nghệ -
Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

Người hướng dẫn khoa học 1: PGS. TS. HUỶNH PHÚ

Người hướng dẫn khoa học 2: GS. TS. NGUYỄN THỊ HUỆ

Phản biện 1: ...

Phản biện 2: ...

Phản biện 3:

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng đánh giá luận án tiến sĩ cấp
Học viện, họp tại Học viện Khoa học và Công nghệ - Viện Hàn lâm
Khoa học và Công nghệ Việt Nam vào hồi ... giờ ...', ngày ... tháng
... năm 2025.

Có thể tìm hiểu luận án tại:

- Thư viện Học viện Khoa học và Công nghệ
 - Thư viện Quốc gia Việt Nam
-

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của luận án

Nhựa là vật liệu tổng hợp được ứng dụng nhiều trong cuộc sống hàng ngày do tính chất, hiệu quả về chi phí, độ bền, trọng lượng thấp và dễ sản xuất. Tuy nhiên nhựa rất khó phân hủy, sự tích tụ lâu dài và sản phẩm phân hủy của nhựa là các vật chất vi nhựa gây tiềm ẩn các nguy cơ rủi ro đến sức khỏe con người và hệ sinh thái. Vi nhựa đã được phát hiện phổ biến trong môi trường nước và trầm tích bùn của nhiều con sông trên toàn cầu và ngay cả trong các hệ thống xử lý từ các nhà máy nước thải. Do dòng chảy, vi nhựa được vận chuyển ra đại dương và chúng tồn tại ở nhiều dạng khác nhau. Trong môi trường nước, vi nhựa tồn tại chủ yếu ở dạng mảnh, sợi và hạt, chúng hình thành từ sự phân rã của các vật thể nhựa lớn hơn. Tuy nhiên cho đến nay các thông tin định lượng về hình dạng, kích thước, màu sắc của vi nhựa và đánh giá xu hướng diễn biến của chúng trong môi trường nước các con sông còn khá ít. Các nghiên cứu về loại bỏ vi nhựa của quá trình xử lý từ các nhà máy nước thải cũng chưa phổ biến. Đây chính là lĩnh vực đang được ưu tiên cho các nghiên cứu về vi nhựa. Các công trình khoa học về vi nhựa đã được công bố hiện nay chủ yếu tập trung vào đối tượng vi nhựa trong nước biển hay nước ở các cửa sông, mà nước mặt sâu trong lục địa ít được đề cập đến.

Hệ thống sông Sài Gòn - Đồng Nai hiện là nguồn cung cấp nước sinh hoạt chính cho người dân khu vực Thành phố Hồ Chí Minh và các tỉnh lân cận. Tuy nhiên, hai con sông này vừa là nguồn cấp nước nhưng vừa là nguồn tiếp nhận các chất thải, nước thải trong đó có rác thải nhựa. Việc định danh, xác định mật độ, sự phân bố cũng như hàm lượng, hình dạng của vi nhựa trong hệ thống sông Sài Gòn - Đồng Nai cho đến nay vẫn còn rất ít thông tin. Chính vì vậy, đề tài luận án

“Nghiên cứu sự hiện diện và mức độ nhiễm vi nhựa trong các nguồn nước thải, nước sông Sài Gòn - Đồng Nai và đề xuất giải pháp giảm thiểu” là được thực hiện. Bằng các kỹ thuật đánh giá như ứng dụng các thuật toán phân tích dữ liệu và được mã hóa thành ngôn ngữ lập trình trên nền tảng R 4.2.0 và phần mềm thống kê SPSS để phân tích dữ liệu khoa học về vi nhựa kết hợp với các phương pháp kỹ thuật như kính hiển vi điện tử, quang phổ hồng ngoại FTIR luận án đã định danh, xác định mật độ, sự phân bố cũng như mật độ, hình dạng của vi nhựa. Đây là hướng nghiên cứu còn khá mới tại Việt Nam.

Kết quả nghiên cứu của luận án hỗ trợ một phần cho các nhà quản lý môi trường để có các dữ liệu ban đầu về thực trạng vi nhựa trong nước sông Sài Gòn - Đồng Nai và nước thải sinh hoạt chảy vào hai con sông này khi qua các nhà máy xử lý nước thải tập trung; Đồng thời cung cấp tổng quan về các giải pháp công nghệ loại bỏ vi nhựa và các giải pháp tái chế, tuần hoàn vòng đời của nhựa phòng ngừa, giảm thiểu sự thải bỏ vi nhựa ra môi trường, thực hiện xác định và phân tích tính khả thi của giải pháp đề xuất.

2. Mục tiêu nghiên cứu của luận án

- Vận dụng quy trình thu mẫu và phân tích mẫu vi nhựa trong nước biển của NOAA vào quy trình thu mẫu vi nhựa trong môi trường nước mặt phù hợp trong điều kiện môi trường tại Việt Nam và quy trình phân tích định lượng, định tính và định danh vi nhựa hiện diện trong các mẫu nước mặt lục địa.

- Nghiên cứu đánh giá mật độ và xu hướng biến đổi đặc tính của vi nhựa trong nước mặt sông Sài Gòn - Đồng Nai;

- Nghiên cứu đánh giá mức độ nhiễm vi nhựa trong nước thải đầu vào và đầu ra, cùng với hiệu suất loại bỏ chúng của các nhà máy xử lý nước thải tập trung trên lưu vực sông Sài Gòn – Đồng Nai;

- Đề xuất giải pháp giảm thiểu vi nhựa trong môi trường nước ngọt lục địa là nước sông Sài Gòn – Đồng Nai.

3. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn

Kết quả nghiên cứu của Luận án góp phần hoàn thiện phương pháp luận trong nghiên cứu về vi nhựa trong môi trường nước mặt lục địa và đưa ra được hiện trạng nhiễm vi nhựa trong nước thải và nước mặt các con sông Sài Gòn – Đồng Nai. Các kết quả nghiên cứu cung cấp cơ sở khoa học cho việc quản lý và giảm thiểu tình trạng nhiễm vi nhựa trong nước thải và nước mặt sông ở Việt Nam. Mặt khác, các kết quả Luận án còn có giá trị trong nghiên cứu mở rộng tiếp theo và giáo dục học thuật của các lĩnh vực liên quan.

4. Điểm mới của luận án

- Xác định được sự tồn tại và xu hướng biến đổi mật độ, kích thước, hình dạng và màu sắc của vi nhựa trong nước sông Sài Gòn - Đồng Nai theo mùa và thủy triều.

- Xác định được hiệu quả loại bỏ vi nhựa trong nước thải và đề xuất được cơ chế loại bỏ vi nhựa ra khỏi dòng nước thải bởi các quy trình xử lý nước thải hiện có.

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN CÁC VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

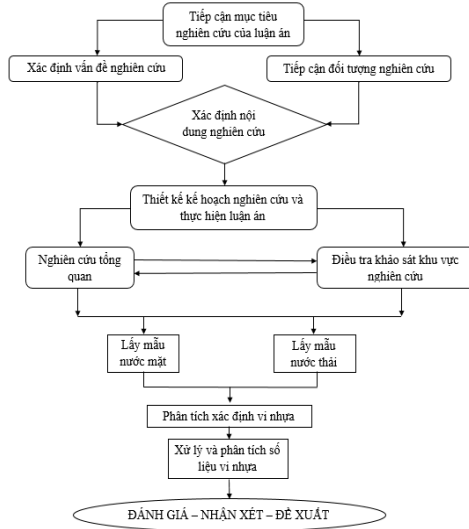
Chương 1 gồm 20 trang đã nêu rõ tính cấp thiết của định hướng nghiên cứu, cụ thể là các nội dung về lĩnh vực vi nhựa, về sự hiện diện của chúng trong môi trường nước, tập trung vào vấn đề vi nhựa trong các con sông lục địa và các nhà máy xử lý nước thải ở khu vực đô thị đông dân để đánh giá xu hướng đặc tính của chúng theo không gian và thời gian. Các nội dung này cho đến nay vẫn còn khá mới, công bố nghiên cứu còn hạn chế và ít đề cập. Định hướng nghiên cứu của Luận án được thực hiện trên phạm vi không gian rộng, được trải dài từ đầu nguồn đến hạ nguồn, nơi tập trung dân cư tại các thành phố lớn của 2 con sông quan trọng của công đồng khu vực phía Nam Việt Nam là sông Sài Gòn và sông Đồng Nai. Đánh giá điều kiện tự nhiên và tình hình thực tiễn hiện hữu, hướng nghiên cứu đã cải tiến phương pháp thu mẫu nước chứa vi nhựa trong nước sông và nước thải, phương pháp và quy trình phân tích xác định vi nhựa trong phòng thí nghiệm.

Toàn bộ nội dung Chương 1 đã tổng quan được kết quả của các công trình liên quan đến định hướng nghiên cứu của Luận án trong và ngoài nước. Đặc thù về chất thải nhựa và vi nhựa trên khu vực nghiên cứu cũng đã được chi rõ trên những đánh giá cụ thể và gắn với nội dung nghiên cứu mà Luận án cần giải quyết. Chương 1 đã tổng quát được các phương pháp phân tích hiện đại để xác định vi nhựa trong mẫu nước. Quy trình thu mẫu nước sông và nước thải, quy trình tách chiết vi nhựa để định lượng, định tính và định danh được thực hiện theo tiêu chuẩn US. EPA Methods 3540C và được cải tiến phát triển từ quy trình của NOAA đối với các mẫu nước biển chứa vi nhựa.

Từ những nhận định trên nghiên cứu sinh đã đưa ra được mục tiêu và nội dung nghiên cứu phù hợp với điều kiện thực tế và gắn với các vấn đề đã được nhận định trong phần tổng quan tài liệu.

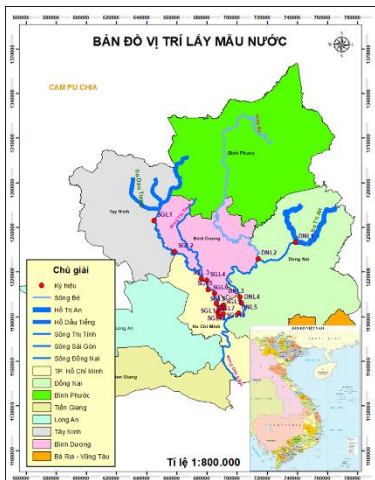
CHƯƠNG 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Chương 2 gồm 26 trang, trình bày chi tiết về lựa chọn đối tượng nghiên cứu trong luận án là vi nhựa trong nước sông Sài Gòn – Đồng Nai và nước thải của các nhà máy xử lý nước thải có nơi tiếp nhận trực tiếp hay gián tiếp là hai con sông này. Quy trình thu mẫu nước và quy trình phân tích xác định vi nhựa được thực hiện dựa trên phương pháp của tổ chức NOAA trong nghiên cứu vi nhựa môi trường biển sau khi đã được cải tiến, điều chỉnh và thiết lập phù hợp với điều kiện thực tế tại Việt Nam.

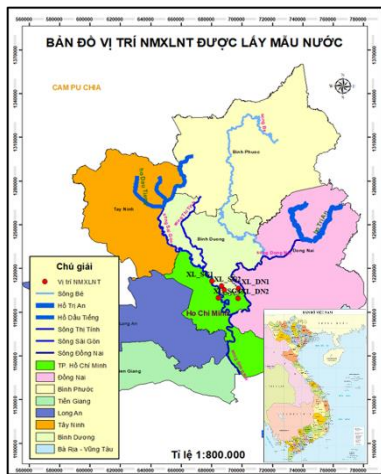


Hình 2.1. Sơ đồ nghiên cứu của Luận

Phạm vi Chương 2 cũng đã trình bày được tách chiết vi nhựa để chuẩn bị cho giai đoạn định lượng, định tính và định danh vi nhựa được tham khảo theo tiêu chuẩn US. EPA Methods 3540C. Đồng thời, các kỹ thuật phân tích hiện đại được sử dụng kết hợp nhằm xác định hình thái, màu sắc, kích thước của vi nhựa như kính hiển vi Leica Stereoscope S6D (độ phóng đại 0,5X – 80X) kết hợp với máy ảnh HD chụp lại các hình ảnh thích hợp và kính hiển vi hình ảnh FTIR Nicolet iN10 MX với các phụ kiện ATR để khám phá các phổ peak polyme của vi nhựa.



Hình 2. 2. Bản đồ 18 vị trí lấy mẫu nước mặt



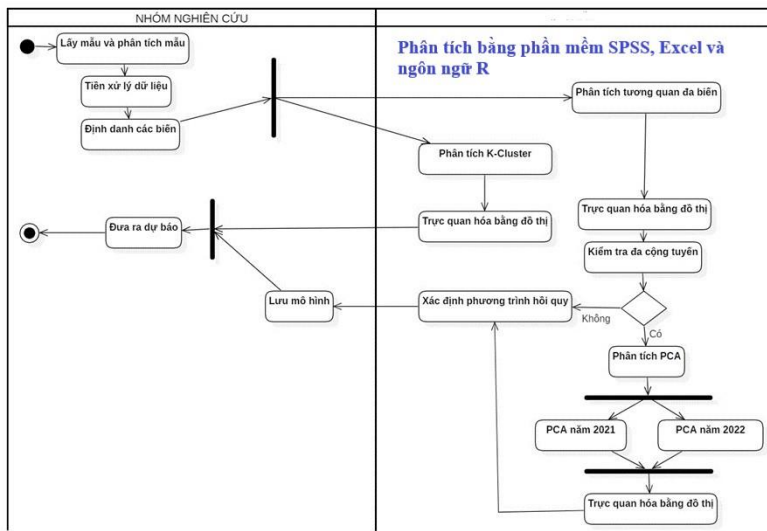
Hình 2. 3. Vị trí 6 nhà máy xử lý nước thải được lấy mẫu



Hình 2.4. Quy trình phân tích xác định vi nhựa trong phòng thí nghiệm

Ngoài ra, mô hình phân tích dữ liệu kết hợp các thuật toán thống kê dự báo như phân tích tương quan đa biến, phân tích thành phần chính, phân tích cụm, phân tích hồi quy được tích hợp xử lý dữ liệu vi nhựa và thiết kế bởi ngôn ngữ R 4.2.0 kết hợp sự hỗ trợ của phần mềm

SPSS 25.0 và Microsoft Excel trên nền tảng Microsoft Office 2023.

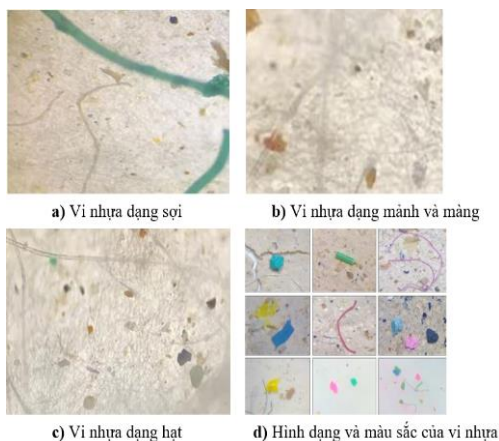


Hình 2.5. Sơ đồ kiến trúc mô hình xử lý dữ liệu trong nghiên cứu Bên cạnh đó, phương pháp đánh giá SWOT, phương pháp thang đo 5 bậc Likert kết hợp phương pháp chuyên gia và khảo sát được sử dụng đã đánh giá được tính khả thi của các phương án đề xuất của Luận án.

CHƯƠNG 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Vi nhựa trong nước mặt sông Sài Gòn – Đồng Nai

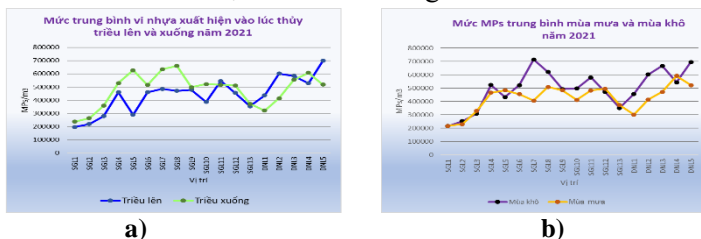
Kết quả dưới kính soi nổi, các hạt vi nhựa được có nhiều màu sắc, hình dạng và kích thước khác nhau từ 1 đến 5 mm chủ yếu là sợi, có 228,120x1.000-715,124x1.000 sợi vi nhựa/m³ nước (ven bờ 3–5 m). Kết quả bước đầu của nghiên cứu đã chỉ ra được hình thái, màu sắc rất khác nhau và được ghi rõ qua kính hiển vi Leica-Stereoscope S6D (Hình 3.1).



Hình 3. 1. Hình dạng và màu sắc của vi nhựa trong các mẫu nước được ghi nhận qua kính hiển vi Leica Stereoscope S6D

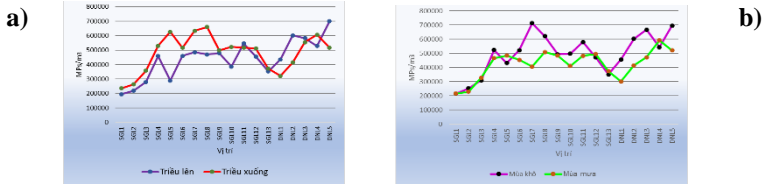
3.1.1. Mật độ vi nhựa

Kết quả về mật độ vi nhựa được biểu diễn ở Hình 3.2 và Hình 3.3. Kết quả phân tích SPSS về mối tương quan của Vi nhựa theo thủy triều và mùa của năm được biểu diễn trong Hình 3.4 và Hình 3.5.



Hình 3.2. Diễn biến mật độ vi nhựa trong các mẫu nước sông Đồng Nai, sông Sài Gòn năm 2021

a) Mức mật độ trung bình về vi nhựa theo sự biến đổi của thủy triều; b) Mức mật độ trung bình về vi nhựa theo sự thay đổi mùa trong năm



Hình 3.3. Diễn biến mật độ vi nhựa trong sông Đồng Nai, sông Sài Gòn năm 2022

a) Mức mật độ trung bình về vi nhựa theo sự biến đổi của thủy triều; b) Mức mật độ trung bình về vi nhựa theo sự thay đổi mùa trong năm;

		Muakho	TrieuLen	TrieuXuong
Muakho	Pearson Correlation	1	.930	.932**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000
	N	18	18	18
TrieuLen	Pearson Correlation	.930**	1	.734**
	Sig. (2-tailed)	.000		.001
	N	18	18	18
TrieuXuong	Pearson Correlation	.932**	.734**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.001	
	N	18	18	18

a) **. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

		MuaMua	TrieuLen	TrieuXuong
MuaMua	Pearson Correlation	1	.717	.707
	Sig. (2-tailed)		.001	.001
	N	18	18	18
TrieuLen	Pearson Correlation	.717**	1	.013
	Sig. (2-tailed)	.001		.958
	N	18	18	18
TrieuXuong	Pearson Correlation	.707**	.013	1
	Sig. (2-tailed)	.001	.958	
	N	18	18	18

b) **. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Hình 3.4. Kết quả tương quan vi nhựa khi triều xuống, triều và theo mùa trong năm 2021

a) Mùa khô; b) Mùa mưa

		Muakho	TrieuLen	TrieuXuong
Muakho	Pearson Correlation	1	.961**	.966**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000
	N	18	18	18
TrieuLen	Pearson Correlation	.961**	1	.857**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000
	N	18	18	18
TrieuXuong	Pearson Correlation	.966**	.857**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	
	N	18	18	18

a) **. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

		MuaMua	TrieuLen	TrieuXuong
MuaMua	Pearson Correlation	1	.933	.933
	Sig. (2-tailed)		.000	.000
	N	18	18	18
TrieuLen	Pearson Correlation	.933**	1	.741**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000
	N	18	18	18
TrieuXuong	Pearson Correlation	.933**	.741**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	
	N	18	18	18

b) **. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Hình 3.5. Kết quả phân tích tương quan vi nhựa vào lúc triều lên và triều xuống theo mùa trong năm 2022

a) Mùa khô; b) Mùa mưa

Ký hiệu ** cho biết rằng cặp biến này có sự tương quan tuyến tính ở mức tin cậy đến 99% (tương ứng mức ý nghĩa 1% = 0,01).

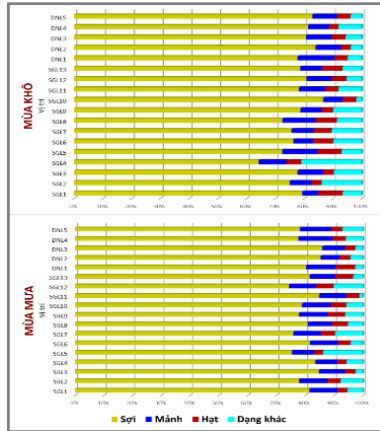
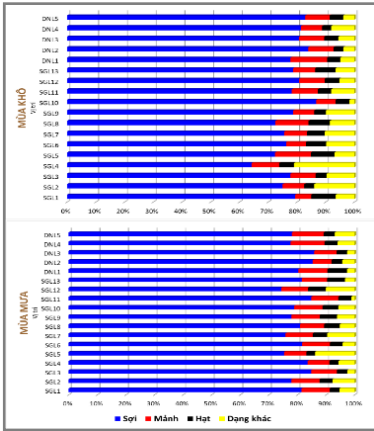
Ký hiệu * cho biết rằng cặp biến này có sự tương quan tuyến tính ở mức tin cậy đến 95% (tương ứng mức ý nghĩa 5% = 0,05).

Mức độ vi nhựa dao động 195.604 - 705.612 vi nhựa/m³ lúc triều lên và dao động 234.911 - 726.196 vi nhựa/m³ vào lúc triều xuống; vào mùa khô mật độ 213.340 - 715.032 vi nhựa/m³ và 216.503

- 729.502 vi nhựa/m³ vào mùa mưa. Điều này cho thấy rằng mực nước thủy triều có mối quan hệ và ảnh hưởng đến mức độ cao thấp của vi nhựa tại các vị trí trên lưu vực sông với $p < 0,05$ (Hình 3.4 và Hình 3.5). Cụ thể là: i/ Năm 2021: Mùa khô: có sự tương quan theo mùa vào lúc thủy triều lên (Hình 3.4a). Mùa mưa: có sự tương quan theo mùa cả vào lúc thủy triều xuống và lên (Hình 3.4b); ii/ Năm 2022: Cả mùa khô và mưa, chỉ có tương quan với mực nước thủy triều lên (Hình 3.5a và Hình 3.5b).

3.1.2. Hình thái vi nhựa

Các hình thái vi nhựa có 3 dạng: sợi, mảnh và hạt, các hình dạng còn lại được gọi là dạng khác. Tỷ lệ phân bố được trình bày trong Hình 3.6. Hình 3.6a và Hình 3.6b cho thấy mật độ dạng sợi chiếm ưu thế trong 2 năm khảo sát (lần lượt là 79,17% và 79,23%). Kết quả tương quan từ SPSS được thể hiện trong Hình 3.7 (năm 2021) và Hình 3.8 (năm 2022). Trên thực tế, loại sản phẩm nhựa phục vụ nhu cầu con người kết xuất thành dạng sợi vi nhựa nhiều hơn đáng kể so với các dạng vi nhựa khác trong cả hai mùa với $p < 0,05$ và bỏ qua các dạng khác của vi nhựa do vấn đề đa cộng tuyến với các giá trị sig được khoanh màu xanh dương (Hình 3.7 và Hình 3.8). Mức trung bình mật độ của các vi nhựa dạng mảnh trong mùa mưa cao hơn mùa khô một chút. Có một số khác biệt về tỷ lệ hình dạng vi nhựa ở các vị trí lấy mẫu khác nhau. Kết quả phân tích tương quan các biến hình dạng vi nhựa và PCA trong 2 năm 2021 và 2022 được biểu diễn trên Hình 3.9 và Hình 3.10.



a)

b)

Hình 3.6. Tỷ lệ % hình dạng vi nhựa trong năm 2021-2022 tại các vị trí khảo sát

a) Tỷ lệ phân bố hình dạng vi nhựa trong năm 2021; b) Tỷ lệ phân bố hình dạng vi nhựa trong năm 2022

Correlations						
Muajho	MPS_Soi	MPS_Manh	MPS_Hat	MPS_Khac		
Muajho	Pearson Correlation	1	.970	.770	.852	.342
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.001	.165
N		18	18	18	18	18
MPS_Soi	Pearson Correlation	.970	1	.577	.594	.125
	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.000	.620
N		18	18	18	18	18
MPS_Manh	Pearson Correlation	.770	.577	1	.515	.324
	Sig. (2-tailed)	.000	.002		.020	.189
N		18	18	18	18	18
MPS_Hat	Pearson Correlation	.692	.594	.515	1	.392
	Sig. (2-tailed)	.001	.009	.028		.109
N		18	18	18	18	18
MPS_Khac	Pearson Correlation	.342	.125	.324	.392	1
	Sig. (2-tailed)	.165	.620	.189	.109	
N		18	18	18	18	18

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).
* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

a)

Correlations						
Muajho	MuaMua	MPS_Soi	MPS_Manh	MPS_Hat	MPS_Khac	
Muajho	Pearson Correlation	1	.855	.709	.855	.882
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.000
N		18	18	18	18	18
MPS_Soi	Pearson Correlation	.855	1	.757	1.000	.746
	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.000	.000
N		18	18	18	18	18
MPS_Manh	Pearson Correlation	.709	.757	1	.767	.611
	Sig. (2-tailed)	.001	.000		.000	.007
N		18	18	18	18	18
MPS_Hat	Pearson Correlation	.855	1.000	.757	1	.746
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000		.000
N		18	18	18	18	18
MPS_Khac	Pearson Correlation	.882	.746	.611	.746	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.007	.000	
N		18	18	18	18	18

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

b)

Hình 3.7. Kết quả tương quan các hình thái vi nhựa với mùa trong năm 2021

Correlations						
Muajho	MPS_Soi	MPS_Manh	MPS_Hat	MPS_Khac		
Muajho	Pearson Correlation	1	.958	.617	.902	.735
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.001
N		18	18	18	18	18
MPS_Soi	Pearson Correlation	.958	1	.427	.788	.572
	Sig. (2-tailed)	.000		.077	.000	.013
N		18	18	18	18	18
MPS_Manh	Pearson Correlation	.617	.427	1	.615	.693
	Sig. (2-tailed)	.006	.077		.000	.001
N		18	18	18	18	18
MPS_Hat	Pearson Correlation	.902	.788	.615	1	.817
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000		.000
N		18	18	18	18	18
MPS_Khac	Pearson Correlation	.735	.572	.693	.817	1
	Sig. (2-tailed)	.001	.013	.001	.000	
N		18	18	18	18	18

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).
* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

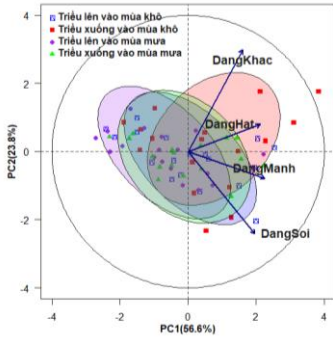
a)

Correlations						
MuaMua	MPS_Soi	MPS_Manh	MPS_Hat	MPS_Khac		
MuaMua	Pearson Correlation	1	.985	.768	.891	.880
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.000
N		18	18	18	18	18
MPS_Soi	Pearson Correlation	.985	1	.790	.827	.563
	Sig. (2-tailed)	.000		.001	.000	.015
N		18	18	18	18	18
MPS_Manh	Pearson Correlation	.768	.790	1	.844	.493
	Sig. (2-tailed)	.000	.001		.000	.038
N		18	18	18	18	18
MPS_Hat	Pearson Correlation	.891	.827	.844	1	.740
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000		.000
N		18	18	18	18	18
MPS_Khac	Pearson Correlation	.880	.563	.493	.740	1
	Sig. (2-tailed)	.002	.015	.038	.000	
N		18	18	18	18	18

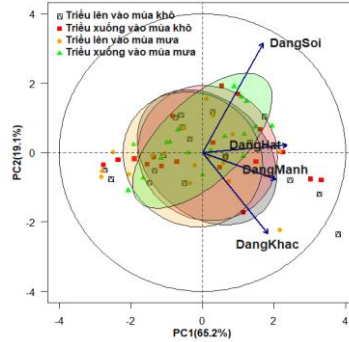
** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).
* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

b)

Hình 3.8. Kết quả tương quan các hình thái vi nhựa với mùa trong năm 2022



Hình 3. 9. Kết quả phân tích PCA đối với hình dạng vi nhựa trong mùa khô năm 2021



Hình 3. 10. Kết quả phân tích PCA đối với hình dạng vi nhựa trong mùa khô năm 2022

Dựa theo kết quả thu được sau khi phân tích PCA bằng ngôn ngữ R đã cho thấy thành phần chính PC1 và PC2 trong cả 2 năm đều thỏa mãn phần trăm giải thích phương sai tập dữ liệu >60-70%. Cụ thể phương trình năm 2021:

$$PC1 = 0,49 \text{ Dạng sợi} + 0,56 \text{ Dạng mảnh} + 0,53 \text{ Dạng hạt}$$

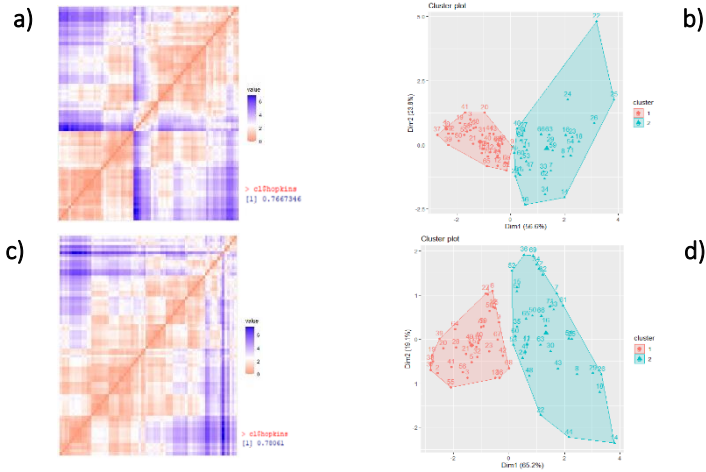
$$PC2 = 0,75 \text{ Dạng khác}$$

Tương tự cho năm 2022 là:

$$PC1 = 0,43 \text{ Dạng sợi} + 0,51 \text{ Dạng mảnh} + 0,46 \text{ Dạng khác}$$

$$PC2 = 0,52 \text{ Dạng hạt}$$

Ngoài ra, sông Đồng Nai và Sài Gòn đều có mật độ vi nhựa dạng sợi trong cả hai mùa cao, năm 2022 cao hơn năm 2021. Nghiên cứu sẽ chỉ định cụm K-Mean căn cứ trên hệ số Hopkins như ở Hình 3.11. Nhóm màu xanh dương và nhóm màu đỏ có sự tương đồng về hình thái vi nhựa, được giải thích bởi PC1 (đạt giá trị thể hiện 56,6% phương sai); cụ thể là: hình thái dạng mảnh (56%), dạng sợi (hệ số xác định là 49%) và dạng hạt (53%). Kết quả này thể hiện rõ trên Hình 3.11b. Tương tự cho năm 2022, kết quả thể hiện rõ trên Hình 3.11d.



Hình 3. 11. Kết quả phân tích K-Mean dựa trên hình thái của vi nhựa

a) Cụm liên kết theo màu (xanh dương và đỏ) trong năm 2021; b) Biểu Cluster Plot năm 2021; c) Cụm liên kết theo màu (xanh dương và đỏ) trong năm 2022; d) Biểu Cluster Plot năm 2022

3.1.3. Màu sắc vi nhựa

Số liệu thống kê về màu sắc vi được trình bày trong Hình 3.12. Kết quả tương quan và diễn biến màu sắc vi nhựa theo thủy triều trong ngày bằng R được thể hiện trong Hình 3.13 và Hình 3.14. Kết quả phân tích cụm các đặc điểm màu sắc vi nhựa theo vị trí lấy mẫu bằng R được thể hiện trong Hình 3.15.

Kết quả thực hiện phép trích năm 2021

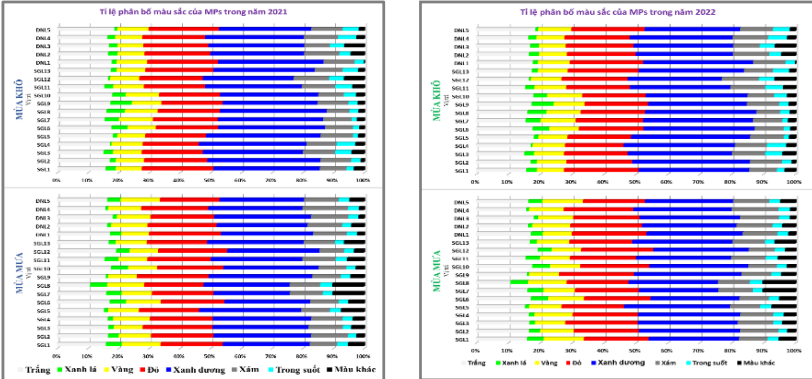
PC1 = 0,42 Trắng + 0,413 Vàng + 0,434 Đỏ + 0,42 Xanh dương + 0,39 Xám

PC2 = 0,68 Xanh lá + 0,42 Trong suốt + 55,3 Màu khác

Kết quả thực hiện phép trích năm 2022

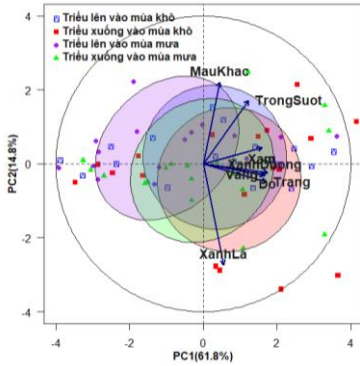
PC1 = 0,40 Trắng + 0,38 Trong suốt

PC2 = 0,71 Xanh lá + 0,13 Vàng + 0,25 Xanh dương + 61,9 Màu khác

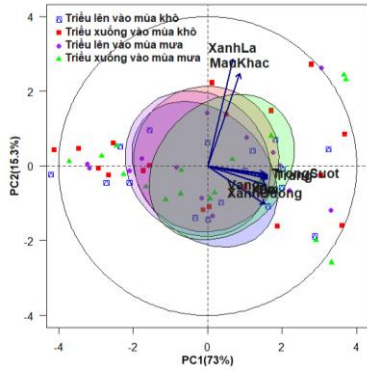


a) **b)**
Hình 3.12. Tỷ lệ % về màu sắc của vi nhựa trong năm 2021-2022 tại các vị trí khảo sát
a) Tỷ lệ phân bố màu sắc vi nhựa trong năm 2021; b) Tỷ lệ phân bố màu sắc vi nhựa trong năm 2022.

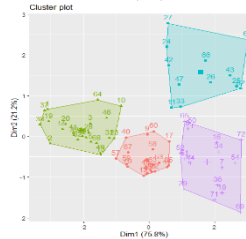
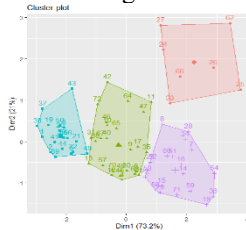
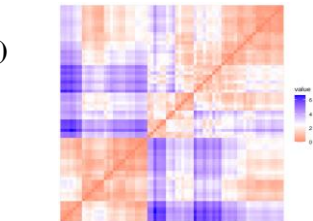
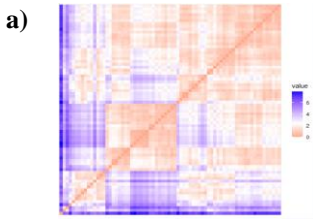
Sông Sài Gòn – Đồng Nai bị ảnh hưởng bởi các vi nhựa có màu sắc trắng, vàng, đỏ, xanh dương, xám trong cả hai mùa. Để khám phá những địa điểm lấy mẫu có đặc điểm màu sắc vi nhựa tương tự nhau, một phân tích cụm được tiến hành dựa trên màu sắc của vi nhựa trung bình trong mùa khô và mùa mưa (Hình 3.13). Các phân loại cụm màu của các địa điểm lấy mẫu cho 2 năm khác nhau được thể hiện trong Hình 3.13a và Hình 3.13c; đặc điểm màu sắc tương đồng phân vào các cụm khác nhau được biểu thị trong Hình 3.13b và Hình 3.13d.



Hình 3. 13. Kết quả phân tích PCA đối với màu sắc vi nhựa trong mùa khô năm 2021



Hình 3. 14. Kết quả phân tích PCA đối với màu sắc vi nhựa trong mùa khô năm 2022

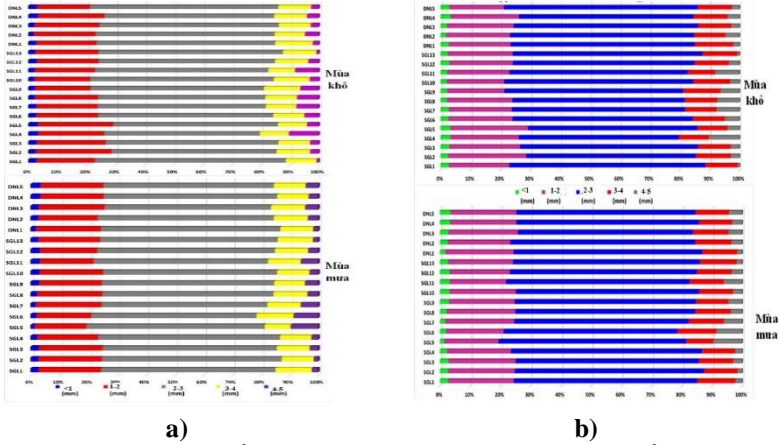


Hình 3. 15. Kết quả phân tích Cluster màu sắc của vi nhựa trong trong 2 năm 2021 - 2022

a) Cụm liên kết theo màu (xanh dương và đỏ) trong năm 2021; b) Biểu đồ cluster plot của 18 vị trí vào năm 2021; c) Cụm liên kết theo màu (xanh dương và đỏ) trong năm 2022; b) Biểu đồ cluster plot của 18 vị trí vào năm 2022

3.1.4. Kích thước vi nhựa

Tỉ lệ % xuất hiện các kích thước vi nhựa theo vị trí lấy mẫu được biểu diễn trong Hình 3.16.

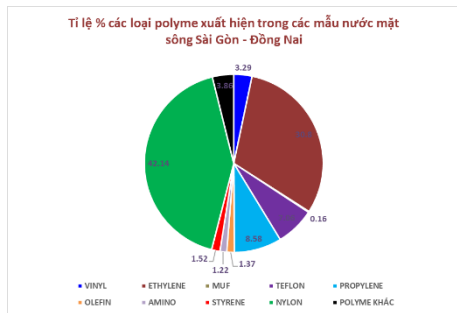


Hình 3. 16. Sự phân bố kích thước của vi nhựa tại các vị trí lấy vào mùa khô và mùa mưa
 a) Năm 2021; b) Năm 2022

Các vi nhựa với kích thước tương đối lớn (4–5 mm, 3–4 mm, 2–3 mm) nhiều hơn vào mùa khô và có xu hướng tăng lên (năm 2022 cao hơn năm 2021).

3.1.5. Các dạng polyme được phát hiện

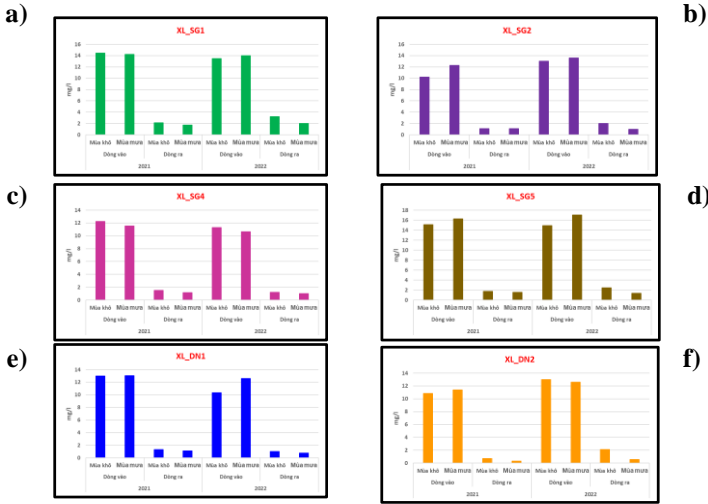
Tổng cộng có 100 mẫu được nghiên cứu để định danh các loại polyme bởi phương pháp FTIR kết hợp phụ kiện ART. Kết quả phát hiện có hơn 60 polymer types. Tỷ lệ các gốc hóa học của chúng được thể hiện trong Hình 3.17.



Hình 3. 17. Tỷ lệ % các loại polyme xuất hiện trong các mẫu nước sông Đồng Nai, sông Sài Gòn

3.2. Vi nhựa trong dòng nước thải của các nhà máy xử lý trên lưu vực sông Sài Gòn – Đồng Nai

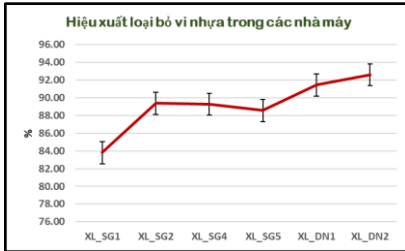
Kết quả nghiên cứu về mật độ vi nhựa trung bình trong dòng thải được thể hiện trong Hình 3.18.



Hình 3. 18. Mật độ về khối lượng vi nhựa trong dòng nước thải trước và sau khi ra khỏi các nhà máy xử lý

a) Nam Bình Dương (Thuân An); b) VSIP 1; c) Ba Bò (Dong An); d) Tham Luong – Ben Cat; e) Di An; f) Ho Chi Minh City High-Tech Park

Hiệu suất loại bỏ vi nhựa khỏi dòng thải trong các NMXLNT được tính toán dựa trên giá trị mật độ của chúng dòng vào và ra. Hiệu quả trung bình được đánh giá đạt 89,1% từ vai trò công nghệ xử lý nước thải tại các nhà máy trong việc loại bỏ vi nhựa khỏi dòng thải (Hình 3.19). Hình



Hình 3. 19. Tỷ lệ phần trăm về hiệu suất trung bình loại bỏ vi nhựa khỏi dòng thải của các nhà máy trong 2 năm quan sát 2021-2022

3.20 mô tả tỉ lệ hiệu suất xử lý các dạng vi nhựa. Hiệu xuất xử lý có

3.3. Kết quả nghiên cứu đề xuất các giải pháp về giảm thiểu vi nhựa

3.3.1. Giải pháp quản lý tổng thể

Tăng cường hoàn thiện, đổi mới cơ chế, chính sách nhằm cụ thể các chủ trương, quan điểm, định hướng của Đảng và nhà nước.

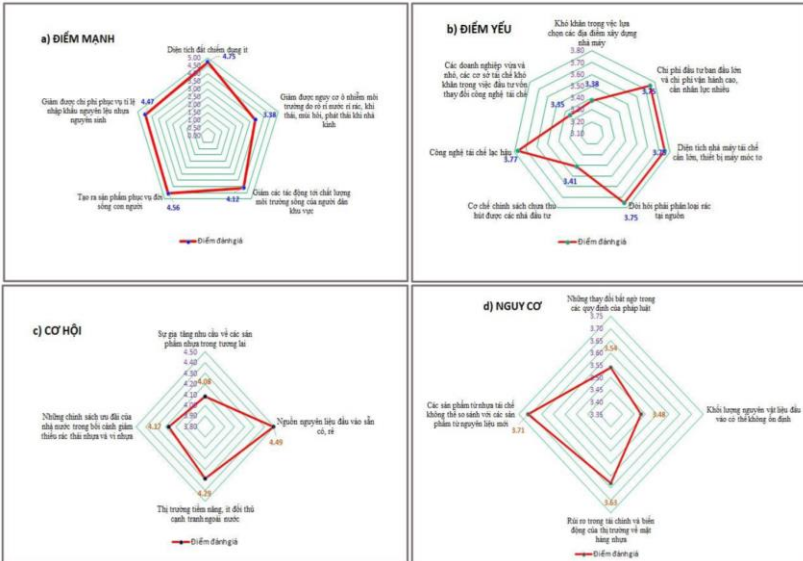
3.3.2. Đề xuất giải pháp giảm thiểu rác thải nhựa, vi nhựa

3.3.2.1. Đề xuất mô hình kinh tế tuần hoàn cho ngành nhựa và các sản phẩm nhựa

Giải pháp kinh tế tuần hoàn cho ngành nhựa (Hình 3.24) với thang điểm thang điểm Likert 5 bậc từ 1 đến 5 ở Hình 3.25.



Hình 3. 24. Giải pháp đề xuất kinh tế tuần hoàn tổng thể cho ngành nhựa nhằm giảm thiểu phát thải rác thải nhựa và vi nhựa vào môi trường



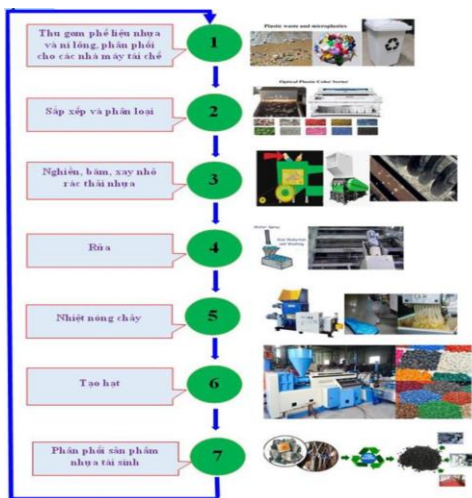
Hình 3. 25. Biểu đồ mạng nhện Radar về đánh giá SWOT trong việc áp dụng giải pháp

(a) Điểm mạnh; (b) Điểm yếu; (c) Cơ hội; (d) Nguy cơ thách thức

3.3.2.2. Đề xuất sơ đồ công nghệ tái chế rác thải nhựa

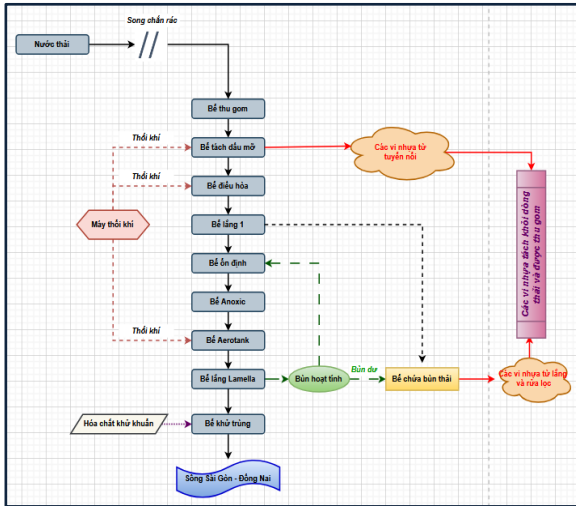
Trên cơ sở các kết quả phân tích hiện trạng rác nhựa và vi nhựa tại TP. HCM và các tỉnh lân cận trên các sông Sài Gòn - Đồng Nai, nghiên cứu đề xuất mô hình tái chế rác thải nhựa. Quy trình gồm 7 bước được thể hiện trong Hình 3.26

3.3.3. Đề xuất giải pháp công nghệ xử lý nước thải nhằm giảm thiểu vi nhựa

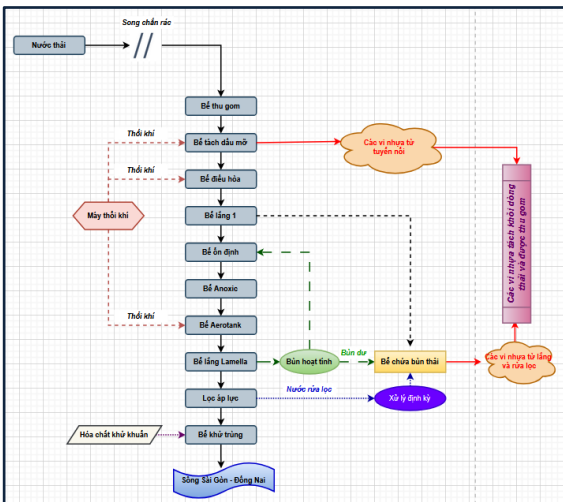


Hình 3.26. Sơ đồ công nghệ tái chế rác thải nhựa

Nghiên cứu đề xuất sơ đồ công nghệ xử lý nước thải cải tiến hơn, tùy chỉnh xây dựng theo công suất yêu cầu, đầu ra đạt QCVN 14:2008/BTNMT đồng thời đạt hiệu quả tối ưu trong việc loại bỏ vi nhựa khỏi dòng thải (Hình 3.26).



a) Khi nước sau xử lý đã đạt QCVN 14:2008/BTNMT chỉ cần khử trùng và đưa vào nguồn tiếp nhận;



b) Khi nước sau xử lý chưa đạt QCVN 14:2008/BTNMT, còn nhiều cặn bẩn (trong đó có cả vi nhựa) cần áp lực trước khi đưa vào nguồn tiếp nhận.

Hình 3. 26. Sơ đồ công nghệ xử lý nước thải được đề xuất giảm thiểu vi nhựa trong dòng thải vào nguồn tiếp nhận (sông Sài Gòn – Đồng Nai)

Sơ đồ công nghệ được đề xuất trong Hình 3.26 phù hợp để xử lý đối với các đối tượng nước thải tập trung trong các khu công nghiệp và nước thải sinh hoạt, đô thị chứa nhiều các vi sinh vật gây bệnh vi khuẩn, vi rút, hay hàm lượng các chất dinh dưỡng như BOD, Nito, Photpho cao, các chất hữu cơ khó phân hủy và vi nhựa.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết luận

Luận án đã tổng quan về rác thải nhựa, vi nhựa, nguồn phát sinh trong môi trường nước sông và nước thải, cùng các phương pháp nghiên cứu vi nhựa theo NOAA và các nghiên cứu trong và ngoài nước. Một quy trình thu mẫu nước mặt và nước thải phù hợp với điều kiện sông Sài Gòn – Đồng Nai và các nhà máy xử lý nước thải đã được xây dựng. Phương pháp phân tích vi nhựa được thực hiện cụ thể, đảm bảo độ chính xác và tin cậy.

Tổng cộng 432 mẫu nước mặt thu tại 18 vị trí trên lưu vực sông Sài Gòn – Đồng Nai vào các thời điểm thủy triều lên, xuống và trong mùa mưa, mùa khô. Kết quả cho thấy tất cả mẫu đều chứa vi nhựa, với mật độ thay đổi theo thủy triều và mùa. Vi nhựa có sự đa dạng lớn về hình dáng, số lượng và chủng loại vào mùa mưa và khi thủy triều lên. Mật độ vi nhựa có mối tương quan lớn với dân số: tại Tây Ninh (1.855 người/km²) có 440.363 – 481.020 vi nhựa/m³, thấp hơn so với TP. Hồ Chí Minh (4.375 người/km²) với 729.502 vi nhựa/m³. Phân tích FTIR xác định hơn 60 loại polymer trong nước sông.

Ngoài ra, 312 mẫu nước thải từ 6 nhà máy xử lý nước thải (NMXLNT) trên lưu vực Sài Gòn – Đồng Nai được thu trong hai mùa. Vi nhựa trong nước thải chủ yếu là dạng sợi, với mật độ từ 228.120×1.000 đến 715.124×1.000 sợi/m³. Hàm lượng vi nhựa cao hơn các nghiên cứu trước đây từ 3 – 5 lần. Dù các NMXLNT chưa được thiết kế để xử lý vi nhựa, công nghệ hiện tại đạt hiệu suất loại bỏ 85,4% – 93,7%, đặc biệt hiệu quả với vi nhựa kích thước 1mm – 5mm. Có 31 loại vi nhựa được xác định, trong đó AMIDE (Nylon-PA) chiếm 36,9% và Ethylene chiếm 34,08%.

Dựa trên kết quả nghiên cứu, Luận án đề xuất các giải pháp giảm thiểu vi nhựa trong nước sông Sài Gòn – Đồng Nai, đánh giá tính khả thi bằng phương pháp SWOT theo thang điểm Likert 5 bậc. Các giải pháp có cơ sở khoa học, tính khả thi cao và phù hợp với thực tế.

Kiến nghị

Công trình trên cần được mở rộng định hướng nghiên cứu tiếp theo về phạm vi kích thước quan sát (vi nhựa nhỏ hơn 1mm), để phát hiện được nhiều loại vi nhựa đại diện khác trong các môi trường mẫu, đặc biệt trong nguồn nước cấp.

Cho đến hiện nay, Việt Nam chưa có Quy chuẩn giới hạn kỹ thuật nào về vi nhựa của các nhà máy xử lý xả thải vào nguồn tiếp nhận nước thải hoặc nguồn cung cấp nước cho các nhà máy xử lý nước cấp. Vì vậy, cần phải có các nghiên cứu xây dựng Tiêu chuẩn, Quy chuẩn cụ thể vi nhựa trong môi trường nước, đặc biệt là nước cấp cho ăn uống và sinh hoạt.

DANH MỤC CÔNG TRÌNH CỦA TÁC GIẢ

1. Phú, H., **Hân, H. T. N.**, Thảo, N. L. N., Đông, Đ. V., & Hân, T. G. (2021). *Nghiên cứu mức độ ô nhiễm vi nhựa trong nước và trầm tích sông Sài Gòn–Đồng Nai*. Tạp chí Khí tượng Thủy văn, 731, 69-81.
2. Phu, H., **Hân, H. T. N.**, & Thao, N. L. N. (2022). *Plastic waste, microplastics in the Saigon–Dong Nai river basin, the risk of impacts on the health of people*. VN J. Hydrometeorol, 736(1), 14-27.
3. Phu, H., **Hân, H. T. N.**, Thao, N. L. N., & Ha, T. T. M. (2022). *Microplastics and solutions to remove microplastics in wastewater from wastewater treatment plants in the Saigon–Dong Nai river basin, Vietnam*. Vietnam J. Hydrometeorol, 12(13), 1-13.
4. Phu, H., **Hân, H. T. N.**, & Thao, N. L. N. (2023, August). *Sources of microplastic pollution in the Saigon-Dong Nai rivers, potential risks affecting human health and recommendations for mitigation solutions*. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 1226, No. 1, p. 012017). IOP Publishing.
5. Phu, H., **Hân, H. T. N.**, Thao, N. L. N., & Ha, T. T. M. (2022). *Overview of theoretical perspectives on methods of analyzing micro-sized plastics continental surface water*. Technology and Society Studies (STS) 2022 – HUTECH. Page 131 – 137. ISBN: 978-604-76-2568-0.
6. **Hân, H. T. N.**, Phu, H., Hue, N. T., (2023). *Research to identify types of microplastics, their shapes, and trends over space and time, and to propose solutions to reduce microplastic pollution from plastic waste in the surface water of the Saigon – Dong Nai River, Vietnam*. The International Conference: Earth and Environmental Sciences, Mining for Digital Transformation, Green Development and Response to Global Change (Green EME 2023). Page 132 – 145. ISBN: 978-604-67-2826-9.
7. Phú, H., **Hân, H. T. N.**, Huệ, N. T., & Khang, V. H., (2023). *Ứng dụng thuật toán trên nền tảng ngôn ngữ R để nghiên cứu vi nhựa trong nước mặt lục địa, sông Sài Gòn và sông Đồng Nai*. Tạp chí Khí tượng Thủy văn, 759, 46-63.
8. Phú, H., & **Hân, H. T. N.**, (2024). *Đánh giá rác thải nhựa, vi nhựa trong nước thải từ cộng đồng dân cư xả thải vào các sông Sài Gòn - Đồng Nai, đề xuất giải pháp xử lý đảm bảo mục tiêu phát triển bền vững*. Tạp chí Khí tượng Thủy văn, 753, 37-49.
9. Phu, H., **Hân, H. T. N.**, & Hue, N. T. (2024, August). *Developing a circular economy from plastic waste and identifying microplastics in domestic water supplies in Ho Chi Minh City and the Southeastern provinces*. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 1391, No. 1, p. 012011). IOP Publishing.
10. Phu, H., **Hân, H. T. N.**, & Nu, T. N., (2024). *Analytical methods used in microplastics identification: A review*. VN J. Hydrometeorol 19, 12-22.
11. Phu, H., Khang, V. H., & **Hân, H. T. N.**, (2024). *Applying information technology in analyzing and processing environmental data, evaluating the trend of changing the shape of microplastics in the water source of Saigon - Dong Nai River*. The Conference HUTECH 2024. Page 380-390, ISBN: 978-604-76-2945-9.
12. **Hân, H. T. N.**, (2024). *Thực trạng về chất thải rắn sinh hoạt và tiềm năng phát triển kinh tế tuần hoàn từ rác thải nhựa cho Thành phố Hồ Chí Minh*. Tạp chí Môi trường Kỳ III – 2024, trang 3-11, ISSN: 2615-9597.