

Khảo sát chất lượng môi trường trong các xưởng làng nghề tái chế nhựa: Nghiên cứu điển hình tại làng Phan Bôi, tỉnh Hưng Yên

Investigation of environmental quality in plastic recycling workshops: Case study in Phan Bôi village, Hung Yen province

> TS ĐỖ HỒNG ANH, TS NGUYỄN PHƯƠNG THẢO, PGS.TS ĐẶNG THỊ THANH HUYỀN*

Khoa Kỹ thuật Môi trường, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

*Email: huyendtt@huce.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu này đánh giá hiện trạng phát sinh chất thải và rủi ro môi trường tại một cơ sở tái chế nhựa điển hình ở làng Phan Bôi, tỉnh Hưng Yên. Kết quả cho thấy nhiều thông số nước thải (COD, BOD₅, TSS, Coliform) vượt quy chuẩn, phản ánh tải lượng ô nhiễm hữu cơ cao và nguy cơ đối với nguồn tiếp nhận. Môi trường lao động ghi nhận sự hiện diện của bụi mịn, khí thải và nhiệt độ cao, tiềm ẩn tác động bất lợi đến sức khỏe người lao động, vấn đề bảo hộ lao động và nhận thức về an toàn lao động còn hạn chế. Nghiên cứu đề xuất các giải pháp trọng tâm gồm đầu tư hệ thống xử lý nước thải đạt chuẩn, tăng cường bảo hộ và đào tạo an toàn lao động, kiểm soát bụi - khí thải, bố trí dải cây xanh cách ly. Nghiên cứu cung cấp cơ sở khoa học cho các giải pháp quản lý môi trường, góp phần nâng cao chất lượng môi trường và phát triển bền vững các làng nghề tái chế nhựa tại Việt Nam.

Từ khóa: Tái chế nhựa; làng nghề; môi trường; an toàn lao động; sức khỏe môi trường.

ABSTRACT

This study assesses the current state of waste generation and environmental risks at a typical plastic recycling facility in Phan Bôi village, Hung Yen province. The results show that many wastewater parameters (COD, BOD₅, TSS, Coliform) exceed standards, reflecting high organic pollution loads and risks to the receiving water body. The working environment exhibits the presence of fine dust, exhaust fumes, and high temperatures, potentially causing adverse impacts on workers' health. Occupational safety and health awareness remain limited. The study proposes key solutions including investing in a standard wastewater treatment system, strengthening occupational safety and health training, controlling dust and exhaust fumes, and establishing green buffer zones. The research provides a scientific basis for environmental management solutions, contributing to improved environmental quality and sustainable development of plastic recycling villages in Vietnam.

Keywords: Plastic recycling; craft villages; environment; workplace safety; health and environment.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Các vật liệu có khả năng tái sử dụng hoặc tái chế chiếm khoảng 15-20% tổng lượng chất thải rắn tại Việt Nam, hoạt động tái chế chủ yếu tập trung tại các làng nghề, với các vật liệu phổ biến như kim loại, giấy và nhựa [1]. Các chất ô nhiễm từ hoạt động tái chế nhựa chủ yếu phát sinh trong công đoạn rửa và tạo hạt, gây tác động tiêu cực đến chất lượng nước và không khí. Nồng độ chất hữu cơ bay hơi (VOC) cao quanh các nhà máy chế biến nhựa có liên quan đến tỷ lệ cao các triệu chứng về da niêm mạc và hô hấp ở cư dân lân cận [3], [4]. Các hợp chất gây mùi như 2,4-dimethyl-heptane, 4-methyl-octane và octamethylcyclotetrasiloxane được xác định có liên hệ chặt chẽ với phát thải từ nhựa tái chế [5]. Vi nhựa thứ cấp có thể phát tán

vào không khí dưới dạng các hạt nhỏ (<10 µm), tiềm ẩn nguy cơ đối với sức khỏe con người và góp phần làm gia tăng phát thải các hợp chất hữu cơ dễ bay hơi không chứa methane [6]. Trong giai đoạn 2012-2015, có 47 làng nghề trên cả nước bị ô nhiễm môi trường nghiêm trọng, trong đó 08 làng nghề thuộc lĩnh vực tái chế phế liệu (17%) [1]. Hưng Yên là một trong những địa phương tiêu biểu với mật độ làng nghề tái chế cao, hiện có 59 làng nghề tái chế, trong đó 54 làng đang hoạt động, mỗi làng có từ 400-700 hộ sản xuất [7].

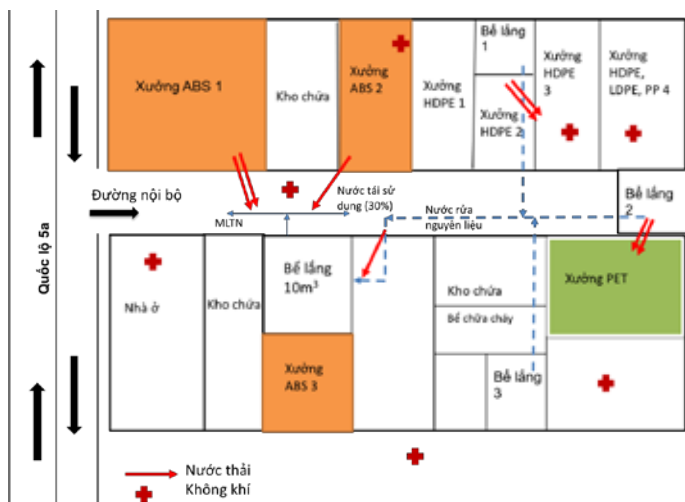
Mặc dù đã có các nghiên cứu về ô nhiễm tại làng nghề tái chế ở Việt Nam, phần lớn tập trung vào mô tả hiện trạng hoặc đánh giá từng thành phần môi trường riêng lẻ. Các nghiên cứu tích hợp đồng thời nước thải, chất lượng không khí và điều kiện lao

động ở cấp cơ sở sản xuất còn hạn chế. Mối liên kết giữa đánh giá rủi ro môi trường và đề xuất các giải pháp quản lý khả thi cho mô hình sản xuất quy mô nhỏ vẫn chưa được làm rõ. Khoảng trống này làm hạn chế cơ sở khoa học phục vụ hoạch định chính sách và cải thiện hiệu quả quản lý môi trường tại các làng nghề. Trên cơ sở đó, nghiên cứu này nhằm đánh giá hiện trạng phát sinh chất thải và các rủi ro môi trường tại một cơ sở tái chế nhựa điển hình ở làng Phan Bôi, tỉnh Hưng Yên, thông qua phương pháp tiếp cận tổng hợp kết hợp điều tra xã hội học và quan trắc môi trường. Điểm đóng góp chính của nghiên cứu là: (i) cung cấp dữ liệu thực địa về chất lượng nước thải, không khí và môi trường lao động; (ii) nhận diện các nguồn rủi ro môi trường trọng yếu trong mô hình tái chế làng nghề; (iii) đề xuất các giải pháp quản lý và kỹ thuật theo hướng khả thi, phù hợp với điều kiện sản xuất quy mô nhỏ. Kết quả nghiên cứu góp phần bổ sung bằng chứng khoa học cho việc thúc đẩy phát triển bền vững ngành tái chế nhựa tại Việt Nam, cung cấp bằng chứng thực nghiệm làm cơ sở khoa học cho việc xây dựng các chiến lược quản lý môi trường đối với các hệ thống tái chế quy mô nhỏ tại các khu vực đang công nghiệp hóa nhanh.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Khảo sát và phỏng vấn: dữ liệu được thu thập thông qua phỏng vấn bằng bảng hỏi đối với 02 cán bộ quản lý, 19 công nhân và 20 cư dân lân cận nhằm xác định quy trình sản xuất, điều kiện lao động và các nguồn phát thải chính.

Quan trắc chất lượng môi trường: 8 mẫu nước thải (BOD5, COD, TSS, Coliform, so sánh với QCVN 40:2025/BTNMT); 07 mẫu không khí (bụi, độ ồn, NO2, SO2, đối chiếu với QCVN 26/2016/BYT, tiêu chuẩn của Tổ chức Y tế thế giới, WHO và Liên minh châu Âu, EU) được thể hiện trong Hình 1. Quy trình lấy mẫu, bảo quản và phân tích mẫu được thực hiện theo tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành.



Hình 1. Vị trí lấy mẫu

Đánh giá mức độ rủi ro của các nguy cơ: thực hiện phân tích trọng số rủi ro, mỗi nguy cơ được đánh giá dựa trên khả năng xảy ra và tác động mà nó mang đến đối với công nhân làm việc trong cơ sở tái chế, sử dụng ma trận đánh giá rủi ro 5 mức được thể hiện ở Bảng 1 [8]. Công thức (1) lượng hóa nguy cơ của rủi ro:

$$RS = C \times E \times P \quad (1)$$

Trong đó: RS: trọng số rủi ro

C: các rủi ro có thể xảy ra trong hoạt động của cơ sở

E: tần suất xảy ra rủi ro

P: xác suất xảy ra rủi ro

Bảng 1. Ma trận đánh giá rủi ro

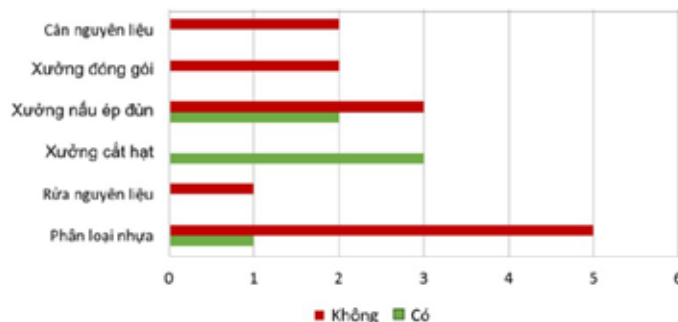
Mức độ tác động của rủi ro	Trọng số rủi ro	Giải pháp
Cực kỳ nghiêm trọng	> 500	Hoạt động cần phải dừng ngay
Nguy cơ cao	300 - 499	Hoạt động cần phê duyệt
Đáng kể	100 - 299	Hoạt động chỉ nên duy trì khi không có phương án thay thế
Trung bình	50 - 99	Hoạt động phải được xem xét dựa trên quy chuẩn hiện hành
Thấp	10 - 49	Hoạt động quản lý theo quy trình thông thường

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Điều kiện làm việc

3.1.1. Sử dụng phương tiện bảo vệ cá nhân (PPE)

Kết quả khảo sát (Hình 2) cho thấy tỷ lệ sử dụng phương tiện bảo vệ cá nhân tại cơ sở còn thấp, 31,6% người lao động sử dụng thường xuyên, trong khi dưới 10% sử dụng không thường xuyên. Thực trạng này phổ biến tại các cơ sở tái chế quy mô nhỏ ở các quốc gia đang phát triển, điều kiện vi khí hậu nóng ẩm và hạn chế về quản lý an toàn thường làm giảm mức độ sử dụng PPE, thậm chí ngay cả những nhà máy sản xuất quy mô lớn tỷ lệ số người sử dụng PPE rất thấp, số liệu của Baye, 2022 tỷ lệ này chiếm 34,5% [9]. Trong số các vật dụng PPE, khẩu trang được ưu tiên nhiều nhất (52,6%), cho thấy mối lo ngại về bụi và khí thải, trong khi đó tại công đoạn nấu chảy/đùn nhựa - khu vực có nguy cơ phơi nhiễm khí độc và nhiệt cao thì tỷ lệ sử dụng PPE lại ít hơn, chưa tương xứng trong nhận diện rủi ro giữa các vị trí việc làm. Việc sử dụng PPE thường không đồng đều và phụ thuộc vào kinh nghiệm cá nhân hơn là quy định bắt buộc, nghiên cứu của Khanal, 2021 cho thấy 60% số người được khảo sát sử dụng cả găng tay và khẩu trang tại nơi làm việc, 5% số người được hỏi chỉ sử dụng găng tay khi làm việc [10]. Nhìn chung, mức độ sử dụng đồ bảo hộ lao động còn hạn chế cho thấy nhu cầu cấp thiết phải chuẩn hóa quy định bảo hộ và tăng cường giám sát nhằm giảm thiểu rủi ro sức khỏe nghề nghiệp.



Hình 2. Sử dụng đồ bảo hộ lao động (PPE)

3.1.2. Đào tạo và quản lý an toàn - sức khỏe nghề nghiệp

Phần lớn người lao động được hướng dẫn công việc thông qua quản lý hoặc đồng nghiệp, song các hoạt động đào tạo đều mang tính không chính thức và chưa có sự tham gia của các chương trình huấn luyện chuyên môn. Việc thiếu chính sách an toàn - sức khỏe nghề nghiệp (HSE) cho thấy công tác quản lý vẫn mang tính phản ứng hơn là phòng ngừa. Sau bước nhận diện, đánh giá rủi ro được thực hiện cho từng mối nguy; các mối nguy chính tại cơ sở tái chế nhựa được tổng hợp trong Bảng 2.

Bảng 2. Đánh giá rủi ro các mối nguy tại cơ sở tái chế nhựa

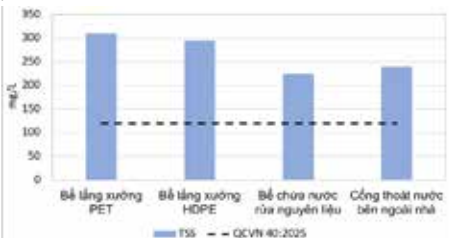
Mối nguy	Hậu quả	Mức độ phơi nhiễm	Xác suất xảy ra	Điểm
Tiếng ồn	Nghiêm trọng; có thể gây khuyết tật vĩnh viễn (15)	Liên tục (10)	Có khả năng xảy ra nhưng hiếm gặp (1)	150
Làm việc với máy móc, thiết bị cơ khí	Nghiêm trọng; có thể gây khuyết tật vĩnh viễn (15)	Liên tục (10)	Có thể xảy ra trong những tình huống bất thường (3)	450
Trượt, vấp ngã	Nhẹ; gây trầy xước, bầm tím hoặc bong nhẹ (1)	Liên tục (10)	Khá dễ xảy ra/không phải hiếm (6)	60
Khói, hơi và bụi	Nghiêm trọng; có thể gây khuyết tật vĩnh viễn (15)	Liên tục (10)	Có thể xảy ra trong những tình huống bất thường (3)	450
Phơi nhiễm với vật liệu nguy hại - sinh học	Trung bình; có thể gây thương tật nghiêm trọng nhưng không vĩnh viễn (5)	Thường xuyên (một lần mỗi ngày) (6)	Có thể xảy ra trong những tình huống bất thường (3)	90
Mang vác thủ công	Trung bình; có thể gây thương tật nghiêm trọng nhưng không vĩnh viễn (5)	Thường xuyên (một lần mỗi ngày) (6)	Có thể xảy ra trong những tình huống bất thường (3)	90
Cháy nổ	Thảm họa; có thể gây tử vong (50)	Hiếm khi (1 lần trong 2-4 năm) (1)	Khá dễ xảy ra/không phải hiếm (6)	300
Nhiệt độ khắc nghiệt	Trung bình; có thể gây thương tật nghiêm trọng nhưng không vĩnh viễn (5)	Liên tục hoặc nhiều lần trong ngày (10)	Có thể xảy ra trong những tình huống bất thường (3)	150
Chuyển động lặp lại và tư thế làm việc bất lợi	Nhẹ; gây trầy xước, bầm tím hoặc bong nhẹ (1)	Liên tục hoặc nhiều lần trong ngày (10)	Khá dễ xảy ra/không phải hiếm (6)	60

Phần lớn các mối nguy được xác định có điểm rủi ro ở mức tương đối cao, phản ánh sự chưa tương xứng giữa mức độ nguy hiểm và hiệu quả của các biện pháp kiểm soát hiện hành. Hệ thống quản lý an toàn tại cơ sở vẫn còn hạn chế và cần được cải thiện nhằm giảm thiểu các tác động bất lợi đến sức khỏe người lao động cũng như ngăn ngừa sự cố môi trường. Một số mối nguy cần được ưu tiên kiểm soát: (1) hoạt động vận hành máy móc tiềm ẩn nguy cơ chấn thương nghiêm trọng, nhiều thiết bị đã xuống cấp và chưa được trang bị đầy đủ các cơ chế bảo vệ an toàn; (2) phơi nhiễm khói, hơi và bụi được xác định là mối quan ngại đáng kể khi nồng độ PM_{10} và $PM_{2.5}$ ghi nhận tại xưởng HDPE 2 ở mức cao; (3) nguy cơ cháy nổ cũng được đánh giá ở mức cao. Tiếng ồn và nhiệt độ môi trường làm việc được xác định là các yếu tố rủi ro đáng kể, mức ồn tiệm cận hoặc vượt giới hạn cho phép, nhiệt độ vượt ngưỡng khuyến nghị đối với cường độ lao động tương ứng. Việc triển khai các biện pháp kiểm soát đồng bộ là cần thiết nhằm hạn chế khả năng xảy ra tai nạn và giảm thiểu các tác động lâu dài đến sức khỏe nghề nghiệp.

3.2. Chất lượng nước thải

3.2.1. Chất rắn lơ lửng (TSS)

Hình 3 cho thấy nồng độ chất rắn lơ lửng (TSS) trung bình tại cơ sở đạt 268,25 mg/L, cao hơn hơn hai lần so với giới hạn khuyến nghị 120 mg/L. Giá trị này phản ánh tải lượng chất rắn lơ lửng đáng kể phát sinh từ hoạt động rửa và sơ chế nguyên liệu nhựa tái chế. Với đặc thù quy trình tái chế, TSS nhiều khả năng chứa các hạt vi nhựa phát sinh từ quá trình sản xuất. Các hạt lơ lửng kích thước nhỏ tương tự vi nhựa xuất hiện phổ biến trong môi trường và có thể gây suy giảm chức năng hệ sinh thái thủy sinh cũng như tiềm ẩn rủi ro đối với sức khỏe con người [11]. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu tại làng nghề Minh Khai (Hưng Yên), nơi vi nhựa được phát hiện với hàm lượng đáng kể trong nước và trầm tích, cho thấy tái chế nhựa là nguồn phát thải quan trọng vào môi trường [12].



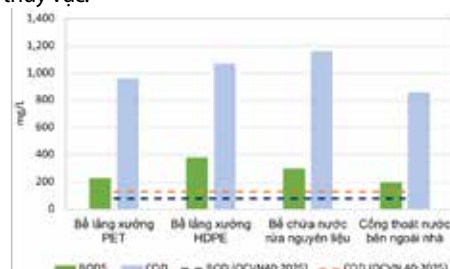
Hình 3. Cận lơ lửng, TSS

3.2.2. BOD₅ và COD

Hình 4 cho thấy nồng độ COD trung bình đạt 1.005 mg/L, cao hơn gấp 10 lần quy chuẩn (130 mg/L), trong khi BOD₅ đạt 273,6 mg/L, vượt

hơn 3 lần so với giới hạn 80 mg/L, tải lượng hữu cơ cao, chủ yếu phát sinh từ công đoạn rửa nguyên liệu chứa dư lượng thực phẩm và chất lỏng trong bao bì nhựa. Nước thải hiện chỉ được xử lý lắng sơ bộ, do đó việc đầu tư công nghệ xử lý sinh học phù hợp, như hệ phản ứng sinh học theo mẻ với vật liệu lọc hạt (SBBGR), có thể cải thiện đáng kể hiệu quả xử lý và giúp nước thải đạt quy chuẩn [13]. Nồng độ COD và BOD₅ thấp nhất được ghi nhận tại cống thoát nước ngoài cơ sở, nhiều khả năng do sự pha loãng với nước thải sinh hoạt.

Số liệu của Sở Nông nghiệp và Môi trường tỉnh Hưng Yên giai đoạn 2016-2020 cho thấy hàm lượng BOD₅ tại phần lớn ao, hồ ở làng nghề Phan Bội vượt giới hạn cho phép theo QCVN 08-MT:2023/BTNMT. Việc tiếp nhận liên tục các nguồn thải ô nhiễm từ các cơ sở tái chế nhựa xen kẽ khu dân cư và các cơ sở dệt may trong khu vực đồng bằng là nguyên nhân chính gây suy giảm chất lượng nước và làm biến đổi các đặc tính lý hóa của thủy vực.

Hình 4. BOD₅ và COD

3.2.3. Coliform

Giá trị trung bình đạt $2,19 \times 10^6$ CFU/100 mL, vượt xa ngưỡng cho phép theo QCVN 40:2025, thể hiện tại Hình 5. Đặc biệt, mẫu thu tại cống thoát nước đô thị ghi nhận nồng độ trung bình $6,8 \times 10^6$ CFU/100 mL cao gấp khoảng 1.360 lần giới hạn cho phép. Coliform cao phản ánh nguy gia tăng khả năng phát sinh các bệnh truyền qua đường nước, đe dọa sức khỏe cộng đồng, việc kiểm soát ô nhiễm vi sinh cần được xem là ưu tiên trong quản lý nước thải tại cơ sở.

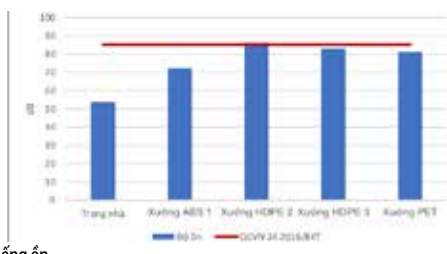


Hình 5. Coliform

3.3. Kết quả đánh giá về không khí

3.3.1. Tiếng ồn

Hình 6 cho thấy mức tiếng ồn tại khu nhà ở trong khuôn viên cơ sở đạt 53,7 dB, nằm trong giới hạn của tất cả các tiêu chuẩn áp dụng, cho thấy mức độ ảnh hưởng đến môi trường sinh hoạt là không đáng kể. Tại các khu vực sản xuất, xưởng ABS 1 ghi nhận mức 72,4 dB, đáp ứng quy chuẩn Việt Nam, nhưng tiệm cận ngưỡng khuyến nghị của WHO (75 dB), do đó có thể có nguy cơ phơi nhiễm khi làm việc kéo dài. Tại Xưởng HDPE 2, mức tiếng ồn đạt 86,6 dB là điểm nóng về tiếng ồn, vượt toàn bộ các tiêu chuẩn so sánh, phản ánh cường độ hoạt động cơ học lớn và khả năng thiếu các biện pháp giảm âm hiệu quả. Mức ồn tại HDPE 3 (82,9 dB) và PET (81,1 dB) tuy chưa vượt ngưỡng của Việt Nam, nhưng đã cao hơn các khuyến nghị của WHO, cho thấy rủi ro tích lũy đối với thính lực và sức khỏe nghề nghiệp. Xu hướng này tương đồng với nghiên cứu của Corlan et al., 2022 trong các cơ sở chế biến gỗ, tiếng ồn trung bình thường nằm dưới quy chuẩn nhưng cục bộ vẫn tiệm cận hoặc vượt giới hạn tại các công đoạn đặc thù [14]. Việc nhiều vị trí đạt mức ồn gần ngưỡng cho phép cho thấy dự địa an toàn hạn chế, cần ưu tiên các biện pháp kiểm soát kỹ thuật như bao che thiết bị, bảo trì máy móc và trang bị bảo vệ thính giác nhằm giảm thiểu tác động lâu dài đến người lao động.

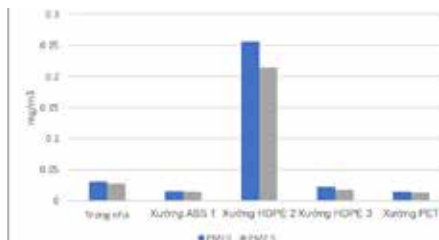


Hình 6. Tiếng ồn

3.3.2. PM₁₀ và PM_{2.5}

Hình 7 cho thấy PM₁₀ tại khu nhà ở, Xưởng ABS 1, Xưởng HDPE 3 và Xưởng PET lần lượt là 31 µg/m³, 16 µg/m³, 23 µg/m³ và 15 µg/m³, đều thấp hơn ngưỡng nghiêm ngặt 50 µg/m³ theo tiêu chuẩn của WHO. Giá trị này cũng thấp hơn nhiều so với kết quả nghiên cứu của Guan và cs, nồng độ bụi PM₁₀ tại xưởng tái chế nhựa là 0,624mg/m³ [15]. Xưởng HDPE 2 ghi nhận PM₁₀ lên tới 256 µg/m³, vượt toàn bộ các tiêu chuẩn so sánh. Giá trị này phản ánh mức phát sinh bụi lớn, nhiều khả năng liên quan đến các công đoạn nghiền, gia công cơ học và lưu trữ vật liệu. Đối với môi trường ngoài trời, nồng độ PM₁₀ tại sân xưởng đạt 55,2 µg/m³, vượt ngưỡng 50 µg/m³ của WHO, song vẫn nằm trong giới hạn theo quy chuẩn Việt Nam.

PM_{2.5} tại khu nhà ở trong khuôn viên cơ sở đạt 28 µg/m³, đáp ứng quy chuẩn của Việt Nam (65 µg/m³) nhưng vượt ngưỡng của WHO (25 µg/m³), cho thấy nguy cơ phơi nhiễm bụi mịn vẫn cần được lưu ý. Tại Xưởng ABS 1, Xưởng HDPE 3 và Xưởng PET, nồng độ PM_{2.5} lần lượt là 15 µg/m³, 18 µg/m³ và 13 µg/m³, đều nằm trong giới hạn cho phép của các tiêu chuẩn so sánh, phản ánh mức độ phát sinh bụi mịn tương đối thấp. Ngược lại, Xưởng HDPE 2 ghi nhận nồng độ PM_{2.5} lên tới 214 µg/m³, vượt toàn bộ các quy chuẩn áp dụng và cao hơn 3,29 lần so với giới hạn của Việt Nam, giá trị này thấp hơn nhiều so với nghiên cứu của Guan tại xưởng tái chế rác thải nhựa (PM_{2.5} đạt 417 µg/m³) [15]. Điều đó cho thấy nguồn phát thải bụi mịn đáng kể, nguy cơ gia tăng rủi ro đối với hệ hô hấp của người lao động. Tại sân xưởng, PM_{2.5} đạt 52,8 µg/m³, đạt quy chuẩn Việt Nam nhưng vượt hầu hết các tiêu chuẩn quốc tế, tương tự như thể đối với khu vực sân dân cư. PM₁₀ và PM_{2.5} là thông số ô nhiễm cần ưu tiên kiểm soát, đặc biệt tại Xưởng HDPE 2 tiềm ẩn rủi ro cao đối với sức khỏe và môi trường. Việc tăng cường kiểm soát phát thải tại nguồn kết hợp quan trắc định kỳ là cần thiết nhằm giảm thiểu phơi nhiễm và hạn chế lan truyền bụi mịn ra khu vực lân cận.



Hình 7. Bụi PM₁₀ và PM_{2.5}

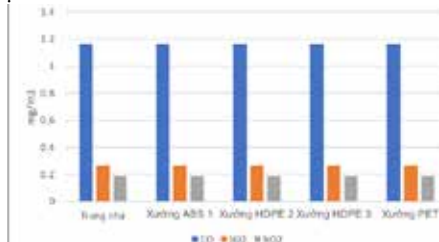
3.3.3. Nhóm khí ô nhiễm

Nitơ dioxit (NO₂)

Nồng độ NO₂ (Hình 8) ghi nhận tại tất cả các vị trí trong cơ sở tái chế đều dưới 0,19 mg/m³; giá trị này được sử dụng để so sánh nhằm đảm bảo tính thận trọng trong đánh giá, cao hơn nhiều so với chất lượng không khí xung quanh khu vực xử lý rác thải quy mô nhỏ (NO₂ = 0,043 mg/m³) [16]. Tại khu nhà ở và các xưởng sản xuất nồng độ NO₂ thấp hơn đáng kể so với quy chuẩn không khí trong nhà của Việt Nam (10 mg/m³) và đáp ứng giới hạn 0,2 mg/m³ của WHO. Ở môi trường ngoài trời, nồng độ NO₂ tại sân nhà máy và khu dân cư lần lượt đạt 0,023 mg/m³ và 0,02 mg/m³, đều nằm trong giới hạn của các tiêu chuẩn quốc tế. Tổng thể, NO₂ chưa được xác định là tác nhân ô nhiễm nổi trội. Tuy nhiên, việc các giá trị trong nhà tiệm cận một số chuẩn quốc tế cho thấy cần duy trì quan trắc định kỳ và xem xét yếu tố này trong các chiến lược kiểm soát phát thải nhằm phòng ngừa rủi ro tiềm ẩn.

Lưu huỳnh dioxit (SO₂)

Ở môi trường trong phân xưởng, nồng độ SO₂ (Hình 8) tại tất cả các vị trí đều dưới 0,27 mg/m³, thấp hơn đáng kể so với quy chuẩn của Việt Nam (10 mg/m³). Tuy nhiên, các giá trị này vượt giới hạn của EU (0,125 mg/m³), WHO (0,02 mg/m³), cho thấy nguy cơ tiềm ẩn đối với chất lượng môi trường không khí và cần được đánh giá chi tiết hơn. Ở môi trường ngoài trời, nồng độ SO₂ tại sân nhà máy và khu dân cư lần lượt đạt 0,062 mg/m³ và 0,057 mg/m³. Môi trường không khí tại cơ sở tái chế tính theo chỉ tiêu SO₂ có chất lượng thấp hơn so với môi trường không khí xung quanh khu vực xử lý chất thải sinh hoạt trong nghiên cứu của Jatau và cs năm 2015 [16]. Xét theo chỉ tiêu SO₂, các mức này đáp ứng quy chuẩn của Việt Nam (0,35 mg/m³) và EU, nhưng vẫn vượt các ngưỡng nghiêm ngặt của WHO. Vai trò của SO₂ như một tác nhân ô nhiễm chưa thể khẳng định dứt khoát, tuy nhiên việc vượt ngưỡng khuyến nghị của WHO trên phạm vi toàn khu vực cho thấy cần tăng cường quan trắc với độ chính xác cao hơn và tích hợp kiểm soát SO₂ trong các chiến lược giảm thiểu phát thải nhằm phòng ngừa rủi ro dài hạn.



Hình 8. Các khí ô nhiễm

Carbon monoxit (CO)

Nồng độ CO (Hình 8) ghi nhận tại tất cả các vị trí quan trắc và đều ở mức <1,16 mg/m³; giá trị này được sử dụng nhằm đảm bảo cách tiếp cận thận trọng trong đánh giá. Tại tất cả các vị trí quan trắc bên trong nhà ở và các xưởng sản xuất nồng độ đo được xấp xỉ mức này, thấp hơn đáng kể so với quy chuẩn QCVN 03:2019/BYT (40 mg/m³), thấp hơn so với giới hạn của WHO (4 mg/m³) và EU (23 mg/m³). Nguy cơ tiềm ẩn liên quan tới tác động của khí CO trong môi trường làm việc của cơ sở là không đáng kể. Kết quả này thấp hơn so với nghiên cứu của Pekdogan và cs, 2024 khi đánh giá chất lượng không khí khu vực tập trung rác

nguyên liệu của cơ sở tái chế rác (2,29 mg/m³) [17], và nhỏ hơn 10 lần so với nghiên cứu của Jatau và cs, 2015, nồng độ CO ở mức 11ppm, tương đương với 12,61 mg/m³ [16]. Sự khác nhau đáng kể này có thể liên quan tới điều kiện gió, nhiệt độ tại thời điểm quan trắc và công nghệ tái chế.

4. CÁC GIẢI PHÁP ĐỀ XUẤT

Việc triển khai các giải pháp kiểm soát ô nhiễm cần được thực hiện theo hướng đồng bộ, ưu tiên các nguồn phát thải chính và các nguy cơ ảnh hưởng trực tiếp đến sức khỏe người lao động. Các giải pháp đề xuất gồm:

Xây dựng hệ thống xử lý nước thải phù hợp: Cơ sở cần đầu tư hệ thống xử lý nước thải tập trung với công nghệ phù hợp, kết hợp các công đoạn lắng - tách dầu mỡ - xử lý sinh học. Cải thiện quy trình tái sử dụng nước theo hướng tuần hoàn, hạn chế phát sinh nước thải. Giải pháp khả thi là cải tạo hệ thống xử lý hiện hữu bằng cách tích hợp bể lắng, bể xử lý hóa học và thiết bị làm đặc bùn nhằm giảm nồng độ BOD₅, COD, TSS và các chất dinh dưỡng trong nước thải. Keo tụ được xem là phương pháp hóa lý phổ biến, với nhiều lựa chọn chất keo tụ hữu cơ, vô cơ và tự nhiên; tuy nhiên cần thực hiện nghiên cứu khả thi để đánh giá tính bền vững và hiệu quả kinh tế trước khi áp dụng. Một hướng tiếp cận hiệu quả là sử dụng bể tự hoại cải tiến có vách ngăn kết hợp lọc kỵ khí (BAST/BASTAF) và đất ngập nước dòng chảy thẳng đứng cho giai đoạn xử lý sau. Trong dài hạn, các hệ thống phân tán này có thể được mở rộng và liên kết thành hệ thống xử lý tập trung khi điều kiện tài chính và hạ tầng cho phép. Cách tiếp cận này phù hợp với định hướng quy hoạch hạ tầng theo mô hình phân tán cho các làng nghề, trong bối cảnh các hệ thống xử lý tập trung thường không khả thi về mặt kinh tế.

Trang bị đầy đủ phương tiện bảo hộ lao động: Cơ sở cần cung cấp đầy đủ khẩu trang chuyên dụng, găng tay chịu nhiệt, kính bảo hộ, nút tai chống ồn và quần áo bảo hộ phù hợp với từng vị trí công việc. Quan trọng hơn, cần thiết lập cơ chế giám sát việc sử dụng đồ bảo hộ lao động nhằm chuyển từ khuyến nghị sang yêu cầu bắt buộc, qua đó giảm nguy cơ phơi nhiễm nghề nghiệp và các bệnh liên quan đến hô hấp, da liễu hoặc suy giảm thính lực.

Tăng cường tập huấn an toàn và sức khỏe nghề nghiệp: Cơ sở cần xây dựng chương trình đào tạo định kỳ về an toàn máy móc, phòng cháy chữa cháy, nhận diện rủi ro hóa chất và quy trình ứng phó sự cố. Việc chuẩn hóa quy trình vận hành an toàn không chỉ giúp giảm tai nạn lao động mà còn nâng cao nhận thức môi trường của công nhân, góp phần hình thành văn hóa sản xuất an toàn và bền vững.

Tăng cường diện tích cây xanh và hạ tầng sinh thái trong khuôn viên: Phát triển dải cây xanh bao quanh nhà xưởng đóng vai trò như một "hàng rào sinh học", giúp hấp thụ bụi, giảm phát tán chất ô nhiễm và suy giảm cường độ tiếng ồn. Bên cạnh đó, cần kết hợp thông gió tự nhiên, cải thiện bố trí mặt bằng và tách biệt khu sản xuất với khu sinh hoạt nhằm nâng cao chất lượng môi trường không khí tổng thể.

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã đánh giá hiện trạng môi trường tại một cơ sở tái chế nhựa điển hình thuộc làng nghề Phan Bôi (Hưng Yên), cho thấy hoạt động sản xuất xen kẽ khu dân cư, công nghệ sản xuất còn lạc hậu và hạ tầng bảo vệ môi trường chưa hoàn thiện là các nguyên nhân chính làm gia tăng nguy cơ ô nhiễm môi trường. Nhiều thông số nước thải như COD, BOD₅, TSS và Coliform vượt quy chuẩn cho phép, phản ánh tải lượng ô nhiễm hữu cơ cao và tiềm ẩn rủi ro đối với nguồn tiếp nhận cũng như sức khỏe cộng đồng. Môi trường lao động cũng ghi nhận các yếu tố nguy hại đáng kể như bụi mịn, khí thải từ quá trình gia nhiệt nhựa, tiếng ồn lớn, nhiệt độ cao và rủi ro từ máy móc, có thể ảnh hưởng tiêu cực đến sức khỏe nghề nghiệp của người lao động.

Nghiên cứu kiến nghị các cơ sở tái chế cần đầu tư hệ thống xử lý nước thải đạt quy chuẩn trước khi xả thải; tăng cường trang bị phương

tiện bảo hộ và đào tạo an toàn lao động; áp dụng các giải pháp kỹ thuật nhằm kiểm soát bụi, khí thải và tiếng ồn; bố trí dải cây xanh cách ly để hạn chế lan truyền ô nhiễm, các giải pháp trên cần được triển khai theo cách tiếp cận quản lý môi trường tích hợp, trong đó đầu tư công nghệ phải song hành với cải thiện quản trị an toàn và nâng cao nhận thức người lao động. Về lâu dài, cần đẩy mạnh quy hoạch khu sản xuất tách biệt khu dân cư, đổi mới công nghệ theo hướng sạch hơn và tăng cường giám sát môi trường định kỳ nhằm nâng cao chất lượng môi trường và hướng tới phát triển làng nghề bền vững.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bộ Công thương. Báo cáo tổng hợp: Khảo sát, phân tích, đánh giá thực trạng trong nước, kinh nghiệm quốc tế và định hướng phát triển công nghiệp tái chế Việt Nam. Hà Nội, 2017.
- [2] Neo E.R.K., Soo G.C.Y., Tan D.Z.L. et al. Life cycle assessment of plastic waste end-of-life for India and Indonesia. Resources, Conservation and Recycling, no. 174, 105774, 2021, doi: 10.1016/j.resconrec.2021.105774.
- [3] Zhao X., Toshihide T., Hiroyuki D. Evaluating the Effects of Air Pollution from a Plastic Recycling Facility on the Health of Nearby Residents. Acta Medica Okayama, no. 71(3), pp. 209-217, 2017, doi: 10.18926/AMO/55284.
- [4] Takashi Y., Miyuki N., Toshihide T. et al. Does Open-air Exposure to Volatile Organic Compounds near a Plastic Recycling Factory Cause Health Effects? Journal of Occupational Health, no. 54(1), pp. 79-87, 2012, doi: 10.1539/joh.11-0182-OA.
- [5] Fuller J., White D., Yi H. et al. Analysis of volatile compounds causing undesirable odors in a polypropylene-high-density polyethylene recycled plastic resin with solid-phase microextraction. Chemosphere, no. 260, 127589, 2020, doi: 10.1016/j.chemosphere.2020.127589.
- [6] Croxatto Vega G., Gross A., Birkved M. The impacts of plastic products on air pollution: A simulation study for advanced life cycle inventories of plastics covering secondary microplastic production. Sustainable Production and Consumption, no. 28, pp. 848-865, 2021, doi: 10.1016/j.spc.2021.07.024.
- [7] Sở Tài nguyên và Môi trường Hưng Yên. Báo cáo hiện trạng môi trường tỉnh Hưng Yên giai đoạn 2016-2020. Hưng Yên, 2021.
- [8] Technical Team. Activity risk assessment. OHS SEH College, 2018.
- [9] Baye B.F., Baye M.F., Teym A. et al. Utilization of Personal Protective Equipment and Its Associated Factors Among Large Scale Factory Workers in Debre Berhan Town, Ethiopia. Environmental Health Insights, no. 16, 11786302221102324, 2022, doi: 10.1177/11786302221102324.
- [10] Khanal A., Sondhi A., Giri S. Use of personal protective equipment among waste workers of Sisdol landfill site of Nepal. International Journal of Occupational Safety and Health, no. 11(3), pp. 158-164, 2021, doi: 10.3126/ijosh.v11i3.39733.
- [11] Gerdes Z., Hermann M., Ogonowski M. et al. A novel method for assessing microplastic effect in suspension through mixing test and reference materials. Scientific Reports, no. 9(1), 10695, 2019, doi: 10.1038/s41598-019-47160-1.
- [12] Minh Hen P., Manh Hoang N., Huu Thinh D. et al. Microplastic Production from Plastic Recycling Village in Van Lam, Hung Yen Province. Environmental Engineering Science, no. 38(2), 2022.
- [13] Altieri V.G., De Sanctis M., Sgherza D. et al. Treating and reusing wastewater generated by the washing operations in the non-hazardous plastic solid waste recycling process: Advanced method vs. conventional method. Journal of Environmental Management, no. 284, 112011, 2021, doi: 10.1016/j.jenvman.2021.112011.
- [14] Corlan R.V., Ionel I., Boatca M.E. et al. Indoor air quality research within a furniture factory. Journal of Physics: Conference Series, no. 2212(1), 012004, 2022, doi: 10.1088/1742-6596/2212/1/012004.
- [15] Guan J., Dai Z., Wang R. et al. Pollution characteristics and control strategies of typical waste plastic recycling plants. Journal of Environmental Chemical Engineering, no. 13(3), 116398, 2025, doi: 10.1016/j.jece.2025.116398.
- [16] Jatau S.S., Raimi M.O., Kakwi J.D. et al. Assessing Air Quality at Waste Dump Site of Plateau State University, Bokokos, Nigeria: Evaluating Socio-Economic and Health Implications for the Community. Authorea, 2024. Truy cập tại Authorea, truy cập ngày 23/02/2026.
- [17] Pekdogan T., Yildizhan H., Ameen A. Unveiling the Air Quality Impacts of Municipal Solid Waste Disposal: An Integrative Study of On-Site Measurements and Community Perceptions. Atmosphere, no. 15(4), 410, 2024, doi: 10.3390/atmos15040410.