

DOI:10.22144/ctu.jvn.2023.042

## NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM SẤY Bùn THẢI BẰNG BUỒNG SẤY SỬ DỤNG NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI

Đỗ Thị Mỹ Phượng<sup>1</sup>, Lê Hoàng Việt<sup>2</sup> và Nguyễn Xuân Lộc<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ

\*Người chịu trách nhiệm về bài viết: Nguyễn Xuân Lộc (email: nxloc@ctu.edu.vn)

### Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 30/10/2022

Ngày nhận bài sửa: 12/11/2022

Ngày duyệt đăng: 23/11/2022

### Title:

Study of drying sewage sludge by solar energy

### Từ khóa:

Buồng sấy, bùn thải, năng lượng mặt trời, nhiệt độ

### Keywords:

Drying chamber, solar energy, sewage sludge, temperature

### ABSTRACT

Sewage sludge is formed as a by-product of wastewater treatment processes and represents a heterogeneous mixture. In this study, the sludge was dried by using a solar-energy drying chamber system. This solar dryer was used in 4 experimental drying tests, including 3 drying tests (loaded with sewage sludge) and 1 drying test (no-loaded with sewage sludge). The three loading drying tests recorded that the temperature inside the chamber fluctuated around  $50\pm 5^\circ\text{C}$ ; while the no-loading drying test, the temperature of the drying chamber maintained within  $60\pm 5^\circ\text{C}$ ; as compared to the outdoor temperature of  $30\pm 5^\circ\text{C}$ . The average moisture content of solar dried sludge decreased from 88.69 - 90.84% to 19.12 - 22.73% in the mixing conditions and 23.32 - 28.28% in the non-mixing conditions, in 5 days. The study suggests that solar-energy drying chamber can be used effectively for drying sewage sludge.

### TÓM TẮT

Bùn thải được hình thành như một sản phẩm phụ trong quá trình xử lý nước thải và là một hỗn hợp không đồng nhất. Trong nghiên cứu này, bùn thải được sấy khô bằng hệ thống buồng sấy sử dụng năng lượng mặt trời (NLMT). Tổng cộng có 4 đợt thử nghiệm, bao gồm 3 đợt sấy (có tải bùn thải) và 1 đợt sấy (không tải bùn thải). Sau thử nghiệm, đối với 3 đợt sấy có tải, nhiệt độ trong buồng sấy dao động trong khoảng  $50\pm 5^\circ\text{C}$ ; riêng đợt 4 ở chế độ sấy không tải thì nhiệt độ của buồng sấy duy trì trong khoảng  $60\pm 5^\circ\text{C}$  so với nhiệt độ ngoài trời  $30\pm 5^\circ\text{C}$ . Sau 5 ngày thử nghiệm, độ ẩm trung bình của bùn giảm từ 88,69 - 90,84% xuống 19,12 - 22,73% trong điều kiện có xới và 23,32 - 28,28% trong điều kiện không xới. Kết quả thực nghiệm cho thấy rằng buồng sấy năng lượng mặt trời có thể được sử dụng hiệu quả để làm khô bùn thải.

## 1. GIỚI THIỆU

Bùn thải là một phần sản phẩm sau cùng trong quy trình xử lý nước thải ở các khu công nghiệp (KCN). Hiện nay lượng bùn thải phát sinh đang ngày càng nhiều và rơi vào tình trạng thừa thu gom nhưng thiếu xử lý. Khu công nghiệp hầu hết là đa ngành nghề nên bùn thải phát sinh từ hệ thống xử lý

nước thải tập trung có thành phần phức tạp, chứa nhiều thành phần nguy hại, khối lượng phát sinh lớn nên lượng bùn thải từ các khu công nghiệp có thể gây tiềm ẩn nguy cơ ô nhiễm môi trường nếu không có biện pháp kiểm soát phù hợp (Tang & Cheng, 2022). Bùn thải được tạo ra trong các nhà máy xử lý nước thải mặc dù chỉ chiếm một tỷ lệ nhỏ (khoảng 1%) trong khối lượng nước thải được xử lý, tuy

nhiên, các quy trình xử lý và tiêu hủy bùn có thể chiếm từ 20% đến 60% chi phí vận hành, bao gồm chi phí cho nhân lực, năng lượng và thải bỏ bùn (Foladori et al., 2010).

Kể từ giữa những năm 1990 cho đến nay thì xử lý bùn thải là một trong những vấn đề quan trọng nhất của nước ta. Ở các trạm xử lý nước thải KCN, bùn thải thường được xử lý theo một số phương pháp sau: (i) ép hoặc phơi khô và sau đó bón trực tiếp cho cây xanh trong phạm vi KCN; (ii) ủ tại chỗ làm phân compost; (iii) bán cho cơ sở làm phân vi sinh; (iv) giao cho đơn vị có chức năng thu gom, xử lý. Trên thực tế, chôn lấp bùn thải vẫn là một thực tế phổ biến ở Việt Nam và đang làm nảy sinh nhiều vấn đề về môi trường. Đồng thời, lượng bùn thải phát sinh một số lượng ngày càng lớn từ các quá trình xử lý nước thải trong KCN vẫn đang là một trong những mối quan tâm hàng đầu hiện nay.

Trong tất cả các giải pháp xử lý bùn thải, làm khô bùn thường được sử dụng. Sấy khô có thể làm giảm hàm lượng nước xuống dưới 10% dẫn đến giảm khối lượng và thể tích bùn thải và do đó giảm chi phí lưu trữ, vận chuyển và xử lý bùn thải (Bennamoun et al., 2013). Có nhiều phương thức sấy khô bùn khác nhau như sấy khô tự nhiên, sấy khô cơ học, sấy khô bằng nhiệt và các phương thức sấy hỗn hợp khác. Ngày nay, khi khoa học kỹ thuật phát triển, nhu cầu về năng lượng ngày càng tăng. Trong khi đó các nguồn nhiên liệu dự trữ như than đá, dầu mỏ, khí thiên nhiên ngày càng khan hiếm, nguồn năng lượng thủy điện thì có hạn, khiến cho nhân loại đứng trước nguy cơ thiếu hụt năng lượng trầm trọng. Nguồn năng lượng mặt trời (NLMT) là nguồn năng lượng sạch và rất tiềm tàng đang được quan tâm đặc biệt hiện nay. Do đó, việc nghiên cứu nâng cao hiệu quả các thiết bị sử dụng năng lượng mặt trời và triển khai ứng dụng chúng vào thực tế đời sống, sản xuất là vấn đề cần thiết.

Ngoài ra, Việt Nam là nước có tiềm năng về năng lượng mặt trời, trải dài từ vĩ độ 8° đến 23° Bắc, nằm trong vùng có bức xạ mặt trời tương đối cao, với trị số tổng bức xạ khá lớn từ 100 – 175 kcal/cm<sup>2</sup>.năm (Hùng, 2008). Do đó việc sử dụng năng lượng mặt trời để sấy nguyên liệu, các loại nông sản, thực phẩm hay bùn thải có thể mang lại hiệu quả kinh tế lớn. Làm khô và khử nước của bùn sử dụng NLMT giúp làm giảm khối lượng và chi phí xử lý và thải bỏ (Rao et al., 2019).

Tóm lại, việc tìm kiếm ra một phương pháp tiết kiệm chi phí và đạt hiệu quả cao để giảm hàm lượng bùn thải rất cần thiết. Nghiên cứu này được thực hiện để thử nghiệm sấy bùn thải bằng mô hình

buồng sấy năng lượng mặt trời, để bảo quản bùn thải được lâu dài hơn sao cho phù hợp về mặt kinh tế và mặt kỹ thuật.

## 2. VẬT LIỆU, THIẾT BỊ VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Tính toán hệ thống buồng sấy

#### Kích thước bộ thu năng lượng mặt trời

Chọn:

Chiều dày của lớp vật liệu cách nhiệt:  $\alpha = 0,03$  m

Chiều rộng bên trong bộ thu NLMT:  $B_c = 0,62$  m

Chiều dài bên trong bộ thu NLMT:  $L_c = 1,1$  m

Chiều cao bên trong bộ thu NLMT:  $H_c = 0,32$  m

Khi đó:

Chiều rộng phủ bì bên trong bộ thu NLMT:

$$B = B_c + 2\alpha = 0,62 + 2 \times 0,03 = 0,68 \text{ m}$$

Chiều dài phủ bì bên trong bộ thu NLMT:

$$L = L_c + 2\alpha = 1,1 + 2 \times 0,03 = 1,16 \text{ m}$$

Chiều cao phủ bì của bộ thu NLMT:

$$H = H_c + \alpha = 0,32 + 0,03 = 0,35 \text{ m}$$

Diện tích xung quanh của bộ thu NLMT:

$$S_{xq} = (2B_c \times H_c) + (2L_c \times H_c) = (2 \times 0,62 \times 0,32) + (2 \times 1,1 \times 0,32) = 1,101 \text{ m}^2$$

Diện tích mặt trên bộ thu NLMT hấp thụ:

$$S_{trc} = B \times L = 0,68 \times 1,16 = 0,7888 \text{ m}^2$$

Theo tính toán trên, diện tích mặt trên bộ thu năng lượng mặt trời  $S_{trc} = 0,7888 \text{ m}^2$  được thiết kế có kết cấu bộ thu năng lượng hình hộp, kích thước 1160x680x350 mm. Collector làm bằng tôn được phủ sơn đen dày 0,3mm giúp tăng hấp thụ bức xạ mặt trời để gia nhiệt cho bộ thu năng lượng mặt trời. Diện tích tôn xung quanh bộ thu năng lượng mặt trời được sơn đen là  $S_{xq} = 1,101 \text{ m}^2$ . Bộ thu NLMT được phủ lớp Polyetylen đặc ruột trong suốt để bảo vệ nhiệt bức xạ mặt trời (BXMT) cung cấp không khí nóng cho buồng sấy (Hình 1).

#### Kích thước của buồng sấy

Chọn:

Chiều dày của lớp vật liệu cách nhiệt:  $\alpha = 0,03$  m

Chiều rộng mặt thoáng khí:  $B_b = 0,42$  m

Chiều dài bên trong buồng sấy:  $L_b = 0,62$  m

Chiều cao bên trong buồng sấy:  $H_b = 0,6$  m

Khi đó:

Chiều rộng phủ bì bên trong buồng sấy:

$$B = B_b + 2\alpha = 0,42 + (2 \times 0,03) = 0,48 \text{ m}$$

Chiều dài phủ bì bên trong buồng sấy:

$$L = L_b + 2\alpha = 0,62 + (2 \times 0,03) = 0,68 \text{ m}$$

Chiều cao phủ bì của buồng sấy:

$$H = H_b + \alpha = 0,6 + 0,03 = 0,63 \text{ m}$$

Diện tích xung quanh của buồng sấy:

$$S_{xq} = (2B_b \times H_b) + (2L_b \times H_b) = (2 \times 0,42 \times 0,6) + (2 \times 0,62 \times 0,6) = 1,248 \text{ m}^2$$

Diện tích của buồng sấy:

$$S_b = B \times L = 0,48 \times 0,68 = 0,3264 \text{ m}^2$$

Diện tích mặt trên buồng sấy là:

$$S_{trb} = B_b \times L_b = 0,42 \times 0,62 = 0,26 \text{ m}^2$$

**Kích thước khay thép sấy đặt trong buồng sấy:**

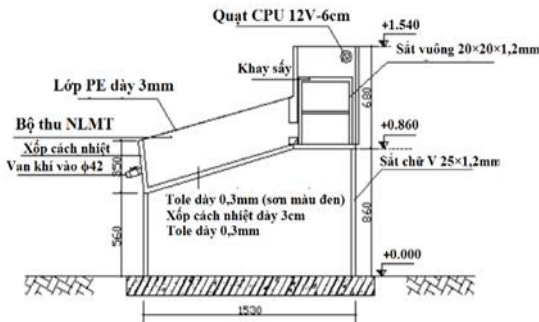
Chiều dài khay:  $l_{kh} = 0,56 \text{ m}$

Chiều rộng khay:  $r_{kh} = 0,36 \text{ m}$

Tổng diện tích 1 khay sấy:

$$S_{kh} = l_{kh} \times r_{kh} = 0,56 \times 0,36 = 0,2 \text{ m}^2$$

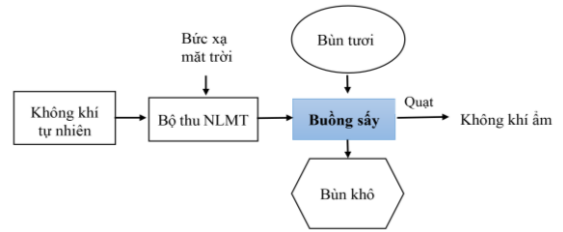
Khung khay sấy đựng bùn được gia công bằng xốp cách nhiệt xung quanh hình chữ nhật 20x30x3mm. Buồng sấy được phủ kín bằng tấm Polyetylen đặc ruột giúp tạo hiệu ứng nhà kính, gia nhiệt lên từ 5°C đến 15°C so với nhiệt độ môi trường. Bẫy nhiệt mặt trời được tạo từ các tấm tôn sơn màu đen mờ (giúp hấp thu nhiệt mặt trời tốt nhất), và diện tích tôn xung quanh buồng sấy được sơn đen là  $S_{xq} = 1,248 \text{ m}^2$ .



**Hình 1. Mô hình thiết kế hệ thống buồng sấy**

## 2.2. Nguyên lý hoạt động

Sơ đồ nguyên lý hoạt động hệ thống buồng sấy được mô tả qua Hình 2.



**Hình 2. Sơ đồ nguyên lý hoạt động hệ thống buồng sấy**

Ánh sáng mặt trời chiếu xuống xuyên qua tấm Polyetylen đặc ruột trong suốt giúp các vật thể sấy màu tối đặt bên trong buồng sấy sẽ tạo hiệu ứng nhà kính giúp gia nhiệt trong buồng sấy lên từ 5°C đến 15°C so với nhiệt độ môi trường bên ngoài tùy vào thời điểm trong ngày.

Ánh sáng mặt trời cũng chiếu xuyên qua tấm Polyetylen đặc ruột trong suốt phía trên bẫy nhiệt mặt trời, giúp các tấm tôn sơn màu đen bên trong bẫy nhiệt sẽ đốt nóng không khí trong bẫy nhiệt lên. Luồng không khí này được thổi xuống buồng sấy, giúp gia tăng thêm nhiệt độ trong buồng sấy lên nhanh chóng.

Bùn thải được đặt trên các khay sấy sẽ được tiếp xúc với luồng không khí nóng. Hơi ẩm thoát ra từ bùn sấy sẽ bốc lên cao theo nguyên lý đối lưu khí nóng và được các quạt hút khí đặt trên buồng sấy hút cưỡng bức ra ngoài.



## 2.3. Nguyên vật liệu nghiên cứu

Bùn tươi làm thí nghiệm được lấy từ nhà máy xử lý nước thải tập trung KCN Trà Nóc, phường Trà Nóc, Quận Bình Thủy, Thành phố Cần Thơ (Hình 3).



Hình 3. Bùn tươi nguyên liệu đưa vào sấy

Bảng 1. Các chỉ tiêu phân tích tại phòng thí nghiệm

Chỉ tiêu	Phương pháp	Phương tiện
Nhiệt độ	Đo trực tiếp bằng cách treo nhiệt kế ở trung tâm hầm sấy và buồng sấy để các mặt của nhiệt kế đều tiếp xúc không khí.	Nhiệt kế thủy ngân Máy đo nhiệt kế
	Còn nhiệt độ ngoài trời ta đo max/min bằng máy đo nhiệt kế	Taylor - 1441
Cường độ ánh sáng	Đo cường độ ánh sáng trực tiếp bằng máy đo cường độ đặt ngoài nắng, ngay vị trí đặt thiết bị sấy	Máy đo cường độ ánh sáng Lutron LX - 197
Âm độ	Phụ thuộc vào ẩm độ phù hợp để bảo quản so với sản phẩm thị trường	Tủ sấy MELAG, model: melag 405, hãng sản xuất: Đức
		Cân điện tử Ohaus AX224, model: AX224, hãng sản xuất: Trung Quốc, sai số ±0.0001 Bình hút ẩm

Mỗi lần đo được lặp lại 3 lần và lấy giá trị trung bình của mỗi lần đo.

*Các thiết bị phụ trợ*

Quạt CPU model PVA092G12H dùng để thổi khí cưỡng bức từ buồng sấy ra môi trường bên ngoài.

Bình ắc quy khô Tia sáng CMF có điện áp 12V, dung lượng 55Ah dùng để cung cấp điện 12V cho quạt.

Trong suốt quá trình thí nghiệm, bùn được sấy trong khoảng thời gian từ 9 giờ sáng đến 15 giờ mỗi ngày, thời gian này cường độ ánh sáng mặt trời cao nên nhiệt sinh ra trong hệ thống sấy sẽ lớn phù hợp cho quá trình sấy. Tiến hành đo nhiệt độ, cường độ ánh sáng mặt trời liên tục mỗi giờ. Sau 15 giờ chiều, tiến hành sấy mẫu nguyên liệu khô (đạt đến ẩm độ 10 – 20 %) để xem hiệu quả sấy của hệ thống so với ngoài trời.

Tổng cộng có 4 đợt thử nghiệm, bao gồm 3 đợt sấy (có tải với bùn thải) và 1 đợt sấy (không tải), cụ thể như sau:

- Đợt 1 từ ngày 05/4/2022 đến ngày 09/4/2022
- Đợt 2 từ ngày 10/4/2022 đến ngày 14/4/2022

**2.4. Thiết bị đo và phương pháp nghiên cứu**

Hiệu suất của buồng sấy được đánh giá bằng cách tiến hành các thử nghiệm ở chế độ không tải và có tải với bùn thải, bằng cách đo các thông số sau: (a) cường độ ánh sáng, (b) nhiệt độ không khí trong buồng sấy và ngoài trời, và (c) ẩm độ. Nhiệt độ, cường độ ánh sáng và ẩm độ được xác định theo các phương tiện và phương pháp được liệt kê trong Bảng 1.

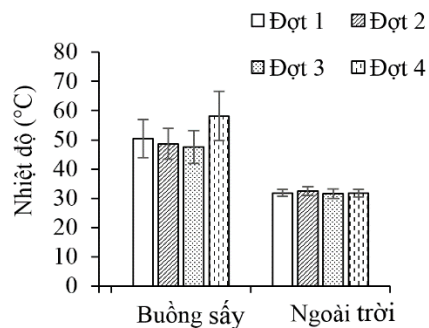
- Đợt 3 từ ngày 15/4/2022 đến ngày 19/4/2022
- Đợt 4 từ ngày 20/4/2022 đến ngày 24/4/2022

Trong điều kiện có tải, bùn thải được rải thành lớp dày 5 cm trong các khay. Mỗi khay chứa khoảng 5 kg vật liệu.

**3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN**

**3.1. Nhiệt độ**

Sự chênh lệch nhiệt độ trung bình trong 4 đợt sấy giữa buồng sấy và nhiệt độ ngoài trời được thể hiện trên Hình 4.



Hình 4. Nhiệt độ trung bình trong buồng sấy và ngoài trời

Trong 3 đợt sấy có tải bún thái, nhiệt độ trung bình trong khoảng thời gian đo (từ 9h đến 15h) trong buồng sấy dao động trong khoảng  $50 \pm 5^\circ\text{C}$  so với ngoài trời nhiệt độ dao động trong khoảng  $30 \pm 5^\circ\text{C}$ . Sự chênh lệch giữa buồng sấy so với ngoài trời gấp 1,5 đến 2 lần. Riêng đối với đợt 4 sấy không tải, nhiệt độ buồng sấy duy trì ở nhiệt độ dao động  $60 \pm 5^\circ\text{C}$  còn ở ngoài trời nhiệt độ dao động  $30 \pm 5^\circ\text{C}$ . Sự chênh lệch giữa buồng sấy so với nhiệt độ ngoài trời do đó gấp 2 đến 2,5 lần.

Có thể thấy rằng, nhiệt độ trong 3 đợt sấy có tải thấp hơn so với đợt 4 sấy không tải. Do trong quá trình sấy lượng hơi nước trong bún thoát hơi làm cho độ ẩm bên trong hệ thống buồng sấy tăng cao, từ đó làm cho nhiệt độ giảm xuống trong các đợt sấy có tải.

Fudholi (2009) cũng nghiên cứu và phát triển hệ thống buồng sấy được cấp nhiệt từ bộ thu NLMT, trong đó bề mặt hấp thụ bức xạ mặt trời được phủ sơn đen và bố trí cánh tản nhiệt bên trong nhằm nâng cao quá trình trao đổi nhiệt với khí thổi vào. Hệ thống này được sử dụng để sấy rong biển, nhiệt độ trung bình trong buồng sấy đạt được  $57 - 64^\circ\text{C}$ . Có thể thấy rằng nhiệt độ trung bình trong buồng sấy thử nghiệm sấy bún thái có nhiệt độ trung bình thấp hơn  $10 - 15^\circ\text{C}$  so với thử nghiệm sấy rong biển, nguyên nhân có thể là do lượng hơi nước trong bún cao hơn so với rong biển, do đó sự bốc thoát hơi nhiều hơn từ bún thái trong quá trình sấy đã làm giảm nhiệt độ trong buồng sấy bún thái.

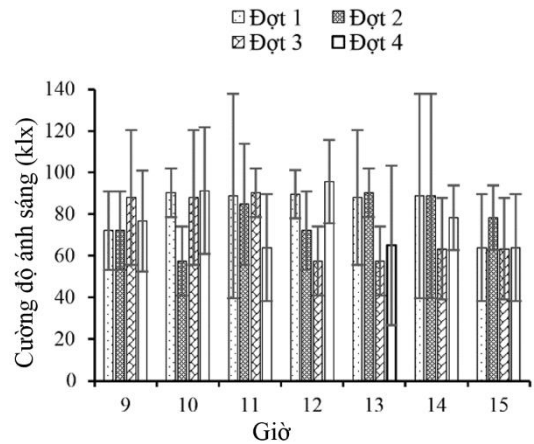
**3.2. Cường độ ánh sáng**

Cường độ ánh sáng qua 4 đợt khảo sát có sự thay đổi không đồng đều, và được thể hiện trên Hình 5.

Ở đợt 1, cường độ ánh sáng tăng liên tục từ 9 giờ (72 klx) đến 12 giờ (89,6 klx), tuy nhiên, sau 12 giờ cường độ ánh sáng giảm dần đến 15 giờ (63,92 klx). Ở đợt 2, cường độ ánh sáng trong thời gian 9 giờ đến 12 giờ không tăng liên tục như đợt 1. Vào lúc 13 giờ cường độ ánh sáng tăng cao đến 90,28 klx và giảm dần đến 15 giờ còn 78,32 klx. Ở đợt 3, cường độ ánh sáng trong thời gian 9 giờ đến 12 giờ tăng liên tục và cao đến 90,28 klx. Tuy nhiên từ 12 giờ đến 15 giờ cường độ ánh sáng giảm xuống chỉ còn 57,42 klx. Ở đợt 4, cường độ ánh sáng trong thời gian 9 giờ đến 12 giờ không tăng liên tục. Đến 12 giờ cường độ ánh sáng tăng cao đến 95,78 klx và giảm dần đến 15 giờ còn 63,92 klx.

Có thể thấy rằng, cường độ ánh sáng mặt trời tương đối cao qua 4 đợt sấy, thời gian nắng trong ngày càng cao thì cường độ ánh sáng càng cao tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình tạo nhiệt bên trong

buồng sấy. Tuy nhiên do vào giai đoạn chuyển mùa nên cường độ ánh sáng biến thiên chênh lệch không đồng nhất.



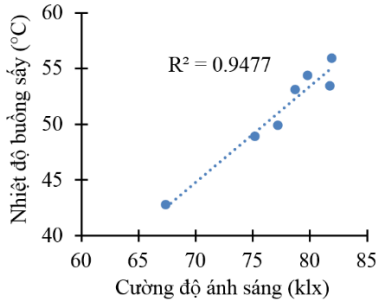
**Hình 5. Bức xạ mặt trời theo mỗi giờ của 4 đợt thí nghiệm**

Theo Ryberg (2019), giá trị cường độ ánh sáng từ 100 lux trở xuống thường được coi là ánh sáng "cường độ thấp" hoặc ánh sáng "gián tiếp". Mặt khác, giá trị từ 1.000 lux (1 klx) trở lên được coi là chiếu sáng "mật độ cao". Ánh nắng trực tiếp ngoài trời thường dao động trong khoảng từ 32 đến 100 klx. Trong thời gian thử nghiệm, cường độ ánh sáng mặt trời đạt mức cao có thể thực hiện quá trình sấy vào thời điểm từ 9 giờ đến 15 giờ. Cường độ ánh sáng đạt mức trung bình cao nhất trong suốt quá trình sấy đạt 95,78 klx. Và cường độ ánh sáng đạt mức trung bình thấp nhất trong suốt quá trình sấy đạt 57,42 klx. Do đó, cường độ ánh sáng mặt trời trên phù hợp với quá trình sấy của hệ thống.

Kết quả thực nghiệm sấy hành lá trên máy sấy khay băng NLMT cũng cho thấy cường độ bức xạ mặt trời bắt đầu tăng dần và đạt đỉnh lúc 13h sau đó giảm dần, trong các ngày thực nghiệm dao động trung bình trong khoảng  $609\text{W/m}^2$ , bức xạ này cũng phù hợp cho quá trình tiến hành thực nghiệm hệ thống (Thành và Dũng, 2021).

**3.3. Tương quan giữa nhiệt độ và cường độ ánh sáng**

Biểu đồ chứng minh sự tương quan giữa nhiệt độ buồng sấy và cường độ ánh sáng được thể hiện trên Hình 6. Kết quả cho thấy có sự tương quan lớn giữa cường độ ánh sáng và nhiệt độ trong buồng sấy ( $R^2 = 0,95$ ) và các hàm quan hệ là hàm đồng biến. Có nghĩa là khi cường độ ánh sáng tăng thì nhiệt độ cũng tăng và ngược lại cường độ ánh sáng giảm thì nhiệt độ cũng giảm.



**Hình 6. Sự tương quan giữa nhiệt độ buồng sấy và cường độ ánh sáng**

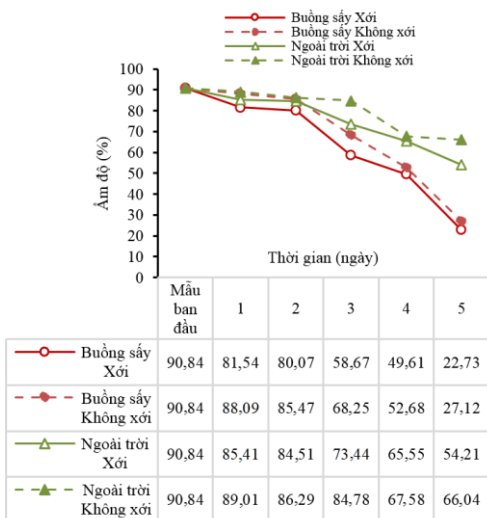
Trong quá trình sấy có một số thời điểm cường độ ánh sáng giảm thấp do ánh sáng mặt trời bị che khuất bởi mây đen. Đồng thời làm giảm nhiệt độ của môi trường sấy. Vì vậy, cường độ ánh sáng mặt trời và nhiệt độ có mối tương quan chặt chẽ với nhau.

Hơn thế, sự biến thiên của nhiệt độ và cường độ ánh sáng mặt trời ảnh hưởng rất lớn đến quá trình sấy của hệ thống do nhiệt độ bên trong hệ thống phụ thuộc rất nhiều vào ánh sáng mặt trời cung cấp năng lượng.

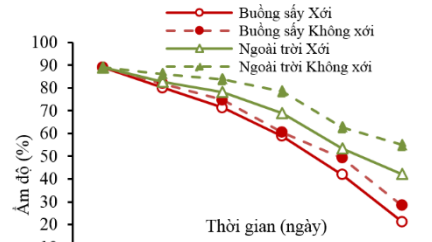
Lâm và ctv. (2013) đã ứng dụng vệ tinh Modis khảo sát mối quan hệ giữa nhiệt độ bề mặt và năng lượng bức xạ mặt trời ở khu vực phía Bắc Việt Nam, kết quả cũng cho thấy các hàm quan hệ đều đồng biến.

**3.4. Ẩm độ**

So sánh sự biến thiên phần trăm ẩm độ của buồng sấy và ngoài trời đợt 1, đợt 2 và đợt 3 lần lượt được thể hiện trên Hình 7, 8 và 9.

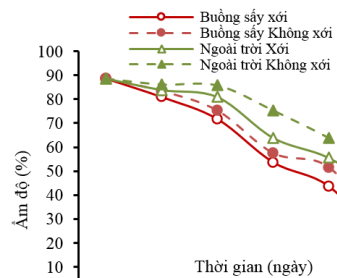


**Hình 7. Sự biến thiên ẩm độ của buồng sấy và ngoài trời đợt 1**



Mẫu ban đầu	1	2	3	4	5	
Buồng sấy Xói	89,05	79,96	71,24	58,75	41,78	21,24
Buồng sấy Không xói	89,05	81,83	74,68	60,30	49,26	28,28
Ngoài trời Xói	89,05	82,67	78,25	68,82	53,48	42,25
Ngoài trời Không xói	89,05	86,02	83,71	78,48	62,70	54,97

**Hình 8. Sự biến thiên ẩm độ của buồng sấy và ngoài trời đợt 2**



Mẫu ban đầu	1	2	3	4	5	
Buồng sấy xói	88,69	80,98	71,78	53,72	43,66	19,12
Buồng sấy Không xói	88,69	83,50	75,35	57,58	51,62	23,32
Ngoài trời Xói	88,69	83,92	80,96	63,93	55,56	40,68
Ngoài trời Không xói	88,69	86,25	85,86	75,42	63,92	50,68

**Hình 9. Sự biến thiên ẩm độ của buồng sấy và ngoài trời đợt 3**

Có thể thấy rằng hệ thống buồng sấy loại bỏ hàm lượng nước trong bùn cao hơn so với phơi ngoài trời qua 5 ngày thử nghiệm liên tục. Trong đó, ở đợt 1, bùn tươi ban đầu có độ ẩm 90,84%, sau quá trình sấy liên tục 5 ngày thì độ ẩm còn lại lần lượt là 22,73% và 27,12% trong buồng sấy có xói và không xói; trong khi đó thì sấy ngoài trời có xói và không xói lần lượt đạt được độ ẩm là 54,21% và 66,04%. Ở đợt 2, bùn tươi ban đầu có độ ẩm 89,05%, sau quá trình sấy thì độ ẩm còn lại lần lượt là 21,24% và 28,28% trong buồng sấy có xói và không xói; so với sấy ngoài trời có xói và không xói lần lượt đạt được

độ ẩm là 42,25% và 54,97%. Ở đợt 3, độ ẩm ban đầu của bùn 88,69%, sau quá trình sấy thì độ ẩm còn lại lần lượt là 19,12% và 23,32% trong buồng sấy có xói và không xói; so với sấy ngoài trời có xói và không xói lần lượt đạt được độ ẩm là 40,68% và 50,68%.

Qua 3 đợt sấy thử nghiệm có tải bùn thải trên cho thấy được lợi ích kinh tế trong việc sử dụng hệ thống buồng sấy NLMT để làm giảm khối lượng nước trong bùn thải phát sinh từ các quy trình xử lý nước thải. Do đó có thể khẳng định rằng sử dụng năng lượng mặt trời cho quá trình sấy đóng một vai trò quan trọng đối với việc giảm độ ẩm của bùn nước thải, từ đó có thể giảm chi phí lưu trữ, vận chuyển và xử lý lượng bùn thải phát sinh từ các khu xử lý nước thải. Ngoài ra cũng cần nhấn mạnh rằng buồng sấy bằng năng lượng mặt trời có tiềm năng lớn trong việc thay thế các thiết bị sấy thông thường đối với các sản phẩm công nghiệp và nông nghiệp, do ảnh hưởng tiêu cực đến môi trường của việc sử dụng nhiên liệu hóa thạch hoặc củi đốt. Vì vậy, việc nghiên cứu nâng cao hiệu quả làm khô bùn thải bằng buồng sấy năng lượng mặt trời và ứng dụng trong các nhà máy xử lý nước thải thực tế với chi phí thấp là rất cần thiết.

#### 4. KẾT LUẬN

Quá trình thử nghiệm sấy bùn thải từ nhà máy xử lý nước thải tập trung khu công nghiệp Trà Nóc

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

Bennamoun, L., Arlabosse, P., Léonard, A. (2013). Review on fundamental aspect of application of drying process to wastewater sludge. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 28, 29-43.

Foladori, P., Andreottola, G., & Ziglio, G. (2010). *Sludge reduction technologies in wastewater treatment plants*. IWA publishing.

Fudholi, A. H. M. A. D., Othman, M. Y., Ruslan, M. H., Yahya, M., Zaharim, A., & Sopian, K. (2011). Technoeconomic analysis of solar drying system for seaweed in Malaysia. *Proc. of the 7th IASME/WSEAS Int. Conf. on Energy, Environment, Ecosystems and Sustainable Development (EEESD, 11)*, 11, 89-95.

Hoàng, D. H. (2006). *Năng lượng mặt trời lý thuyết và ứng dụng*. Nhà xuất bản ĐH Bách Khoa Đà Nẵng.

Lâm, N. X., Hùng, N. V., & Liêm, V. H. (2013). Ứng dụng ảnh vệ tinh Modis khảo sát mối quan hệ giữa nhiệt độ bề mặt và năng lượng bức xạ mặt trời ở khu vực phía Bắc Việt Nam. *Tạp chí*

bước đầu đã đạt được một số kết quả khả quan. Cụ thể, nhiệt độ trong buồng sấy dao động trong khoảng  $50\pm 5^{\circ}\text{C}$  (có tải) và  $60\pm 5^{\circ}\text{C}$  (không tải) cao hơn từ 1,5 đến 2 lần so với nhiệt độ ngoài trời ( $30\pm 5^{\circ}\text{C}$ ). Sau 5 ngày thử nghiệm, ẩm độ hệ thống buồng sấy dao động trong khoảng  $20\pm 10\%$ , thấp hơn so với phơi khô ngoài trời với khoảng  $55\pm 15\%$ . Kết quả thử nghiệm đã cho thấy việc sử dụng NLMT trong buồng sấy có khả năng làm tăng nhiệt độ và giúp làm giảm độ ẩm trong bùn thải nhiều hơn so với phơi khô trực tiếp ngoài trời tự nhiên, điều này phần nào đã chứng minh hệ thống buồng sấy sử dụng NLMT là khá hiệu quả trong việc giảm chi phí xử lý và thải bỏ bùn thải.

Điểm hạn chế có thể nhận thấy trong nghiên cứu này là hệ thống chỉ hoạt động hiệu quả vào ban ngày khi có nguồn năng lượng cung cấp từ ánh sáng mặt trời. Do đó, vấn đề thực tiễn cần đặt ra sau nghiên cứu là cần phải có thêm nguồn nhiệt bổ sung để kết hợp với mô hình sấy thực nghiệm. Nguồn nhiệt bổ sung này có thể là nguồn nhiệt tích trữ năng lượng mặt trời dưới dạng điện trở hoặc từ nguồn bơm nhiệt.

#### LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Huỳnh Thanh Thảo và Phạm Thị Kim Xuyên đã hỗ trợ thực hiện thí nghiệm.

*khoa học đo đạc và bản đồ*, số 18 – 12/2013. doi: 10.54491/jgac.2013.18.89

Rao, B., Zhu, Y., Yu, M., Lu, X., Wan, Y., Huang, G., Su, X. & Liu, X. (2019). High-dry dewatering of sludge based on different pretreatment conditions. *Process Safety and Environmental Protection*, 122, 288-297. doi: 10.1016/j.psep.2018.12.018

Ryberg, K. (2019). *Living Light: The Art of Using Light for Health and Happiness*. Simon and Schuster.

Tang, C. W., & Cheng, C. K. (2022). Sustainable Use of Sludge from Industrial Park Wastewater Treatment Plants in Manufacturing Lightweight Aggregates. *Materials*, 15(5), 1785. doi: 10.3390/ma15051785

Thành, B. T., & Dũng, T. T. (2021). Thử nghiệm sấy hành lá trên máy sấy khay bằng năng lượng mặt trời. *Tạp chí năng lượng nhiệt*, 155, 24-31.