

Bài báo khoa học

## Kiểm toán chất thải chăn nuôi heo trang trại ở huyện Lộc Ninh, tỉnh Bình Phước

Nguyễn Đức Bá<sup>1</sup>, Nguyễn Tri Quang Hưng<sup>2</sup>, Bùi Thị Cẩm Nhi<sup>2</sup>, Nguyễn Kim Huệ<sup>2</sup>, Võ Minh Sang<sup>3</sup>, Lê Thị Lan Thảo<sup>2</sup>, Đoàn Quang Trí<sup>4</sup>, Nguyễn Minh Kỳ<sup>2,5\*</sup>

<sup>1</sup> Chi Cục Bảo vệ Môi trường, Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Bình Phước; nguyenducba.stnmtbp@gmail.com

<sup>2</sup> Khoa Môi trường và Tài nguyên, Trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh; quanghungmt@hcmuaf.edu.vn

<sup>3</sup> Công ty Cổ phần Đầu tư Xây dựng và Môi trường Việt Đô; sang.vn@vietdojsc.com

<sup>4</sup> Tạp chí Khí tượng Thủy văn, Tổng cục Khí tượng Thủy văn; doanquangtrikttv@gmail.com

<sup>5</sup> Bộ môn Môi trường và Tài nguyên, Phân hiệu Gia Lai, Trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh; nmky@hcmuaf.edu.vn

\*Tác giả liên hệ: nmky@hcmuaf.edu.vn; Tel.: +84-916121204

Ban Biên tập nhận bài: 5/11/2022; Ngày phản biện xong: 11/12/2022; Ngày đăng bài: 25/12/2022

**Tóm tắt:** Nghiên cứu ứng dụng công cụ kiểm toán chất thải (KTCT) nhằm định lượng chất thải phát sinh của từng loại heo con, heo thịt và heo nái ở các trang trại huyện Lộc Ninh, tỉnh Bình Phước. Kết quả cho thấy: (1) mỗi heo thịt tiêu thụ mỗi ngày 2,32 kg cám, 3,24 lít nước uống, 26,33 lít nước rửa chuồng, thải 1,71 kg phân, 2,66 lít nước tiểu và 26,32 lít nước thải rửa chuồng; (2) heo con tiêu thụ 0,79 kg cám, 1,47 lít nước uống và 11,49 lít nước rửa chuồng, thải ra 0,22 kg phân, 0,72 lít nước tiểu và 11,49 lít nước thải rửa chuồng; (3) heo nái tiêu thụ 3,41 kg cám, 3,40 lít nước uống và 23,45 lít nước rửa chuồng, thải 2,13 kg phân, 2,61 lít nước tiểu và 23,45 lít nước thải rửa chuồng. Chất lượng nước thải ở 3 quy mô trang trại lần lượt dao động 812–2012 mg/l (TSS), 1123–1890 mg/l (BOD<sub>5</sub>), 2576–3025 mg/l (COD), 112–389 mg/l (TN), và 35,2–43,8 mg/l (TP). Căn cứ Quy chuẩn kỹ thuật nước thải chăn nuôi QCVN 62-MT:2016/BTNMT cho thấy các chỉ tiêu trên đều vượt ngưỡng cho phép. Lượng chất thải chăn nuôi mỗi lứa ước tính 100 ngàn tấn phân và 1,6 triệu m<sup>3</sup> nước thải. Nghiên cứu cung cấp bức tranh hiện trạng phát sinh, KTCT chăn nuôi heo và đề xuất giải pháp phòng ngừa ô nhiễm theo hướng chủ động.

**Từ khóa:** Chăn nuôi heo; Ô nhiễm; Kiểm toán chất thải; Chất thải chăn nuôi; Bình Phước.

### 1. Đặt vấn đề

Ở Việt Nam, ngành chăn nuôi có vai trò quan trọng trong cơ cấu kinh tế quy mô hộ gia đình. Theo như thống kê của Cục Chăn nuôi (2020), tổng đàn nái toàn quốc xấp xỉ 3 triệu con, tổng đàn cả nước ước 26 triệu heo [1]. Đặc biệt, có 16 doanh nghiệp chăn nuôi quy mô lớn với tổng 5,55 triệu con, chiếm 23% tổng đàn toàn quốc. Nhờ các chính sách ưu đãi, hỗ trợ về con giống, đất đai, cơ chế, đến nay đã có 16 tỉnh thành tái đàn vượt 100% so với năm 2018, riêng tỉnh Bình Phước tăng trưởng 170%, tổng đàn heo từ 800 ngàn con tăng lên 1,3 triệu con [1]. Tuy nhiên, phát triển chăn nuôi tập trung quy mô lớn nhưng thiếu sự đồng bộ

biện pháp kiểm soát và quản lý chất thải dễ gây nên những hậu quả tiêu cực tới môi trường, ảnh hưởng đến chất lượng sống người dân xung quanh trang trại và các sản phẩm nông nghiệp [2–4]. Để giảm thiểu những mối nguy này, hiện có nhiều giải pháp xử lý và quản lý chất thải đã được triển khai trong ngành chăn nuôi như các công trình khí sinh học (*biogas*), ứng dụng chế phẩm vi sinh, công nghệ đệm lót sinh học, ủ compost, v.v.. [5–10]. Tuy vậy, việc quản lý chất thải chăn nuôi vẫn còn nhiều bất cập, công nghệ chỉ phù hợp cho từng trường hợp cụ thể cũng như thách thức về chi phí.

Nhìn chung, hoạt động quản lý chất thải ngành chăn nuôi ở nước ta vẫn dựa trên cách thức tiếp cận cuối đường ống, chưa giải quyết triệt để các nguồn chất thải phát sinh, chi phí cao và không tận thu nguồn dinh dưỡng từ phân thải [2, 11]. Do đó, nhu cầu thay đổi cách tiếp cận quản lý chất thải chăn nuôi từ “xử lý bị động cuối đường ống” sang “chủ động phòng ngừa và kiểm soát” là cần thiết. Cách tiếp cận mới này đòi hỏi đẩy mạnh biện pháp giảm thiểu chất thải ở khâu quy hoạch/thiết kế, thúc đẩy kiểm toán và sử dụng chất thải, xem xét chất thải như là nguồn tài nguyên ưu tiên sử dụng trong nông nghiệp. Các công cụ quản lý và kiểm soát ô nhiễm môi trường dựa trên phương thức chủ động “kiểm toán chất thải” được áp dụng và đảm bảo tính hiệu quả [12–16]. Thực tế, quá trình thực địa và khảo cứu hiện trạng địa bàn huyện Lộc Ninh cho thấy chưa có nghiên cứu nào thực hiện đánh giá hoạt động quản lý, tác động môi trường cũng như kiểm toán chất thải ở các trang trại chăn nuôi heo. Xuất phát từ đó, nghiên cứu này được thực hiện nhằm ứng dụng công cụ kiểm toán chất thải (KTCT) hướng tới bảo vệ môi trường và sinh thái – trường hợp điển hình ở các cơ sở trang trại chăn nuôi heo trên địa bàn huyện Lộc Ninh, tỉnh Bình Phước. Qua đó, đề ra cách thức tiếp cận mới, chủ động trong quản lý chất thải chăn nuôi để kiểm soát tại nguồn cũng như nâng cao khả năng tái sử dụng/tái chế chất thải.

## 2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Đối tượng nghiên cứu

a) Đối tượng nghiên cứu: Đặc điểm chất thải chăn nuôi heo và hiện trạng trang trại ở các quy mô lớn (> 10000 con), vừa (1000 đến < 10000 con) và nhỏ (500 đến < 1000 con) trên địa bàn huyện Lộc Ninh, Bình Phước (Bảng 1).

**Bảng 1.** Quy mô trang trại nuôi heo huyện Lộc Ninh.

Quy mô	Số lượng	Tổng đàn (con)	Tỷ lệ (%)
Nhỏ (500 đến < 1000 con)	6	3851	6,52
Vừa (1000 đến < 10000 con)	58	221468	63,04
Lớn (> 10000 con)	28	393398	30,43
Tổng	92	629316	100,00

b) Phạm vi nghiên cứu: Nghiên cứu được thực hiện trong thời gian từ 9/2021–6/2022 tại 15 trang trại nuôi heo huyện Lộc Ninh, tỉnh Bình Phước (Bảng 2).

**Bảng 2.** Thống kê phạm vi nghiên cứu các trang trại ở Lộc Ninh.

Quy mô	Thôn/Áp	Xã	Quy mô (con)
Nhỏ (500–1000)	Tân Hai	Lộc Phú	500
	Thanh Tây	Lộc Tấn	900
	Áp Thạch Phú	Lộc Thạch	750
	Bù Núi	Lộc Tấn	800
	Áp 10	Lộc Thiện	600
	Áp 6	Lộc An	1800
Vừa (1000–10000)	Cần Lê	Lộc Khánh	2400
	Hiệp Hòa A	Lộc Hiệp	2400
	Thanh Tây	Lộc Tấn	4000
	Thanh Biên	Lộc Thạnh	10000

Quy mô	Thôn/Ấp	Xã	Quy mô (con)
Lớn (> 10000)	Thanh Biên	Lộc Thạnh	18000
	Thanh Biên	Lộc Thạnh	14000
	Ấp 7	Lộc Hoà	14000
	Bù Núi B	Lộc Tấn	16000
	Vườn Bưởi	Lộc Thiện	18000

Nằm ở vị trí địa lý 11°29'33" – 12°05'00" vĩ độ Bắc, 106°24'57" kinh độ Đông, huyện Lộc Ninh có diện tích tự nhiên 86297,52 ha. Đây là huyện miền núi thuộc biên giới Tây Bắc, tỉnh Bình Phước, có 100 km đường biên giới và tiếp giáp với các tỉnh Campuchia và Kratie, Vương quốc Campuchia [17]. Về khí hậu, Lộc Ninh thuộc vùng nhiệt đới cận xích đạo gió mùa, nhiệt độ cao quanh năm, mùa mưa từ tháng 5–10, và mùa khô kéo dài từ tháng 11–4 năm sau. Nhờ các đặc điểm tự nhiên và yếu tố khí hậu thuận lợi, hoạt động chăn nuôi heo ở Lộc Ninh tương đối phát triển, đóng góp chung vào sự phát triển kinh tế-xã hội địa phương.

## 2.2. Phương pháp nghiên cứu

### 2.2.1. Phương pháp thu thập số liệu

Các nguồn số liệu thứ cấp được thu thập gồm hiện trạng chăn nuôi heo quy mô trang trại ở huyện Lộc Ninh, báo cáo thống kê tình hình quản lý chất thải ngành chăn nuôi trên địa bàn tỉnh Bình Phước [17–19]. Đối với nguồn số liệu sơ cấp, nghiên cứu tiến hành khảo sát điều tra bằng phương pháp phỏng vấn trực tiếp các trang trại chăn nuôi heo thu thập các thông tin chăn nuôi. Các nội dung bao gồm đặc điểm hệ thống chuồng trại, các yếu tố đầu vào của hoạt động chăn nuôi cũng như hiện trạng phát sinh chất thải, các giải pháp xử lý/quản lý chất thải và những thông tin liên quan khác. Cụ thể, nghiên cứu đã thiết kế phiếu khảo sát và thực hiện phỏng vấn điều tra tại 15 trang trại chăn nuôi heo ở huyện Lộc Ninh. Trong đó, nghiên cứu tiến hành lấy mẫu theo phương pháp lấy mẫu hệ thống có tính đại diện cho 3 nhóm quy mô lớn (> 10000 con), vừa (1000 đến <10000 con) và nhỏ (500 đến < 1000 con). Mỗi loại quy mô lựa chọn ngẫu nhiên 5 cơ sở trang trại chăn nuôi heo để thu thập số liệu.

### 2.2.2. Phương pháp cân bằng vật chất và kiểm toán chất thải

Trong quá trình sản xuất và KTCT, thiết lập cân bằng vật chất và năng lượng có vai trò quan trọng để xác định quy mô các nguồn thải và dòng thất thoát [20–22]. Các nguồn nguyên liệu thô (đầu vào) và năng lượng không chỉ tạo ra chi phí mà còn là nhân tố gây ra sự ô nhiễm. Cân bằng vật chất và năng lượng có ý nghĩa và hữu ích trong việc theo dõi cải tiến và tính toán hiệu quả kinh tế. Trong nghiên cứu này, áp dụng nguyên tắc cân bằng vật chất (nguyên vật liệu) ở mỗi công đoạn hoặc/và cho cả quá trình chăn nuôi như sau:

$$\sum \text{Nguyên vật liệu đầu vào} = \sum \text{Đầu ra (sản phẩm + chất thải)} + \sum \text{Rò rỉ (thất thoát)} \quad (1)$$

Nghiên cứu áp dụng kỹ thuật KTCT để tiến hành phân tích, đánh giá quy trình chăn nuôi ở các trang trại heo trên địa bàn huyện Lộc Ninh. Cụ thể, trang trại chăn nuôi heo áp dụng bao gồm các quy mô: nhỏ, vừa và lớn. Trong tổng 15 trang trại được khảo sát, lựa chọn ngẫu nhiên 3 trang trại, tương ứng với mỗi quy mô chọn một trang trại để thực hiện áp dụng kỹ thuật KTCT. Căn cứ 3 trang trại được lựa chọn ngẫu nhiên (quy mô lớn 14000 con tại Ấp 7, xã Lộc Hoà; quy mô vừa 4000 con tại Ấp Thạnh Tây, xã Lộc Tấn; và quy mô nhỏ 750 con tại Ấp Thạch Phú, xã Lộc Thạch) áp dụng kỹ thuật kiểm toán đại diện cho các loại heo con, heo nái và heo thịt. Thực hiện cân đo, ghi sổ nhật ký đầu vào (cụ thể như lượng nguồn thức ăn, nước uống, năng lượng và con giống, v.v..) và đầu ra (sản phẩm, chất thải) của các trang trại ở từng giai đoạn sinh trưởng các loại heo. Dựa trên số liệu đầu vào (lượng nước, thức ăn/cám) và đầu ra (ví dụ như phân, nước tiểu, nước thải rửa chuồng), tính toán

định mức tiêu thụ nguyên vật liệu và định mức phát thải trên từng con của từng loại heo, sau đó tiến hành đánh giá cấp độ ô nhiễm phát sinh trong các cơ sở chăn nuôi heo.

### 2.2.3. Phương pháp lấy mẫu và phân tích

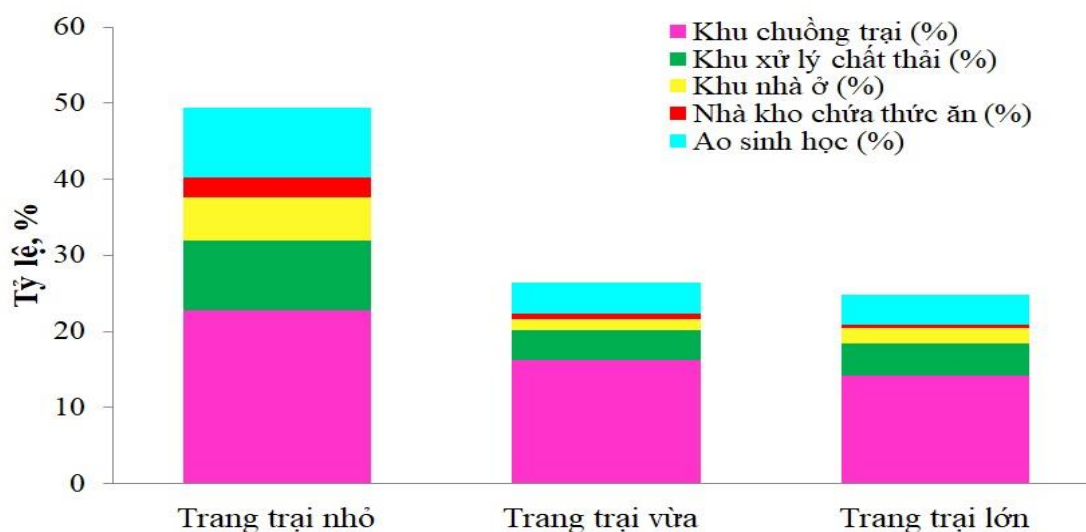
Các mẫu được lấy trong tháng 3/2022 từ các trang trại chăn nuôi heo bao gồm phân thải và nước thải. Tiến hành thực địa lấy 9 mẫu phân thải (mỗi trang trại 3 mẫu), phân tích định lượng các chỉ tiêu thông số chất hữu cơ (OM), nito tổng (TN), phot-pho tổng (TP) và độ ẩm; lấy 6 mẫu nước thải (tại đầu vào, đầu ra của hệ thống xử lý nước thải ở 3 trang trại), các chỉ tiêu phân tích gồm pH, TSS, BOD<sub>5</sub>, COD, TN, TP và Coliform. Trong đó, kỹ thuật lấy mẫu tuân thủ TCVN 6663-1:2011 và phân tích các thông số chất ô nhiễm được thực hiện theo các phương pháp hiện hành TCVN (2009, 2011) và APHA (2012) [23]. Các mẫu được thực hiện phân tích tại Phòng thí nghiệm Khoa Môi trường và Tài nguyên, Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh.

## 3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

### 3.1. Đặc điểm và quy trình chăn nuôi heo trang trại

Số lượng cơ sở các trang trại chăn nuôi heo trên địa bàn huyện Lộc Ninh bao gồm 11 doanh nghiệp, tổng cộng 92 trang trại, tổng đàn quy mô 502600 con, tổng đàn hiện tại là 629316 con [17-18]. Trong đó, tổng cộng 14 xã có các cơ sở chăn nuôi heo, tập trung chủ yếu ở xã Lộc Tấn, Lộc Thạnh, Lộc Thiện và rải rác ở các xã Lộc Điền, Lộc Hiệp và Lộc Phú. Về hình thức trang trại chăn nuôi heo khá đa dạng, cụ thể hình thức chăn nuôi kiểu thuê trại chiếm tỷ lệ cao nhất (64%), hình thức gia công (25%), hình thức nuôi tư nhân và tự nuôi chiếm tỷ lệ thấp (4-5%). Mật độ trung bình ở các trang trại tương đối đồng ( $< 1 \text{ con/m}^2$ ) ở các quy mô chăn nuôi. Theo đó, mật độ cao nhất ở quy mô nhỏ (0,84  $\text{con/m}^2$ ) và quy mô vừa có mật độ thấp nhất (0,48  $\text{con/m}^2$ ).

Hạ tầng cơ sở trang trại chăn nuôi có ảnh hưởng quan trọng đến các hoạt động quản lý các dòng chất thải. Quá trình điều tra ở các trang trại chăn nuôi heo trên địa bàn huyện Lộc Ninh cho thấy, khu chuồng trại quy mô nhỏ có tỷ lệ cao (22,80%) và trang trại quy mô lớn chiếm tỷ lệ lớn thấp (14,16%). Tỷ lệ cao về nhu cầu sử dụng đất (9,13%) để xử lý chất thải ở các trang trại quy mô nhỏ, tuy nhiên tỷ lệ này rất thấp ở trang trại quy mô vừa (3,90%). Ngoài ra, Hình 1 thể hiện tỷ lệ sử dụng đất ở các trang trại chăn nuôi heo huyện Lộc Ninh. Nhìn chung, mục đích sử dụng đất ở các quy mô trang trại nhỏ có tỷ lệ cao so với các trang trại có quy mô lớn và vừa.



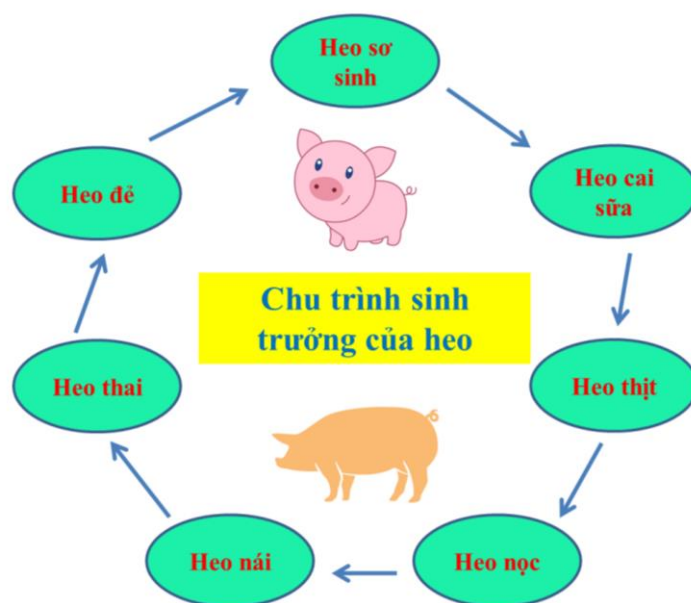
Hình 1. Tỷ lệ sử dụng đất ở các trang trại chăn nuôi heo.

Đặc điểm chuồng trại ở các cơ sở chăn nuôi được thiết kế ở mỗi cấp độ quy mô cho thấy sự khác nhau (Bảng 3). Ở quy mô vừa và nhỏ gồm có loại chuồng nuôi kín và hở, trong khi quy mô lớn chỉ có loại chuồng nuôi kín. Chiều cao tới nóc ở các trang trại chăn nuôi heo cao dần đều theo như quy mô từ nhỏ (3,03 m) tới lớn (3,20 m). Về hệ thống thu gom nguồn nước thải kín được sử dụng đối với quy mô chuồng trại lớn (100%), trong khi quy mô nhỏ và vừa sử dụng cả hệ thống kín và hở. Hầu hết các trang trại chăn nuôi không thiết kế diện tích sân chơi dành cho vật nuôi. Vật liệu nền chuồng trang trại huyện Lộc Ninh chủ yếu làm bằng bê tông.

**Bảng 3.** Đặc điểm chuồng trại chăn nuôi theo các quy mô.

Đặc điểm	Đơn vị	Quy mô			
		Nhỏ	Vừa	Lớn	
Loại chuồng nuôi	Kín	%	40,0	84,5	100,0
	Hở	%	60,0	15,5	0,0
Số dãy	1	%	40,0	20,0	0,0
	2	%	60,0	80,0	100,0
Rãnh thoát nước từ nền	Có	%	100,0	80,0	100,0
Hệ thống thu gom nước thải	Kín	%	40,0	40,0	100,0
	Hở	%	60,0	60,0	0,0
Hàng rào cây xanh	Có	%	80,0	100,0	100,0
Chiều cao tới nóc cao nhất	m		3,03±0,50	3,10±0,65	3,20±0,60
Thể tích hố tắm	m <sup>3</sup>		3,60±1,25	4,50±1,35	6,20±1,50
Vật liệu nền chuồng	-		Bê tông	Bê tông	Bê tông
Diện tích sân chơi	m <sup>2</sup>		0	0	0

Chu trình sinh trưởng của heo ở các trang trại chăn nuôi trên địa bàn huyện Lộc Ninh được mô tả ở Hình 2. Trong đó, heo cai sữa là heo sơ sinh đã cai sữa (nuôi trong thời gian là 28 ngày), mạnh khỏe và nhập đàn để nuôi dưỡng chung. Heo thịt, heo nọc, heo nái là heo cai sữa nuôi đạt 90 kg (thời gian là 120 ngày). Đối với heo chất lượng tốt, nếu chọn làm giống sẽ được chuyển sang heo hậu bị (heo nọc, heo nái), số còn lại được xuất bán dưới dạng heo lấy thịt. Heo nái chính là heo hậu bị được thúc nuôi từ 90 kg lên thành 150 kg (tương đương 235 ngày tuổi) sẽ lên giống và chọn làm heo bố mẹ. Heo nái có thai 110–118 ngày sẽ sinh, các heo sơ sinh được nuôi dưỡng, sau khi đủ cân theo yêu cầu sẽ cai sữa và tiếp tục chu trình sinh trưởng mới.



**Hình 2.** Chu trình sinh trưởng của heo.

### 3.2. Tính toán cân bằng vật chất

Việc phân tích dòng vật chất đóng vai trò trong quá trình sản xuất nhằm quản lý hiệu quả tài nguyên và các nguồn chất thải [12, 24]. Quá trình tính toán nguyên vật liệu đầu vào, dòng chất thải đầu ra theo từng lứa thuộc các giai đoạn chăn nuôi ở các trang trại, kết quả tính toán được thể hiện ở Bảng 4.

**Bảng 4.** Đầu vào và đầu ra của các giai đoạn chăn nuôi heo.

Heo	Giai đoạn	Đơn vị	Mang thai	Nuôi con	Cai sữa và chờ phối	Tổng	
Heo nái	Thời gian	ngày	115	25	47	187	
	Cám ăn	kg/con/ngày	2,8	5,5	3,8		
	Nước uống	lít/con/ngày	3,6	4,4	2,42		
	Nước rửa chuồng	lít/con/ngày	22,5	21,5	26,8		
	Phân thải	kg/con/ngày	1,75	3,32	2,43		
	Nước tiểu	lít/con/ngày	2,67	3,52	1,96		
	Nước thải rửa chuồng	lít/con/ngày	22,5	21,5	26,8		
Heo con	<b>Giai đoạn</b>	<b>Đơn vị</b>	<b>Mới sinh</b>	<b>Cai sữa</b>	<b>Tổng</b>		
	Thời gian	ngày	10	28	38		
	Cám ăn	kg/con/ngày	0,5	0,9			
	Nước uống	lít/con/ngày	0,7	1,74			
	Nước rửa chuồng	lít/con/ngày	0,0	15,6			
	Phân thải	kg/con/ngày	0,02	0,29			
	Nước tiểu	lít/con/ngày	0,2	0,9			
Nước thải rửa chuồng	lít/con/ngày	0,0	15,6				
Heo thịt	<b>Giai đoạn</b>	<b>Đơn vị</b>	<b>&lt;20 kg</b>	<b>20–40 kg</b>	<b>40–60 kg</b>	<b>&gt;60 kg</b>	<b>Tổng</b>
	Thời gian	ngày	20	20	50	30	120
	Cám ăn	kg/con/ngày	0,8	2,0	2,4	3,4	
	Nước uống	lít/con/ngày	1,6	2,84	3,58	4,03	
	Nước rửa chuồng	lít/con/ngày	23,1	24,65	28,7	25,6	
	Phân thải	kg/con/ngày	0,4	1,2	1,9	2,6	
	Nước tiểu	lít/con/ngày	1,05	1,81	2,96	3,8	
Nước thải rửa chuồng	lít/con/ngày	23,1	24,65	28,7	25,6		

Kết hợp chu trình chăn nuôi sẵn sóc và các yếu tố (đầu vào, đầu ra) của quá trình trang trại, sơ đồ cân bằng dòng vật chất đặc trưng được thiết lập cho quy trình chăn nuôi heo huyện Lộc Ninh (Bảng 5). Trong đó, heo nái nuôi 187 ngày/lứa, tiêu thụ 638,1 kg cám/con, 637,74 lít/con nước uống, 4834,6 lít/con nước rửa chuồng, và xả thải 398,46 kg phân/con, 487,17 lít nước tiểu/con. Heo con nuôi 38 ngày, sử dụng 30,2 kg cám, 55,72 lít nước uống, 436,8 lít nước rửa chuồng trại và thải ra 8,32 kg phân/con, 27,2 lít nước tiểu. Heo thịt nuôi 120 ngày/lứa, mỗi con tiêu thụ 278 kg cám, 388,7 lít nước uống, 3158 lít nước rửa chuồng và thải 205 kg phân, 319,2 lít nước tiểu, 3158 lít nước thải rửa chuồng. Có thể thấy, quá trình kiểm toán chất thải cho thấy lượng chất thải và nước thải phát sinh từ hoạt động chăn nuôi theo thứ tự tăng dần heo con < heo thịt < heo nái. Lượng phân thải của heo nái thải ra cao gấp heo con 47,9 lần và heo thịt 1,9 lần. Kết quả về lượng nước thải rửa chuồng của trang trại chăn nuôi heo nái cao gấp heo con và heo thịt lần lượt 10,0 và 1,4 lần.

**Bảng 5.** Sơ đồ dòng vật chất đầu vào và đầu ra quy trình chăn nuôi heo.

Giai đoạn	Đầu vào	Đầu ra	Đơn vị
Mang thai (115 ngày)	– Cám: 322	– Phân thải: 201,25	kg/con
	– Nước uống: 414	– Nước tiểu: 307,05	lít/con
	– Nước rửa chuồng: 2587,5	– Nước thải rửa chuồng: 2587,5	lít/con
Nuôi con (25 ngày)	– Cám: 137,5	– Phân thải: 83	kg/con
	– Nước uống: 110	– Nước tiểu: 88	lít/con
Cai sữa và chờ phối (47 ngày)	– Nước rửa chuồng: 537,5	– Nước thải rửa chuồng: 537,5	lít/con
	– Cám: 178,6	– Phân thải: 114,21	kg/con
	– Nước uống: 113,74	– Nước tiểu: 92,12	lít/con
Heo con mới sinh (10 ngày)	– Nước rửa chuồng: 1259,6	– Nước thải rửa chuồng: 1259,6	lít/con
	– Cám: 5	– Phân thải: 0,2	kg/con
	– Nước uống: 7	– Nước tiểu: 2	lít/con
Heo cai sữa (28 ngày)	– Nước rửa chuồng: 0	– Nước thải rửa chuồng: 0	lít/con
	– Cám: 25,2	– Phân thải: 8,12	kg/con
	– Nước uống: 48,72	– Nước tiểu: 25,2	lít/con
Heo <20 kg (20 ngày)	– Nước rửa chuồng: 436,8	– Nước thải rửa chuồng: 436,8	lít/con
	– Cám: 16	– Phân thải: 8	kg/con
	– Nước uống: 32	– Nước tiểu: 21	lít/con
Heo 20–40 kg (20 ngày)	– Nước rửa chuồng: 462	– Nước thải rửa chuồng: 462	lít/con
	– Cám: 40	– Phân thải: 24	kg/con
	– Nước uống: 56,8	– Nước tiểu: 36,2	lít/con
Heo 40–60 kg (50 ngày)	– Nước rửa chuồng: 493	– Nước thải rửa chuồng: 493	lít/con
	– Cám: 120	– Phân thải: 95	kg/con
	– Nước uống: 179	– Nước tiểu: 148	lít/con
Heo >60 kg (30 ngày)	– Nước rửa chuồng: 1435	– Nước thải rửa chuồng: 1435	lít/con
	– Cám: 102	– Phân thải: 78	kg/con
	– Nước uống: 120,9	– Nước tiểu: 114	lít/con
	– Nước rửa chuồng: 768	– Nước thải rửa chuồng: 768	lít/con

Có thể thấy, KTCT là công cụ quản lý môi trường được áp dụng rộng rãi ở nhiều quốc gia, mang lại hiệu quả trong việc phòng ngừa và kiểm soát các nguồn ô nhiễm [15, 16, 25]. Tính toán định mức tiêu thụ nguyên vật liệu và phát thải của mỗi con heo theo từng giai đoạn được liệt kê ở Bảng 6. Kết quả cho thấy, đối với heo thịt trung bình mỗi ngày một con tiêu thụ 2,32 kg cám, 3,24 lít nước uống, 26,32 lít nước rửa chuồng. Mỗi con thải ra mỗi ngày 1,71 kg phân, 2,66 lít nước tiểu và 26,32 lít nước thải rửa chuồng. Đối với heo con, trung bình mỗi ngày một con tiêu thụ 0,79 kg cám, 1,47 lít nước uống và 11,49 lít nước rửa chuồng. Mỗi ngày mỗi con thải 0,22 kg phân, 0,72 lít nước tiểu và 11,49 lít nước thải rửa chuồng. Riêng đối với heo nái, trung bình mỗi ngày một con tiêu thụ 3,41 kg cám, 3,40 lít nước uống và tốn 23,45 lít nước rửa chuồng. Mỗi ngày mỗi heo nái thải ra 2,13 kg phân, 2,61 lít nước tiểu và 23,45 lít nước thải rửa chuồng. Lượng chất thải sinh ra từ hoạt động chăn nuôi heo trang trại có thể gây ra những ảnh hưởng xấu đến hệ sinh thái môi trường và sức khỏe [3, 7, 26].

**Bảng 6.** Định mức tiêu thụ nguyên liệu và phát thải.

Các yếu tố đầu vào – đầu ra		Loại heo		
Nguyên liệu đầu vào		Heo thịt	Heo con	Heo nái
Thời gian nuôi	ngày/lứa	120	38	187
Cám ăn	kg/con/ngày	2,32	0,79	3,41
Nước uống	lít/con/ngày	3,24	1,47	3,40
Nước rửa chuồng	lít/con/ngày	26,32	11,49	23,45
Chất thải đầu ra				
Phân thải	kg/con/ngày	1,71	0,22	2,13
Nước tiểu	lít/con/ngày	2,66	0,72	2,61
Nước thải rửa chuồng	lít/con/ngày	26,32	11,49	23,45

### 3.3. Đánh giá nguồn thải

Kết quả phân tích các mẫu phân thải ở các trang trại nuôi heo được khảo sát cho thấy độ ẩm trong phân thải khá thấp, dao động trong khoảng 15–19%. Hàm lượng thành phần chất hữu cơ (OM) ở các mẫu chênh lệch không lớn, dao động từ 20–28% (Bảng 7). Chỉ số nitơ tổng (TN) và phốt-pho tổng (TP) có trong phân thải ở trang trại nuôi heo thịt và heo nái có tỷ lệ cao.

**Bảng 7.** Tính chất, tải lượng các chất ô nhiễm trong phân thải.

Chỉ tiêu	Đơn vị	Heo thịt			Heo con			Heo nái		
		P-T01	P-T02	P-T03	P-C01	P-C02	P-C03	P-N01	P-N02	P-N03
Độ ẩm	%	16	15	19	17	19	18	14	17	15
OM	%	22	21	27	26	28	25	20	24	23
TN	%	0,22	0,23	0,26	0,20	0,22	0,24	0,28	0,21	0,19
TP	mg/kg	390	420	489	430	410	427	412	436	457

Ghi chú: P-T01/P-T02/P-T03: Phân thải trại heo thịt; P-C01/P-C02/P-C03: Phân thải trại heo con; P-N01/P-N02/P-N03: Phân thải trại heo nái; TN: Tổng nitơ; TP: Tổng phốt-pho; OM: Chất hữu cơ.

Nguồn nước thải phát sinh từ hoạt động sản xuất chăn nuôi heo trang trại phần lớn ở các công đoạn như tắm heo, rửa chuồng, vệ sinh dụng cụ, cọ/rửa máng ăn, nước tiểu heo và rò rỉ từ các vòi nước uống tự động cho heo, ống dẫn nước, v.v.. Đặc tính nước thải chăn nuôi heo phụ thuộc vào chế độ săn sóc, nuôi dưỡng, thành phần thức ăn. Trong nước thải chăn nuôi chứa các thành phần TSS, BOD<sub>5</sub>, COD ở hàm lượng cao, đặc biệt số lượng lớn các vi sinh vật có rủi ro gây bệnh [7, 26, 27]. Kết quả phân tích các chỉ tiêu chất lượng nước thải trước và sau khi qua hầm biogas các trang trại được thể hiện ở Bảng 8.

**Bảng 8.** Tính chất, tải lượng các chất ô nhiễm trong nước thải.

Chỉ tiêu	Đơn vị	Heo thịt		Heo con		Heo nái	
		Đầu vào	Đầu ra	Đầu vào	Đầu ra	Đầu vào	Đầu ra
pH	–	8,36	6,75	8,25	6,85	8,46	6,61
TSS	mg/l	980	91	812	85	2012	82
BOD <sub>5</sub>	mg/l	1560	34	1123	36	1890	37
COD	mg/l	3025	75	2576	72	3020	65
TN	mg/l	123,0	23,4	112,0	27,5	389,5	21,6
TP	mg/l	37,1	12,7	35,2	11,5	43,8	13,2
Coliform	MPN/100ml	12×10 <sup>6</sup>	4100	11×10 <sup>6</sup>	4500	13×10 <sup>6</sup>	3100

Nhìn chung, nước thải chăn nuôi heo ở các cơ sở trang trại thuộc huyện Lộc Ninh có tính kiềm, pH dao động từ 8,25–8,46. Hàm lượng TSS, BOD<sub>5</sub> và COD rất cao, cụ thể như BOD<sub>5</sub> biến động từ 1123–1890 mg/l; TSS có hàm lượng từ 812–2012 mg/l; COD dao động từ 2576–3025 mg/l; TN từ 112,0–389,5 mg/l; chỉ tiêu TP có hàm lượng từ 35,2–43,8 mg/l. Các chỉ tiêu chất lượng nước thải nêu trên đều vượt giá trị giới hạn theo Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia QCVN 62:2016/BTNMT về nước thải chăn nuôi. Tuy nhiên, ở các kết quả phân tích chất lượng nước đầu ra sau quá trình xử lý biogas, các thông số ô nhiễm có xu hướng giảm. Hàm lượng chất hữu cơ như BOD<sub>5</sub>, COD dao động trong khoảng giá trị lần lượt 34–37 mg/l và 65–75 mg/l. Theo quy định nguồn nước thải này chỉ có thể đáp ứng xả thải vào nguồn tiếp nhận sử dụng cho các mục đích như tưới tiêu nông nghiệp, giao thông đường thủy. Ngoài ra, căn cứ số lượng tổng đàn chăn nuôi ở huyện Lộc Ninh, ước tổng khối lượng chất thải phát thải mỗi lứa tương đương 100 ngàn tấn phân và 1,6 triệu m<sup>3</sup> nước thải. Với lượng chất thải này, đặt ra thách thức to lớn trong công tác quản lý hiệu quả chất thải chăn nuôi heo trang trại huyện Lộc Ninh, tỉnh Bình Phước.



#### 4. Kết luận

Nghiên cứu đã áp dụng công cụ kiểm toán chất thải định lượng chất thải phát sinh của từng loại heo ở các trang trại huyện Lộc Ninh, tỉnh Bình Phước. Căn cứ đặc điểm và quy trình chăn nuôi heo trang trại, việc phân tích dòng vật chất cho thấy vai trò quan trọng trong quá trình sản xuất để quản lý hiệu quả tài nguyên và các nguồn chất thải. Kết hợp các yếu tố (đầu vào, đầu ra) và chu trình chăn nuôi, sơ đồ cân bằng dòng vật chất đặc trưng của quá trình nuôi heo ở các cơ sở trang trại được thiết lập. Kết quả đã định lượng trung bình định mức tiêu thụ định về thực phẩm, nước uống và chất thải phát sinh trong hoạt động chăn nuôi. Đồng thời, đánh giá đặc tính nguồn thải, ước tính tổng lượng chất thải phát sinh cần có giải pháp phòng ngừa, kiểm soát ô nhiễm thích hợp theo cách tiếp cận chủ động.

Các giải pháp giảm thiểu lượng chất thải phát sinh cần quan tâm đến các vấn đề tồn đọng, cân bằng sử dụng tiết kiệm và hiệu quả nguyên vật liệu đầu vào. Hạn chế các dòng chất thải đầu ra ở quy trình chăn nuôi heo bằng việc nghiên cứu áp dụng các giải pháp sản xuất sạch hơn trong chăn nuôi như quản lý nội vi, tuần hoàn và tái sử dụng nước thải và tạo ra sản phẩm mới hữu ích (ví dụ: ủ phân hữu cơ compost) từ việc tận dụng phân thải. Về nhận thức, cần nâng cao hơn nữa ý thức, trách nhiệm bảo vệ môi trường của chủ trang trại cũng như vai trò của các cơ quan quản lý nhà nước trong việc thanh tra, giám sát hoạt động bảo vệ môi trường ở địa phương.

**Đóng góp của các tác giả:** Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: N.D.B., N.T.Q.H.; Phương pháp nghiên cứu: N.D.B., B.T.C.N., N.M.K., D.Q.T., N.T.Q.H., N.K.H., V.M.S., L.T.L.T.; Phân tích, đánh giá kết quả: N.D.B., N.M.K., N.K.H., N.T.Q.H., D.Q.T., B.T.C.N., V.M.S., L.T.L.T.; Viết bản thảo bài báo: B.T.C.N., N.D.B., N.M.K.; Chỉnh sửa bài báo: N.M.K., N.T.Q.H., D.Q.T.

**Lời cảm ơn:** Nhóm tác giả chân thành cảm ơn Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Bình Phước và các trang trại chăn nuôi heo trên địa bàn huyện Lộc Ninh, tỉnh Bình Phước đã sự hỗ trợ, cung cấp thông tin trong quá trình thực hiện nghiên cứu.

**Lời cam đoan:** Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

#### Tài liệu tham khảo

1. DOLP. Báo cáo tình hình chăn nuôi năm 2020. Hà Nội: Cục Chăn nuôi, 2020.
2. Nguyen, T.H. Thực trạng xử lý môi trường chăn nuôi tại Việt Nam và đề xuất giải pháp quản lý. *Tap chí môi trường* **2017**, 6, 12–15.
3. Ky, N.M.; Nhut, H.T.; Hiep, N.T.; Lap, B.Q.; Hung, N.T.Q.; Lin, C.; Tam, T.T.M.; Ozaki, A. Investigation of Nitrogen and Phosphorus Recovery from Swine Wastewater by Struvite Crystallization. *J. Fac. Agr. Kyushu Univ.* **2022**, 67, 65–74.
4. Sampat, A.M.; Hicks, A.; Ruiz–Mercado, G.J.; Zavala, V.M. Valuing economic impact reductions of nutrient pollution from livestock waste. *Resour. Conserv. Recycl.* **2021**, 164, 105199.
5. Lap, B.Q.; Thinh, N.V.D.; Hung, N.T.Q.; Nam, N.H.; Dang, H.T.T.; Ba, H.T.; Ky, N.M.; Tuan, H.N.A. Assessment of rice straw–derived biochar for livestock wastewater treatment. *Water Air Soil Pollut.* **2021**, 232, 1–13.
6. Nguyen, M.K.; Lin, C.; Hoang, H.G.; Sanderson, P.; Dang, B.T.; Bui, X.T.; Nguyen, N.S.H.; Vo, D.V.N.; Tran, H.T. Evaluate the role of biochar during the organic waste composting process: A critical review. *Chemosphere* **2022**, 299, 134488.
7. Martinez, J.; Dabert, P.; Barrington, S.; Burton, C. Livestock waste treatment systems for environmental quality, food safety, and sustainability. *Bioresour. Technol.* **2009**, 100, 5527–5536.

8. Zhang, J.B.; Zhang, J.; Li, J.H.; Tomerlin, J.K.; Xiao, X.P.; ur Rehman, K.; Cai, M.M.; Zheng, L.Y.; Yu, Z.N. Black soldier fly: A new vista for livestock and poultry manure management. *J. Integr. Agric.* **2021**, *20*, 1167–1179.
9. Lijó, L.; Frison, N.; Fatone, F.; González–García, S.; Feijoo, G.; Moreira, M.T. Environmental and sustainability evaluation of livestock waste management practices in Cyprus. *Sci. Total Environ.* **2018**, *634*, 127–140.
10. Chowdhury, T.; Chowdhury, H.; Hossain, N.; Ahmed, A.; Hossen, M.S.; Chowdhury, P.; Thirugnanasambandam, M.; Saidur, R. Latest advancements on livestock waste management and biogas production: Bangladesh’s perspective. *J. Clean. Prod.* **2020**, *272*, 122818.
11. Cong, N.V. An Overview of Agricultural Pollution in Vietnam. Washington, DC, 2017.
12. Công, V.H.; Hằng, P.T. Kiểm toán chất thải chăn nuôi bò tại xã Minh Châu, huyện Ba Vì, Hà Nội. *TNU J. Sci. Technol.* **2019**, *207*, 129–134.
13. Hsu, S.; Banskota, S.; McCormick, W.; Capacci, J.; Bustamante, C.; Moretti, K.; Wiegand, D.; Martin, K.D. Utilization of a waste audit at a community hospital emergency department to quantify waste production and estimate environmental impact. *J. Clim. Change Health* **2021**, *4*, 100041.
14. Felder, M.A.J.; Petrell, R.J.; Duff, S.J.B. A solid waste audit and directions for waste reduction at the University of British Columbia, Canada. *Waste Manag. Res.* **2001**, *19*, 354–365.
15. Spišáková, M.; Mésároš, P.; Mandičák, T. Construction Waste Audit in the Framework of Sustainable Waste Management in Construction Projects—Case Study. *Buildings* **2021**, *11*.
16. Cook, N.; Collins, J.; Goodwin, D.; Porter, J. A systematic review of food waste audit methods in hospital foodservices: development of a consensus pathway food waste audit tool. *J. Hum. Nutr. Diet.* **2022**, *35*, 68–80.
17. BPSO. Niên giám thống kê tỉnh Bình Phước năm 2020. Bình Phước: Cục Thống kê Bình Phước, NXB Thống kê, 2021.
18. BPVD. Thống kê chăn nuôi trên địa bàn tỉnh Bình Phước. Bình Phước: Chi cục Thú y tỉnh Bình Phước, 2020.
19. DARDLN. Báo cáo kết quả hoạt động năm 2020 và phương hướng nhiệm vụ 2021. Bình Phước: Phòng Nông nghiệp và phát triển nông thôn huyện Lộc Ninh, 2020.
20. Kỳ, N.M. Bài giảng Sản xuất Sạch hơn, TP. Hồ Chí Minh: Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh, 2017.
21. Matarazzo, A.; Tuccio, G.; Teodoro, G.; Failla, F.; Giuffrida, V.A. Mass Balance as Green Economic and Sustainable Management in WEEE Sector. *Energy Procedia* **2019**, *157*, 1377–1384.
22. Septifani, R.; Suhartini, S.; Perdana, I.J. Cleaner production analysis of tofu small scale enterprise. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* **2021**, *733*, 012055.
23. APHA; AWWA; WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington DC American Public Health Association, 2012.
24. My, N.T.; Bình, C.T.; Anh, N.H. Ứng dụng mô hình phân tích dòng vật chất trong quản lý tài nguyên nước ngành công nghiệp gang thép. *Tài nguyên và Môi trường* **2021**, *9*, 36–38.
25. Son, C.T.; Giang, N.T.H. Tổng quan chung về kiểm toán môi trường: lý thuyết và thực tiễn. *TNU J. Sci. Technol.* **2019**, *209*, 157–164.
26. Ogbuewu, I.P.; Odoemenam, V.U.; Omede, A.A.; Durunna, C.S.; Emenalom, O.O.; Uchegbu, M.C.; Okoli, I.C.; Iloje, M.U. Livestock waste and its impact on the environment. *Sci. J. Rev.* **2012**, *1*, 17–32.

27. Nguyen, M.K.; Lin, C.; Nhut, H.T.; Hiep, N.T.; Hung, N.T.Q.; Tuan, T.H. Removal of nitrogen and phosphorus pollutants from swine wastewater. Proceeding of the 2021 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems (ISPACS), 2021, 1–2.

## **Auditing piggery waste at the farms in Loc Ninh district, Binh Phuoc province**

**Nguyen Duc Ba<sup>1</sup>, Nguyen Tri Quang Hung<sup>2</sup>, Bui Thi Cam Nhi<sup>2</sup>, Nguyen Kim Hue<sup>2</sup>, Vo Minh Sang<sup>3</sup>, Le Thi Lan Thao<sup>2</sup>, Doan Quang Tri<sup>4</sup>, Nguyen Minh Ky<sup>2,5\*</sup>**

<sup>1</sup> Environmental Protection Department, Binh Phuoc Department of Natural Resources and Environment; nguyenducba.stnmtbp@gmail.com

<sup>2</sup> Faculty of Environment and Natural Resources, Nong Lam University of Ho Chi Minh City; quanghungmt@hcmuaf.edu.vn

<sup>3</sup> Viet Do Construction Investment and Environment JSC; sang.vm@vietdojsc.com

<sup>4</sup> Viet Nam Meteorological and Hydrological Administration; doanquangtrikttv@gmail.com

<sup>5</sup> Department of Environment and Natural Resources, Gia Lai Branch, Nong Lam University of Ho Chi Minh City; nmky@hcmuaf.edu.vn

**Abstract:** This study applied a waste audit tool to determine the amount of waste generated for each type of pig: piglets, porkers, and sows in Loc Ninh district, Binh Phuoc province. Results illustrated that: (1) porkers each day consumed 2.32 kg of bran, 3.24 liters of drinking water, 26.33 liters of water to wash the barn, emitted 1.71 kg of manure, and 2.66 liters urine and 26.32 liters of wastewater from the washing; (2) piglets consumed 0.79 kg of bran, 1.47 liters of drinking water and 11.49 liters of washing water, emitted 0.22 kg of manure, 0.72 liters of urine and 11.49 liters of wastewater in washing barn; (3) sows consumed 3.41 kg of bran, 3.40 liters of drinking water and 23.45 liters of washing water, discharged 2.13 kg of manure, 2.61 liters of urine and 23.45 liters of washing wastewater. The wastewater analysis collected from three farm sizes indicated that concentration variations were respectively 812–2012 mg/l (TSS), 1123–1890 mg/l (BOD<sub>5</sub>), 2576–3025 mg/l (COD), 112–389 mg/l (TN), and 35.2–43.8 mg/l (TP). Based on National Technical Regulation on livestock wastewater (QCVN 62–MT:2016/BTNMT) showed that these parameters did not meet the permitted standards. In addition, the estimated total volume of livestock waste generated in Loc Ninh district includes 100 thousand tons of manure and 1.6 million m<sup>3</sup> of wastewater. This research provides an overall current of waste emission and audit situation at the pig farms and proposes appropriate prevention measures towards proactive approaches.

**Keywords:** Pig farming; Pollution; Waste audit; Livestock waste; Binh Phuoc.