

KẾT QUẢ XÂY DỰNG PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN VÀ ĐO CÁC THÔNG SỐ ĐẶC TRƯNG CỦA BÃI CHÔN LẤP CHẤT THẢI RẮN TẠI VIỆT NAM

HÀ QUANG ANH¹, LÝ VIỆT HÙNG¹, TRẦN PHƯƠNG UYÊN¹

¹Trung tâm Phát triển các-bon thấp

Tóm tắt:

Biến đổi khí hậu (BĐKH) ngày càng trở thành vấn đề toàn cầu cấp bách, ảnh hưởng đến mọi khía cạnh của cuộc sống, từ môi trường tự nhiên đến các hoạt động kinh tế và xã hội. Trong bối cảnh này, việc quản lý phát thải khí mê-tan (CH₄) từ các bãi chôn lấp chất thải rắn là một ưu tiên quan trọng nhằm giảm thiểu tác động của BĐKH, đặc biệt là tại các quốc gia đang phát triển như Việt Nam, nơi hệ thống quản lý chất thải còn nhiều hạn chế. Nghiên cứu đã áp dụng phương pháp phân hủy theo thời gian (FOD) ở bậc 3 (bậc cao nhất), phương pháp này sử dụng các số liệu được đo đạc, khảo sát trực tiếp tại bãi chôn lấp chất thải rắn phục vụ tính toán và đo lường các thông số đặc trưng trong kiểm kê khí nhà kính (KNK) từ các bãi chôn lấp chất thải rắn (CTR) điển hình như Nam Sơn (Hà Nội), Khánh Sơn (Đà Nẵng), Phước Hiệp (TP. Hồ Chí Minh), Khai Quang (Vĩnh Phúc) và Cờ Đỏ (Cần Thơ). Kết quả cho thấy, việc áp dụng phương pháp bậc 3 đã nâng cao độ chính xác trong kiểm kê KNK tại các bãi chôn lấp CTR ở Việt Nam, từ đó đưa ra các giải pháp quản lý phát thải hiệu quả và bền vững hơn.

Từ khóa: Bãi chôn lấp CTR, các-bon hữu cơ phân hủy (DOC), kiểm kê KNK, khí mê-tan (CH₄), phương pháp bậc 3.

Ngày nhận bài: 7/8/2024; Ngày sửa chữa: 12/9/2024; Ngày duyệt đăng: 22/9/2024.

Results of developing a method to calculate and measure typical parameters of solid waste landfill sites in Vietnam

Abstract:

Climate change is increasingly becoming a pressing global issue, affecting all aspects of life, from the natural environment to economic and social activities. In this context, managing methane (CH₄) emissions from solid waste disposal sites (SWDS) is a critical priority in mitigating the impacts of climate change, especially in developing countries like Vietnam, where waste management systems still face many challenges. This study applied the First Order Decay (FOD) method at the highest level, Tier 3, which uses directly measured and surveyed data from SWDS to calculate and measure country-specific parameters in greenhouse gas (GHG) inventories from typical landfills such as Nam Son (Hanoi), Khanh Son (Da Nang), Phuoc Hiep (Ho Chi Minh City), Khai Quang (Vinh Phuc) and Co Do (Can Tho). The results demonstrate that the application of Tier 3 has significantly improved the accuracy of GHG inventories at SWDS in Vietnam, leading to more effective and sustainable emission management solutions.

Keywords: Solid Waste Disposal Sites (SWDS), Degradable Organic Các-bon (DOC), greenhouse gas inventory, methane (CH₄), Tier 3 methodology.

JEL Classifications: O13, P18, P48, Q53.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

BĐKH đang trở thành một trong những thách thức nghiêm trọng nhất đối với hành tinh, với những hệ quả rõ rệt ảnh hưởng đến môi trường, kinh tế và xã hội. Các bãi chôn lấp CTR là một trong những nguồn gây phát thải KNK, đặc biệt là khí mê-tan (CH₄), loại khí có khả năng gây hiệu ứng nhà kính mạnh gấp 25 lần so với CO₂ trong vòng 100 năm (IPCC, 2006). Việc kiểm soát lượng phát thải này đã

trở thành ưu tiên tại nhiều quốc gia, nơi hệ thống quản lý chất thải tiên tiến giúp giảm lượng phát thải từ CTR. Tuy nhiên, tại các quốc gia đang phát triển như Việt Nam, nơi tỷ lệ chất thải hữu cơ cao và hệ thống quản lý còn hạn chế, quá trình phát thải CH₄ vẫn là một thách thức lớn (Bộ TN&MT, 2020).

Các bãi chôn lấp tại Việt Nam chứa đến 50-70% chất thải hữu cơ, dẫn đến tiềm năng phát thải CH₄ cao hơn so với các quốc gia có hệ thống xử lý tiên



tiến (Bộ TN&MT, 2020). Tuy nhiên, việc kiểm kê lượng phát thải này thường gặp khó khăn do thiếu sự đồng nhất về phương pháp và dữ liệu chính xác từ các bãi chôn lấp. Các bãi chôn lấp như Nam Sơn (Hà Nội), Khánh Sơn (Đà Nẵng), Phước Hiệp (TP. Hồ Chí Minh), Khai Quang (Vĩnh Phúc) và Cờ Đỏ (Cần Thơ) chưa được quản lý chặt chẽ, dẫn đến lượng khí phát thải vượt mức, không được kiểm soát một cách hiệu quả.

Trên thế giới, nhiều quốc gia phát triển như Hoa Kỳ, Nhật Bản và Đức đã áp dụng phương pháp phân hủy theo thời gian (First Order Decay - FOD) của IPCC để ước tính và kiểm soát lượng phát thải CH₄ từ bãi chôn lấp. Các quốc gia này có hệ thống quản lý chất thải tiên tiến và cơ sở dữ liệu đầy đủ, giúp việc áp dụng FOD đạt hiệu quả cao.

Tại châu Á, một số quốc gia như Thái Lan và Trung Quốc cũng đã triển khai thực hiện theo phương pháp FOD để kiểm soát lượng phát thải CH₄ từ các bãi chôn lấp (Wangyao và cộng sự, 2009; Cai và cộng sự, 2014). Các quốc gia này có điều kiện khí hậu nhiệt đới tương tự Việt Nam, với nhiệt độ và độ ẩm cao, làm tăng tốc độ phân hủy chất thải hữu cơ. Việc áp dụng FOD đã cho thấy tiềm năng giảm thiểu lượng phát thải CH₄ đáng kể, nhưng đòi hỏi phải điều chỉnh theo các thông số đặc trưng của từng quốc gia để tăng tính chính xác.

Tại các quốc gia đang phát triển như Pakistan và Ấn Độ, việc áp dụng phương pháp FOD ở bậc 3 cũng đang dần được triển khai, đặc biệt khi các quốc gia này gặp khó khăn tương tự về dữ liệu và quản lý bãi chôn lấp (Sohoo và cộng sự, 2021). Trong bối cảnh đó, việc kết hợp FOD ở bậc 3, sử dụng các thông số đặc trưng của quốc gia là cần thiết để đạt được kết quả chính xác hơn trong việc kiểm kê và giảm thiểu phát thải KNK.

Chính vì vậy, nghiên cứu đã xây dựng được phương pháp kiểm kê lượng phát thải CH₄ từ các bãi chôn lấp tại Việt Nam, dựa trên Hướng dẫn IPCC 2006 và bản sửa đổi 2019 bằng cách áp dụng phương pháp phân hủy theo thời gian ở bậc 3 với các thông số đặc trưng được đo đạc trực tiếp và tính toán từ các bãi chôn lấp CTR như tỷ lệ thành phần chất thải, các-bon hữu cơ phân hủy (DOC), hệ số điều chỉnh mê-tan (MCF) và hệ số phân hủy (k) trong khí phát thải nhằm nâng cao tính chính xác trong kiểm kê KNK từ các bãi chôn lấp CTR, từ đó đưa ra các giải pháp quản lý phát thải hiệu quả hơn.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Phương pháp FOD và phương pháp bậc 3

Phương pháp phân hủy theo thời gian (FOD) dựa trên mô hình phân hủy chất hữu cơ trong bãi chôn lấp theo thời gian. Mô hình này giả định rằng lượng khí mê-tan được tạo ra từ quá trình phân hủy các thành phần hữu cơ trong CTR sẽ giảm dần theo thời gian khi lượng các-bon trong chất thải bị phân hủy dần. Hướng dẫn IPCC 2006 sử dụng phương pháp FOD để tính toán lượng phát thải khí mê-tan từ các bãi chôn lấp.

Phương pháp bậc 3 là cấp độ cao nhất của FOD, dựa trên việc sử dụng số liệu đặc trưng quốc gia có chất lượng tốt. Điều này bao gồm việc đo đạc các thông số như lượng chất thải, hàm lượng các-bon hữu cơ phân hủy (DOC) và các yếu tố khí hậu như lượng mưa và nhiệt độ. Phương pháp bậc 3 cho phép ước tính lượng phát thải CH₄ với độ chính xác cao hơn bằng cách sử dụng các thông số thực tế thay vì các giá trị mặc định cung cấp bởi IPCC.

Phương pháp FOD ở bậc 3 thể hiện ở mức độ chi tiết của dữ liệu và khả năng áp dụng cho từng quốc gia. Trong khi FOD ở bậc thấp hơn áp dụng phương trình phân hủy cơ bản, phương pháp bậc 3 yêu cầu dữ liệu chi tiết hơn về điều kiện quản lý và môi trường tại các bãi chôn lấp. Điều này giúp tăng tính chính xác của các kết quả kiểm kê và cải thiện khả năng quản lý phát thải.

2.2. Phương pháp tính toán phát thải KNK trong lĩnh vực CTR

Phương pháp tính toán lượng KNK phát thải từ bãi chôn lấp CTR (Solid Waste Disposal Sites - SWDS) dựa trên Hướng dẫn của IPCC 2006 và bản sửa đổi năm 2019 (IPCC, 2006; IPCC, 2019). Để đảm bảo tính chính xác trong kiểm kê KNK, phương pháp phân hủy theo thời gian đã được chọn làm cơ sở để tính toán lượng khí mê-tan (CH₄) phát thải từ bãi chôn lấp.

Các công thức và thông số được sử dụng trong phương pháp tính toán này dựa trên lượng CH₄ phát thải, được ước tính từ lượng các-bon hữu cơ phân hủy (DOC) trong chất thải, hệ số phân hủy k, và hệ số điều chỉnh CH₄ (MCF).

Công thức tính toán tổng lượng phát thải CH₄

Lượng phát thải CH₄ từ chất thải chôn lấp được tính theo công thức:

$$CH_{4emissions} = CH_{4generated} - CH_{4recovered} - CH_{4oxidised}$$

Trong đó:

CH_{4emissions}: Lượng khí CH₄ phát thải trong năm T (Gg).

CH_{4generated}: Lượng CH₄ được tạo ra trong năm T (Gg).

$CH_{4recovered}$: Lượng CH_4 được thu hồi trong năm T (Gg).

$CH_{4recovered}$: Lượng CH_4 bị oxy hóa trong lớp phủ của bãi chôn lấp.

Đối với các bãi chôn lấp có hệ thống thu hồi và xử lý CH_4 , lượng CH_4 phát thải sẽ được điều chỉnh theo Hướng dẫn của IPCC để loại trừ lượng khí thu hồi. Lượng khí CH_4 bị oxy hóa trong lớp đất phủ cũng sẽ được trừ ra để tính lượng CH_4 phát thải thực tế vào không khí.

Công thức tính lượng CH_4 tạo ra

Lượng CH_4 tạo ra từ quá trình phân hủy chất hữu cơ trong bãi chôn lấp được tính toán theo công thức:

$$CH_{4generated} = DDOC_{mdecomp} \times F \times 16/12$$

Trong đó:

$DDOC_{mdecomp}$: Khối lượng DOC bị phân hủy trong năm T (Gg).

F: Tỷ lệ CH_4 trong khí phát thải từ bãi chôn lấp (thường sử dụng giá trị 0,5 theo IPCC 2006).

16/12: Tỷ lệ trọng lượng phân tử CH_4/C .

Việc tính toán lượng CH_4 được tạo ra phụ thuộc vào lượng DOC được phân hủy trong điều kiện yếm khí tại bãi chôn lấp, tỷ lệ CH_4 trong khí phát thải, và tỷ lệ trọng lượng phân tử giữa CH_4 và C.

Công thức tính khối lượng DOC phân hủy ($DDOC_m$)

Khối lượng các-bon hữu cơ có thể phân hủy ($DDOC_m$) trong chất thải được tính theo công thức:

$$DDOC_m = W \times DOC \times DOC_f \times MCF$$

Trong đó:

W: Khối lượng chất thải được chôn lấp (Gg).

DOC: Hàm lượng các-bon hữu cơ có thể phân hủy trong chất thải (Gg C/Gg chất thải).

DOC_f : Phần các-bon hữu cơ phân hủy trong điều kiện kỵ khí (giá trị mặc định là 0,5 theo IPCC 2006).

MCF: Hệ số điều chỉnh CH_4 , phản ánh mức độ quản lý của bãi chôn lấp.

Hàm lượng DOC trong chất thải được xác định dựa trên thành phần chất thải, bao gồm các nhóm chính như thức ăn, giấy, gỗ và các chất thải hữu cơ khác. Giá trị DOC cho từng nhóm chất thải được xác định theo công thức:

$$DOC = \sum_i (DOC_i \times W_i)$$

Trong đó:

DOC_i : Hàm lượng các-bon hữu cơ có thể phân hủy của từng nhóm chất thải.

W_i : Khối lượng phần rác thải của từng nhóm chất thải trên tổng lượng chất thải.

Lượng các-bon hữu cơ có thể phân hủy lắng đọng hàng năm

Trong phản ứng phân hủy theo thời gian, lượng sản phẩm hình thành luôn tỷ lệ thuận với lượng chất phân ứng ban đầu. Điều này đồng nghĩa với việc thời

gian chất thải được lưu giữ trong bãi chôn lấp không ảnh hưởng đến lượng CH_4 phát thải hàng năm. Yếu tố quan trọng duy nhất là tổng khối lượng vật liệu đang phân hủy tại khu vực này. Nói cách khác, khi chúng ta đã biết khối lượng vật liệu phân hủy có sẵn tại bãi chôn lấp vào trong mỗi một năm, thì mỗi năm đều có thể coi như năm đầu tiên trong phương pháp tính toán, và các phép tính bậc nhất cơ bản có thể được thực hiện dựa trên hai phương trình đơn giản, bắt đầu tính từ ngày 1/1 của năm tiếp theo sau khi chất thải được lắng đọng.

$DDOC_m$ tích lũy trong SWDS tới cuối năm T

$$DDOC_{mT} = DDOC_{mT-1} + (DDOC_{mT-1} \times e^{-k})$$

$DDOC_m$ phân hủy vào cuối năm T

$$DDOC_{mdecompT} = DDOC_{mT-1} \times (1 - e^{-k})$$

T = năm kiểm kê

$DDOC_{mT}$ = $DDOC_m$ tích lũy trong SWDS cuối năm T, Gg

$DDOC_{mT-1}$ = $DDOC_m$ tích lũy trong SWDS cuối năm (T-1), Gg

$DDOC_{mdT}$ = $DDOC_m$ được xử lý tại SWDS năm T, Gg

$DDOC_{mdecompT}$ = $DDOC_m$ bị phân hủy trong SWDS năm T, Gg

k = hệ số phản ứng, $k = \ln(2)/t_{1/2}$ (y^{-1})

$t_{1/2}$ = thời gian bán hủy (y)

2.3. Phương pháp đo đạc các thông số đặc trưng

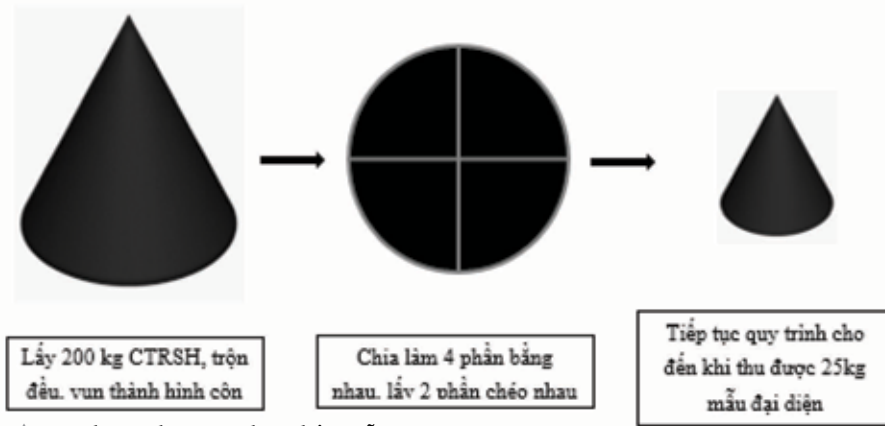
Việc đo đạc thực tế tại các bãi chôn lấp đóng vai trò quan trọng trong việc xác định các thông số đặc trưng, giúp tăng độ chính xác của phương pháp tính toán. Các thông số này bao gồm tỷ lệ thành phần chất thải, DOC, hệ số phân hủy k, và hệ số điều chỉnh CH_4 (MCF). Các quy trình đo đạc được thực hiện theo Thông tư số 17/2022/TT-BTNMT (Bộ TN&MT, 2022), quy định kỹ thuật đo đạc và báo cáo phát thải KNK trong lĩnh vực quản lý chất thải.

Đo đạc tỷ lệ thành phần chất thải chôn lấp

Tỷ lệ thành phần chất thải chôn lấp được đo đạc thông qua việc phân tích các mẫu chất thải từ bãi chôn lấp. Mỗi mẫu chất thải được thu thập từ các vị trí khác nhau trên bề mặt bãi chôn lấp để đảm bảo tính đại diện (Nguyễn, T.K.Tuyên và cộng sự, 2015). Các mẫu chất thải sẽ được phân tích thành các nhóm chính, bao gồm thức ăn, giấy, gỗ và chất thải hữu cơ khác, cũng như các chất thải vô cơ như kim loại, nhựa và thủy tinh.

DOC trong chất thải được đo đạc bằng phương pháp phân tích hóa học, xác định hàm lượng các-bon trong các mẫu chất thải hữu cơ. Kết quả đo đạc sẽ được so sánh với các giá trị mặc định từ Hướng dẫn IPCC 2006 để điều chỉnh phù hợp với điều kiện địa phương.

Theo Hướng dẫn IPCC 2006, công thức để tính DOC được trình bày trong công thức 3.7, trang 3.13,



▲ Hình 1. Phương pháp lấy mẫu CTR

Chương 3, Phần 5. DOC được tính toán dựa trên hàm lượng các-bon hữu cơ trong từng loại chất thải, được gọi là DOC_i (Cai, Bo-Feng và cộng sự, 2014; Bộ Môi trường Nhật Bản, 2021).

Để xác định hàm lượng DOC trong chất thải, cần phải tiến hành lấy mẫu và phân tích các thành phần chất thải hữu cơ trong các bãi chôn lấp. Quá trình này bao gồm việc thu thập mẫu từ các loại chất thải như thực phẩm, cây cối, giấy, gỗ, vải dệt, và tã lót, sau đó xác định hàm lượng các-bon hữu cơ trong các mẫu này bằng phương pháp Walkley-Black, được quy định trong tiêu chuẩn quốc gia TCVN 9294:2012 (Tiêu chuẩn quốc gia, 2012). Phương pháp này dựa trên việc oxy hóa các-bon hữu cơ có trong đất bằng dung dịch kali dicromat và axit sulfuric, sau đó chuẩn độ để xác định lượng các-bon còn lại (FAO, 2019).

Quy trình Walkley-Black:

- Thu mẫu chất thải: Các mẫu chất thải được lấy từ các bãi chôn lấp, đảm bảo đại diện cho các loại chất thải chính như thực phẩm, giấy, và gỗ.

- Chuẩn bị mẫu: Mẫu chất thải được nghiền nhỏ và sấy khô ở nhiệt độ 105°C cho đến khi khối lượng mẫu ổn định.

- Phân tích các-bon hữu cơ: Mẫu được trộn với dung dịch kali dicromat ($K_2Cr_2O_7$) và axit sulfuric (H_2SO_4) để oxy hóa các-bon hữu cơ thành CO_2 . Sau đó, mẫu được chuẩn độ với dung dịch ferrous sulfate ($FeSO_4$) để xác định lượng kali dicromat chưa phản ứng, từ đó tính toán lượng các-bon hữu cơ đã bị oxy hóa.

- Tính toán DOC: Lượng các-bon hữu cơ trong mẫu được tính toán dựa trên khối lượng các-bon bị oxy hóa trong quá trình chuẩn độ. Hàm lượng này sau đó được dùng để tính DOC_i cho từng loại chất thải.

Đo đạc hệ số phân hủy k

Hệ số phân hủy k được xác định dựa trên điều kiện khí hậu tại bãi chôn lấp, bao gồm lượng mưa, nhiệt độ và độ ẩm. Các thiết bị đo lường được sử dụng để ghi nhận các thông số này tại bãi chôn lấp trong nhiều giai đoạn khác nhau nhằm đảm bảo tính chính xác.

Theo Cục Bảo vệ Môi trường Hoa Kỳ, hệ số phân hủy k có thể được ước tính dựa trên lượng mưa trung bình hàng năm theo công thức (Nguyễn, T. T. Nguyễn và Phạm, Q. Thêu, 2019):

$$k = 3,2 \times 10^{-5}(x) + 0,01$$

Trong đó: x là lượng mưa trung bình hàng năm (mm).

Ví dụ, tại Việt Nam, với lượng mưa trung bình hàng năm dao động từ 1.239 mm đến 2.268 mm, giá trị k dao động từ 0,17 đến 0,2 cho chất thải hữu cơ phân hủy nhanh.

Đo đạc hệ số điều chỉnh mê-tan (MCF)

Hệ số điều chỉnh CH_4 (MCF) phản ánh mức độ quản lý của bãi chôn lấp, bao gồm việc quản lý thu gom và xử lý khí thải. Việc đo đạc MCF yêu cầu ghi nhận các yếu tố như độ sâu chôn lấp, tình trạng quản lý khí thải, và hiệu quả của hệ thống thu gom. MCF có thể được điều chỉnh dựa trên thực tế đo đạc và điều kiện quản lý của từng bãi chôn lấp cụ thể.

Bảng 1. Hệ số điều chỉnh mê-tan theo Hướng dẫn IPCC 2006

Loại hình bãi chôn lấp	Hệ số điều chỉnh mê-tan (MCF)	Nội dung
Quản lý - Kỳ khí	1.0	Bãi chôn lấp phải có sự kiểm soát trong việc đặt chất thải (ví dụ: chất thải được đưa vào các khu vực lắng đọng cụ thể, có kiểm soát tình trạng nhật rác và lửa). Bãi chôn lấp phải đáp ứng ít nhất một trong các điều kiện sau: (i) có lớp phủ; (ii) nén chặt cơ học; hoặc (iii) san bằng chất thải.
Quản lý tốt - Bán hiếu khí	0.5	Bãi chôn lấp bán hiếu khí được coi là quản lý tốt nếu đáp ứng một trong các điều kiện sau: (i) lớp phủ thấm nước; (ii) hệ thống thoát nước ri không bị chìm; (iii) hồ điều hòa; và (iv) hệ thống thông gió khí không có nắp, (v) kết nối hệ thống thoát nước ri và hệ thống thông gió khí.

Quản lý chưa tốt - Bán hiếu khí	0.7	Bãi chôn lấp bán hiếu khí được coi là quản lý chưa tốt nếu đáp ứng một trong các điều kiện sau: (i) hệ thống thoát nước rỉ bị chìm; (ii) van thoát nước bị đóng hoặc lối thoát khí không mở; (iii) bịt kín lối thông gió khí.
Quản lý tốt - Sục khí tích cực	0.4	Bãi chôn lấp được sục khí tích cực bao gồm các công nghệ sục khí tại chỗ áp suất thấp, thông khí, bioventing, thông khí thụ động có hút khí. Bãi chôn lấp phải có sự kiểm soát việc đặt chất thải và có hệ thống thoát nước rỉ để tránh tắc nghẽn không khí, bao gồm: (i) lớp phủ; (ii) hệ thống bơm không khí hoặc hút khí mà không làm khô chất thải.
Quản lý chưa tốt - Sục khí tích cực	0.7	Bãi chôn lấp sục khí tích cực được coi là quản lý chưa tốt nếu đáp ứng một trong các điều kiện sau: (i) hệ thống thông khí bị tắc do thất bại thoát nước; (ii) thiếu độ ẩm cần thiết cho vi sinh vật do sục khí áp suất cao.
Không quản lý - Độ sâu > 5 m	0.8	Tất cả các bãi chôn lấp không đáp ứng tiêu chuẩn quản lý nhưng có độ sâu từ 5 mét trở lên và/hoặc có mực nước ngầm gần mặt đất. Trường hợp này tương ứng với việc lấp đầy các khu vực nước nội địa như ao, sông, hoặc đầm lầy bằng chất thải.
Không quản lý - Độ sâu < 5 m	0.4	Tất cả các bãi chôn lấp không đáp ứng tiêu chuẩn quản lý và có độ sâu dưới 5 mét.
Không xếp loại	0.6	Chỉ áp dụng nếu quốc gia không thể phân loại các bãi chôn lấp của mình vào bốn loại đã nêu trên, hệ số MCF cho loại này có thể được sử dụng.



▲ Nhóm nghiên cứu tính toán tỷ lệ thành phần trong chất thải rắn

Việc áp dụng phương pháp tính toán và đo đạc các thông số đặc trưng cho các bãi chôn lấp CTR tại Việt Nam, dựa trên Hướng dẫn IPCC 2006 và 2019, đóng vai trò quan trọng trong việc nâng cao độ chính xác của kiểm kê KNK.

Dữ liệu về lượng chất thải nhập bãi, thành phần chất thải, và điều kiện khí hậu được thu thập từ các báo cáo hiện có và từ các cuộc khảo sát tại các bãi chôn lấp được lựa chọn. Hệ số phân hủy (k) và MCF được xác định dựa trên điều kiện khí hậu thực tế tại Việt Nam, với nhiệt độ và độ ẩm cao (IPCC, 2019). Số liệu về lượng phát thải CH_4 được tính toán dựa trên phương pháp FOD ở bậc 3, sau đó so sánh với kết quả từ các nghiên cứu quốc tế khác (Wangyao và cộng sự, 2009; Cai và cộng sự, 2014).

Các dữ liệu đã được phân tích và tinh chỉnh để phù hợp với các đặc điểm khí hậu đặc thù của Việt Nam. Nghiên cứu cũng tính đến sự khác biệt trong hệ thống quản lý của các bãi chôn lấp để đưa ra những dự báo chính xác về lượng phát thải KNK.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Tính toán lượng phát thải CH_4

Nghiên cứu đã thực hiện kiểm kê lượng phát thải khí mê-tan (CH_4) tại năm bãi chôn lấp lớn ở Việt Nam bao gồm: Nam Sơn, Khánh Sơn, Phước Hiệp, Khai Quang và Cờ Đỏ. Kết quả cho thấy, các bãi chôn lấp có hệ thống quản lý tốt như Nam Sơn, Khánh Sơn và Phước Hiệp đã đạt được hệ số MCF lần lượt là 1,0 và 0,5, cho thấy khả năng thu gom và xử lý khí mê-tan hiệu quả (hiếu khí và bán kỵ khí). Ngược lại, Khai Quang và Cờ Đỏ có MCF lần lượt là 0,7 và 0,6, phản ánh hệ thống quản lý chưa hiệu quả.

Bảng 2. Hệ số điều chỉnh MCF tại các bãi chôn lấp

Bãi chôn lấp chất thải	MCF
Nam Sơn	1,00
Khai Quang	0,70
Khánh Sơn	0,50
Phước Hiệp	0,50
Cờ Đỏ	0,60

Lượng phát thải CH_4 tại các bãi chôn lấp được tính toán dựa trên khối lượng chất thải và hệ số DOC_p , phản ánh tỷ lệ các thành phần chất thải hữu cơ như thức ăn, giấy, gỗ, và cây cối cũng như cho thấy rõ sự khác biệt giữa các thành phố lớn và nhỏ. Tại Nam Sơn (Hà Nội) và Phước Hiệp (TP. Hồ Chí Minh) - hai đô thị lớn với mật độ dân số cao và lượng rác thải khổng lồ, lượng phát thải CH_4 ước tính lần lượt là 328,746 tCO₂ tương đương (tđ) và 342,803 tCO_{2td} mỗi năm, do khối lượng chất thải hữu cơ lớn.



Bãi chôn lấp Khánh Sơn (Đà Nẵng) với quy mô nhỏ hơn, nhưng vẫn có lượng phát thải đáng kể là 63,956 tCO_{2td}, do khối lượng chất thải nhập bãi khá cao.

Ngược lại, tại Khai Quang (Vĩnh Phúc) và Cờ Đỏ (Cần Thơ), lượng phát thải CH₄ thấp hơn nhiều, lần lượt là 8,898 tCO_{2td} và 3,522 tCO_{2td}, do lượng rác thải hữu cơ ít hơn, phản ánh quy mô nhỏ của các đô thị này.

Bảng 3. Lượng phát thải CH₄ tại các bãi chôn lấp

Bãi chôn lấp	Lượng phát thải (tCO _{2td})
Nam Sơn	328,746
Khai Quang	8,898
Khánh Sơn	63,956
Phước Hiệp	342,803
Cờ Đỏ	3,522

3.2. Sự ảnh hưởng của khí hậu nhiệt đới đến quá trình phát thải CH₄

Khí hậu nhiệt đới gió mùa của Việt Nam, với nhiệt độ cao và độ ẩm lớn, đã ảnh hưởng mạnh đến quá trình phân hủy chất hữu cơ trong các bãi chôn lấp. Kết quả tính toán cho thấy hệ số phân hủy khí CH₄ (k) tại các bãi chôn lấp ở Việt Nam dao động từ 0,058 đến 0,076. Mặc dù Việt Nam có khí hậu nhiệt đới với nhiệt độ và độ ẩm cao, những giá trị này vẫn thấp hơn so với mức dự đoán từ 0,17 đến 0,2 thường thấy trong các nghiên cứu quốc tế về khu vực nhiệt đới (IPCC, 2019). Điều này cho thấy tốc độ phân hủy chất hữu cơ tại các bãi chôn lấp ở Việt Nam diễn ra chậm hơn so với mức trung bình dự kiến cho khí hậu nhiệt đới.

Tại bãi chôn lấp Khánh Sơn, hệ số k cao nhất, đạt 0,076, điều này cho thấy tốc độ phân hủy các-bon hữu cơ tại đây nhanh hơn các bãi chôn lấp khác, có thể do thành phần chất thải và điều kiện quản lý tại bãi. Ngược lại, bãi chôn lấp Cờ Đỏ có hệ số k

thấp nhất (0,061), cho thấy tốc độ phân hủy chất thải chậm hơn, có thể do các yếu tố như điều kiện quản lý kém và khối lượng chất thải thấp.

So với các quốc gia có khí hậu ôn đới, hệ số k tại Việt Nam vẫn cao hơn. Ở các nước ôn đới, hệ số k thường dao động từ 0,01 đến 0,06 (IPCC, 2019), cho thấy tốc độ phân hủy chất thải tại các khu vực lạnh hơn chậm hơn nhiều so với các khu vực nhiệt đới như Việt Nam. Điều này khẳng định rằng mặc dù hệ số k tại Việt Nam thấp hơn dự đoán cho các khu vực nhiệt đới, tốc độ phân hủy vẫn nhanh hơn so với các quốc gia có khí hậu ôn đới, do ảnh hưởng của điều kiện khí hậu nhiệt đới nóng ẩm.

Bảng 4. Hệ số tốc độ phát thải khí CH₄ (k)

Bãi chôn lấp chất thải	k
Nam Sơn	0,065
Khai Quang	0,058
Khánh Sơn	0,076
Phước Hiệp	0,072
Cờ Đỏ	0,061

3.3. Tỷ lệ thành phần chất thải và DOC

Hai bảng số liệu cho thấy sự khác biệt đáng kể giữa các bãi chôn lấp về tỷ lệ thành phần chất thải hữu cơ và hàm lượng các-bon hữu cơ phân hủy (DOC). Các thành phần hữu cơ như thức ăn, giấy, và cây cối chiếm tỷ lệ lớn nhất trong chất thải. Cụ thể, tại Nam Sơn, thức ăn chiếm 44,6%, cây cối 16%, và giấy 3,6%, trong khi tại Phước Hiệp, thức ăn chiếm 42,6%, cây cối 15,1%, và giấy 4,0%. Các bãi chôn lấp còn lại có tỷ lệ tương tự, phản ánh rằng tỷ lệ chất thải hữu cơ tại các bãi chôn lấp lớn ở Việt Nam chiếm phần lớn trong tổng lượng rác thải, do đặc điểm văn hóa và đời sống sinh hoạt của người dân Việt Nam nói chung.

Bảng 5. Tỷ lệ thành phần chất thải chôn lấp

Bãi chôn lấp	Thức ăn	Cây cối	Giấy	Gỗ	Dệt may	Tã lót	Nhựa và các loại khác
Nam Sơn	44,6%	16,0%	3,6%	0,4%	2,8%	4,9%	27,7%
Khai Quang	43,5%	15,8%	3,3%	0,3%	2,4%	4,7%	30,0%
Khánh Sơn	45,1%	14,7%	3,4%	0,4%	2,3%	5,0%	29,1%
Phước Hiệp	42,6%	15,1%	4,0%	0,4%	2,5%	5,1%	30,3%
Cờ Đỏ	44,1%	15,6%	3,5%	0,4%	2,3%	4,7%	29,4%

Giá trị DOC_i tại các bãi chôn lấp dao động từ 0,14 đến 0,17, với giá trị cao nhất ở Nam Sơn và Khánh Sơn (0,17), cho thấy sự tương đồng về hàm lượng các-bon hữu cơ phân hủy trong chất thải giữa các bãi lớn. Tuy nhiên, Khai Quang có giá trị DOC thấp hơn (0,14), phản ánh lượng chất thải hữu cơ thấp hơn

và có thể do quy mô dân số nhỏ hơn và khối lượng rác thải phát sinh ít hơn. Tương tự, bãi chôn lấp Cờ Đỏ cũng có tỷ lệ DOC tương đương với Nam Sơn và Khánh Sơn, cho thấy đặc tính phân hủy của chất thải hữu cơ tương đồng mặc dù quy mô dân số và rác thải phát sinh thấp hơn.

Bảng 6. Các-bon hữu cơ phân hủy trong chất thải (DOC)

Bãi chôn lấp chất thải	DOC _i							DOC
	Thức ăn	Cây cối	Giấy	Gỗ	Dệt may	Tã lót	Nhựa và các thứ khác	
Nam Sơn	0,11	0,038	0,015	0,0017	0,0056	0,0032	0	0,17
Khai Quang	0,09	0,034	0,015	0,0016	0,0051	0,0011	0	0,14
Khánh Sơn	0,11	0,037	0,015	0,0017	0,0057	0,0022	0	0,17
Phước Hiệp	0,10	0,038	0,015	0,0017	0,0057	0,0034	0	0,16
Cờ Đỏ	0,11	0,038	0,015	0,0019	0,0053	0,0030	0	0,17



▲ Toàn cảnh Khu LHXLC Nam Sơn, Hà Nội

Điểm đáng chú ý là DOC_i của nhựa và các loại vật liệu vô cơ được tính bằng 0 tại tất cả các bãi chôn lấp. Điều này phù hợp với hướng dẫn của IPCC, vì nhựa và các vật liệu vô cơ không phân hủy sinh học hoặc có thời gian phân hủy rất lâu, không tạo ra các-bon hữu cơ hoặc khí nhà kính trong quá trình phân hủy.

3.4. Đề xuất sử dụng các thông số đặc trưng trong kiểm kê KNK tại bãi chôn lấp chất thải rắn

Phương pháp kiểm kê KNK tại các bãi chôn lấp CTR cần được thực hiện một cách chính xác và toàn diện, đặc biệt trong điều kiện khí hậu nhiệt đới của Việt Nam. Để đáp ứng yêu cầu của UNFCCC về kiểm kê quốc gia KNK và thực hiện NDC, cũng như cải thiện độ chính xác và giảm mức độ không chắc chắn trong kiểm kê KNK, nghiên cứu đề xuất sử dụng phương pháp phân hủy theo thời gian (First Order Decay - FOD) ở bậc 3. Phương pháp này kết hợp các thông số đặc trưng quốc gia để phản ánh đúng tình hình phát thải khí mê-tan (CH₄) từ các bãi chôn lấp CTR tại Việt Nam.

Phương pháp bậc 3 dựa trên việc sử dụng các thông số đặc trưng quốc gia như tỷ lệ thành phần chất thải, DOC (Các-bon hữu cơ phân hủy), hệ số phân hủy (k), và hệ số điều chỉnh mê-tan (MCF). Các thông số này được đo đạc cụ thể tại các bãi chôn

lấp lớn như Nam Sơn, Phước Hiệp và Khánh Sơn, giúp đảm bảo rằng kết quả kiểm kê KNK phản ánh chính xác thực trạng phát thải KNK tại Việt Nam. Tỷ lệ DOC và giá trị MCF tại mỗi bãi chôn lấp không chỉ giúp xác định lượng phát thải CH₄ một cách chi tiết trong từng điều kiện quản lý mà còn cung cấp các dự báo về phát thải khí nhà kính trong tương lai.

Việc áp dụng phương pháp FOD bậc 3 cho phép Việt Nam xây dựng cơ sở dữ liệu chính xác hơn để triển khai các kế hoạch giảm nhẹ phát thải khí mê-tan và chương trình tăng trưởng xanh, BVMT, cũng như ứng phó hiệu quả với BĐKH.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã tiến hành kiểm kê lượng phát thải CH₄ từ năm bãi chôn lấp lớn tại Việt Nam, sử dụng phương pháp phân hủy theo thời gian (FOD) bậc 3, dựa trên các thông số đặc trưng như DOC, MCF và hệ số phân hủy k. Kết quả cho thấy, tại các bãi chôn lấp được quản lý tốt như Nam Sơn, Khánh Sơn và Phước Hiệp, lượng phát thải CH₄ có thể được ước tính chính xác hơn nhờ vào việc đo đạc các thông số cụ thể tại bãi. Trong khi đó, tại các bãi chôn lấp chưa được quản lý đồng bộ như Khai Quang và Cờ Đỏ, lượng phát thải CH₄ có thể bị ảnh hưởng bởi



nhiều yếu tố khác, bao gồm cả điều kiện khí hậu và hệ thống quản lý.

Phương pháp kiểm kê KNK FOD bậc 3 đã cung cấp những cải thiện rõ rệt về độ chính xác nhờ vào việc áp dụng các thông số đặc trưng quốc gia, được đo đạc cụ thể theo điều kiện thực tế tại từng bãi chôn lấp. Các thông số như tỷ lệ DOC, hệ số phân hủy k và MCF đóng vai trò quan trọng trong việc phản ánh lượng phát thải CH₄, đặc biệt trong điều kiện khí hậu nhiệt đới gió mùa của Việt Nam.

Việc đo đạc và tính toán các thông số như DOC và hệ số phân hủy k theo đặc thù địa phương đảm bảo rằng kết quả kiểm kê phản ánh đúng thực trạng phát thải KNK từ các bãi chôn lấp. Điều này đáp ứng yêu cầu của UNFCCC mà Việt Nam là thành viên, phục vụ cho kiểm kê quốc gia KNK và thực hiện NDC, đồng thời nâng cao hiệu quả kiểm kê trong lĩnh vực phát thải từ bãi chôn lấp CTR. Sử dụng các thông số đặc trưng này không chỉ nâng cao tính chính xác của kiểm kê KNK mà còn cung cấp cơ sở khoa học rõ ràng cho các chính sách quản lý phát thải khí nhà kính từ các bãi chôn lấp CTR.

Để tiếp tục cải thiện độ chính xác trong kiểm kê KNK, cần đẩy mạnh việc thu thập và đo đạc các thông số đặc trưng tại các bãi chôn lấp trên toàn quốc. Chính phủ và các cơ quan quản lý cần phát triển các công cụ và hệ thống đo đạc hiện đại hơn, đồng thời thúc đẩy hợp tác quốc tế trong việc chia sẻ kinh nghiệm và công nghệ tiên tiến, nhằm đáp ứng yêu cầu của UNFCCC và các cam kết quốc tế về giảm phát thải KNK.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. IPCC. (2006). *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Intergovernmental Panel on Climate Change.
2. Bộ Tài nguyên và Môi trường. (2020). *Báo cáo hiện trạng môi trường quốc gia năm 2019 chuyên đề Quản lý CTR sinh hoạt*.
3. Wangyao, K., Towprayoon, S., Chiemchaisri, C., Gheewala, S. H., & Nopharatana, A. (2009). *Application of the IPCC Waste Model to solid waste disposal sites in tropical countries: Case study of Thailand*. *Environmental Monitoring and Assessment*, 157(1-4), 407-423.
4. Lê Bảo Việt & Lê Hòa Thiện. (2020). *Ứng dụng mô hình IPCC 2019 nhằm ước tính phát thải khí metan tại khu liên hiệp xử lý chất thải Châu Thành, tỉnh An Giang*. *TNU Journal of Science and Technology*, 208(05), 29-38.
5. Cai, B., Liu, J., Gao, Q., et al. (2014). *Estimation of Methane Emissions from Municipal Solid Waste*

- Landfills in China Based on Point Emission Sources*. *Advances in Climate Change Research*, 5(2), 57-66.
6. Soho, I., Ritzkowski, M., Sohu, Z. A., Cinar, S. Ö., Chong, Z. K., & Kuchta, K. (2021). *Estimation of Methane Production and Electrical Energy Generation from Municipal Solid Waste Disposal Sites in Pakistan*. *Energy Journal*, 39(4), 223-234.
7. IPCC. (2019). *2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*.
8. Thông tư 17/2022/TT-BTNMT về quy định kỹ thuật đo đạc, báo cáo, thẩm định giảm nhẹ phát thải KNK và kiểm kê KNK lĩnh vực quản lý chất thải.
9. Nguyễn, T. K. Tuyên, Huỳnh, T. K. Yến & Phạm, T. T. Tâm. (2015). *Ứng dụng mô hình IPCC (2006) nhằm ước tính phát thải khí metan từ CTR sinh hoạt, tại thành phố Thủ Dầu Một, tỉnh Bình Dương*. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, Môi trường và BDKH*, 183-192.
10. CAI Bo-Feng, LIU Jian-Guo, GAO Qing-Xian, NIE Xiao-Qin, CAO Dong, LIU Lan-Cui, ZHOU Ying, ZHANG Zhan-Sheng. (2014). *Estimation of Methane Emissions from Municipal Solid Waste Landfills in China Based on Point Emission Sources*. *Advances in climate change research*, 5(2): 81-91.
11. *National Greenhouse Gas Inventory Report of JAPAN*, Ministry of the Environment, Japan, 2021.
12. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 9294:2012: Phân bón - Xác định Cacbon tổng số bằng phương pháp Walkley. (2012).
13. FAO. (2019). *Standard operating procedure for soil organic carbon - Walkley-Black method*.
14. *Estimation of gas emission released from a municipal solid waste landfill site through a modeling approach: A case study (Sanandaj City, Iran)* Reza Rezaee, Simin Nasser, Amir Hossein Mahvi, Ali Jafari, Sajad Mazloomi, Abdola Gavami, Kamyar Yaghmaeian, *Journal of Advances in Environmental Health Research*, 2014.
15. Nguyễn, T. T. Nguyên & Phạm, Q. Thêu. (2019). *Tính toán tiềm năng khí mê-tan từ bãi chôn lấp CTR Nam Sơn, Hà Nội*.
16. Rezaee, R., et al. (2014). *Estimation of gas emission released from a municipal solid waste landfill site through a modeling approach: A case study (Sanandaj City, Iran)*. *Journal of Advances in Environmental Health Research*, 3(2), 108-115.
17. U.S. EPA. (2022). *Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks 1990-2020*.
18. Atabi, F., et al. (2014). *Calculation of CH₄ and CO₂ Emission Rate in Kahrizak Landfill Site with Land GEM Mathematical Model*. *World Sustainability Forum*.