

# Tính toán hệ số phát thải đặc trưng quốc gia cho sản xuất xi măng tại Việt Nam

Cao Thị Tú Mai<sup>1</sup>, Ngô Thị Bích<sup>1</sup>, Nguyễn Minh Quỳnh Nhung<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Trung tâm Thiết bị Môi trường & An toàn Lao động, Viện Vật liệu xây dựng

## TỪ KHOẢ

Hệ số phát thải đặc trưng quốc gia

Khí nhà kính (KNK)

Xi măng

CO<sub>2</sub>tđ

Clanhke

## TÓM TẮT

Kết quả kiểm kê khí nhà kính ngành Xây dựng năm 2022 ước tính toàn ngành phát thải hơn 100 triệu tấn CO<sub>2</sub>tđ, trong đó sản xuất xi măng chiếm 80 % tổng lượng phát thải. Các kết quả kiểm kê được tính bằng cách sử dụng các hệ số phát thải mặc định của IPCC. Nghiên cứu này ước tính hệ số phát thải khí nhà kính đặc trưng quốc gia cho hoạt động sản xuất xi măng tại Việt Nam. Dữ liệu phục vụ phân tích và tính toán được thu thập từ 71 dây chuyền của 48 nhà máy sản xuất xi măng trên cả nước. Kết quả cho thấy, hệ số phát thải của hoạt động sản xuất xi măng ở Việt Nam là 718 kgCO<sub>2</sub>tđ/tấn xi măng và 897 kg CO<sub>2</sub>tđ/tấn clanhke. Trong đó, nguồn phát thải từ quá trình phân huỷ thành phần cacbonat trong nguyên liệu thô chiếm hơn 60 %, tương ứng với 410 kgCO<sub>2</sub>tđ/tấn xi măng và 532 CO<sub>2</sub>tđ/tấn clanhke. Sau nguyên liệu là phát thải từ nhiên liệu chiếm 30% và phát thải gián tiếp từ điện chiếm khoảng 10 %.

## KEYWORDS

Country-specific emission factor

Greenhouse gas (GHG)

Cement

CO<sub>2</sub>eq

Clinker

## ABSTRACT

The 2022 Construction Industry Greenhouse Gas Inventory estimates total emissions to exceed 110 million tons of CO<sub>2</sub> equivalent (CO<sub>2</sub>eq), of which cement production responsible for 80% of these emissions. The inventory results calculated according to the IPCC's default emission factors. This study estimates the greenhouse gas emission factor for cement production in Vietnam. Analysis and calculation data were employing the IPCC's international methodology. Data were collected, analyzed, and calculated from 71 production lines of 48 cement factories nationwide. The results show that the emission factor of cement production in Vietnam is 718 kg CO<sub>2</sub>eq per ton of cement and 897 kg CO<sub>2</sub>eq per ton of clinker. The primary source of emissions comes from the decomposition of carbonate components in raw materials, which accounts for more than 60%, corresponding to 410 kg CO<sub>2</sub>eq per ton of cement and 532 kg CO<sub>2</sub>eq per ton of clinker. After raw materials, emissions from fuel account for 30% and, indirect emissions from electricity account for 10%.

## 1. Giới thiệu

Công nghiệp sản xuất xi măng là ngành công nghiệp lớn của thế giới với sản lượng toàn cầu năm 2022 ước tính đạt 4.158 triệu tấn. Tiêu thụ nhiều năng lượng hoá thạch và một lượng lớn nguyên liệu chứa hàm lượng cacbonat cao là nguyên nhân dẫn tới lượng khí nhà kính phát thải từ ngành công nghiệp này đứng đầu trong các nguồn phát thải, với 2.428 triệu tấn CO<sub>2</sub>tđ tương ứng vào năm 2022 [1]. Các quốc gia sản xuất và phát thải nhiều nhất từ hoạt động sản xuất xi măng có thể kể đến Trung Quốc, Ấn Độ, Việt Nam, Mỹ và Thổ Nhĩ Kỳ.

Việc kiểm kê phát thải khí nhà kính cho ngành công nghiệp xi măng là rất quan trọng và được thực hiện liên tục tại hầu hết các quốc gia. Phương pháp kiểm kê đều thống nhất và theo hướng dẫn của Ủy ban liên chính phủ về biến đổi khí hậu (IPCC) và Sáng kiến xi măng bền vững (CSI). Phát thải được tính thông qua dữ liệu hoạt động nhân với hệ số phát thải.

$$E \text{ (Emission)} = AD \text{ (Activity data)} * EF \text{ (Emission factor)}$$

Dữ liệu hoạt động là sản lượng xi măng/clanhke sản xuất và được thu thập, tổng hợp từ thực tế sản xuất. Trong khi đó, yếu tố hệ số phát thải là yếu tố quan trọng quyết định tới kết quả tính toán lượng khí nhà kính phát thải. IPCC công bố Hướng dẫn kiểm kê khí nhà kính quốc gia năm 1996, bản sửa đổi năm 2006 trong đó đưa ra các hệ số phát thải mặc định làm căn cứ cho các quốc gia, tổ chức thực hiện kiểm kê một cách công khai, minh bạch và công bằng. Trong hướng dẫn này cũng khuyến nghị các quốc gia thực hiện nghiên cứu, xây dựng và sử dụng các hệ số phát thải đặc trưng quốc gia nhằm tăng độ chính xác của kết quả kiểm kê.

Hiệp hội Bê tông và xi măng toàn cầu (GCCA) là tổ chức lớn nhất, đại diện cho khoảng 80 % ngành công nghiệp xi măng và bê tông toàn cầu bên ngoài Trung Quốc (có bao gồm một số nhà máy xi măng chủ chốt của Trung Quốc) [2]. Hàng năm, số liệu thu thập được từ các nhà máy sản xuất xi măng toàn cầu được thống kê và ước tính mức độ phát thải khí nhà kính. Theo đó, hệ số phát thải trung bình ở mức 580 kgCO<sub>2</sub>tđ/tấn xi măng với tỷ lệ clanhke trung bình ở

\*Liên hệ tác giả: maimt93@gmail.com

Nhận ngày 19/11/2024, sửa xong ngày 13/02/2025, chấp nhận đăng ngày 14/02/2025

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.01.2025.809>

mức 0,71 (năm 2022); hệ số phát thải cho clanhke ở mức 834 kgCO<sub>2</sub>tđ/tấn clanhke (năm 2019) [3].

Trung Quốc, quốc gia sản xuất xi măng lớn nhất thế giới cũng có nhiều công bố cho các nghiên cứu về hệ số phát thải đặc trưng quốc gia cho lĩnh vực này. Tác giả Wang ước tính mức phát thải là 885 kgCO<sub>2</sub>tđ/tấn xi măng [4], tác giả Lei Shen công bố hệ số 835 kgCO<sub>2</sub>tđ/tấn clanhke và 754 kgCO<sub>2</sub>tđ/tấn xi măng [5], tác giả Bofeng Cai công bố giá trị 806 kgCO<sub>2</sub>tđ/tấn clanhke [6]; tác giả Zhi Cao đề cập tới hệ số ước tính được là 894 kgCO<sub>2</sub>tđ/tấn clanhke và 761 kgCO<sub>2</sub>tđ/tấn xi măng [7]. Các nghiên cứu đều được thực hiện theo phương pháp luận thống nhất nhưng lại cho giá trị tương đối khác nhau bởi năm thực hiện và quy mô số lượng dữ liệu thu thập được từ các nhà máy sản xuất trong nghiên cứu. Đối với cấp quốc gia, phát thải từ đốt nhiên liệu và tiêu thụ điện đã được kiểm kê trong lĩnh vực năng lượng, do đó, việc kiểm kê khí nhà kính cho hoạt động xi măng chỉ tính đến nguồn phát thải từ quá trình phân hủy các thành phần cacbonat trong nguyên liệu để tránh tính hai lần. Từ các kết quả nghiên cứu đơn lẻ Trung Quốc đã sử dụng hệ số phát thải đặc trưng quốc gia là 0,5383 tấn CO<sub>2</sub>tđ/tấn clanhke cho nguồn phát thải này trong các kết quả kiểm kê quốc gia năm 2012, 2014 và 2016 [7].

Ấn Độ đứng thứ hai thế giới về sản lượng xi măng sản xuất. Các nghiên cứu về hệ số phát thải đặc trưng quốc gia cho lĩnh vực này cũng được thực hiện từ những năm 2001-2002. Hệ số phát thải được xây dựng để phục vụ cho kiểm kê quốc gia, do đó chỉ nguồn phát thải từ quá trình phân hủy thành phần chứa cacbonat trong nguyên liệu được xem xét đến. Hệ số phát thải được báo cáo là 0,5370 tấn CO<sub>2</sub>/tấn clanhke vào năm 2003 [8]. Vào các năm sau đó, hệ số phát thải được tính toán cho xi măng và cập nhật liên tục và cho thấy rõ nỗ lực cắt giảm phát thải khí nhà kính của quốc gia này, thể hiện qua các hệ số 0,719 tấn CO<sub>2</sub>/t xi măng năm 2010; 0,67 tấn CO<sub>2</sub>/tấn xi măng năm 2017 và 0,511 tấn CO<sub>2</sub>/tấn xi măng năm 2020-2021 [9].

Tác giả Sanoop Prakasan [10] đã có nghiên cứu ước tính hệ số phát thải đặc trưng cho sản xuất xi măng tại Mỹ, kết quả sau đó được so sánh với một số quốc gia như Canada, Thụy Sĩ, Châu Âu (trừ Thụy Sĩ). Công bố cho thấy, cường độ phát thải (từ nguồn nhiên liệu, nguyên liệu, điện) tại Mỹ ở mức 875 kgCO<sub>2</sub>/tấn clanhke và 671 kgCO<sub>2</sub>/tấn xi măng pozzolan, trong khi ở Canada, Châu Âu (trừ Thụy Sĩ), Thụy Sĩ, hệ số này lần lượt ở mức: 847 kgCO<sub>2</sub>/tấn clanhke và 690 kgCO<sub>2</sub>/tấn xi măng; 864 kgCO<sub>2</sub>/tấn clanhke và 712 kgCO<sub>2</sub>/tấn xi măng; 779 kgCO<sub>2</sub>/tấn clanhke và 587 kgCO<sub>2</sub>/tấn xi măng.

Một số nghiên cứu tại quốc gia khác như Bỉ [11], Úc [12] cũng đã cho thấy việc nghiên cứu hệ số phát thải đặc trưng cho lĩnh vực sản xuất xi măng được quan tâm và thực hiện chi tiết, phục vụ cho các mục đích khác nhau trong đó có hỗ trợ kiểm kê khí nhà kính cấp quốc gia minh bạch và chính xác hơn.

Việt Nam đứng thứ ba thế giới về sản lượng xi măng và do đó phát thải một lượng khí nhà kính không nhỏ. Ước tính phát thải trong kiểm kê khí nhà kính quốc gia năm cơ sở 2016, xi măng đóng góp 36,77 triệu tấn CO<sub>2</sub>tđ (từ nguồn phân hủy nguyên liệu thô), là nguồn phát thải lớn thứ 4 của quốc gia [13]. Chính vì vậy, việc nghiên cứu

xây dựng hệ số phát thải đặc trưng quốc gia cho lĩnh vực sản xuất xi măng là cấp thiết để đảm bảo độ chính xác của kiểm kê quốc gia và có các hành động thực hiện giảm phát thải phù hợp trong bối cảnh cam kết đạt phát thải ròng bằng “0” vào năm 2050 của Chính phủ.

## 2. Phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Phương pháp thu thập dữ liệu

Các dữ liệu được thu thập gồm: (1) Các tài liệu, bài báo khoa học, các nghiên cứu về tính toán hệ số phát thải cho xi măng trong nước và quốc tế, tài liệu hướng dẫn kiểm kê khí nhà kính quốc gia của IPCC (2006), tài liệu hướng dẫn tiêu chuẩn tính toán và báo cáo phát thải cho xi măng của CSI; (2) Các số liệu thống kê chung của ngành xi măng từ Bộ Xây dựng, Hội, Hiệp hội; (3) Các dữ liệu hoạt động (sản lượng, lượng nhiên liệu tiêu thụ, lượng nguyên liệu tiêu thụ, lượng điện lưới tiêu thụ) từ các nhà máy sản xuất xi măng.

### 2.2. Phương pháp ước tính hệ số phát thải khí nhà kính

#### 2.2.1. Ranh giới ước tính phát thải khí nhà kính

Ranh giới ước tính phát thải khí nhà kính để xây dựng hệ số phát thải trong nghiên cứu bao gồm:

(1) Ranh giới địa lý: bên trong ranh giới địa lý của nhà máy xi măng;

(2) Ranh giới hoạt động: chỉ bao gồm giai đoạn sản xuất và các quá trình phục vụ sản xuất bên trong nhà máy, không bao gồm các giai đoạn khác trong vòng đời sản phẩm (như khai thác nguyên liệu, vận chuyển bên ngoài, xây dựng, sử dụng, thải bỏ, tái chế);

(3) Ranh giới nguồn phát thải: bao gồm phát thải từ 3 nguồn là phát thải trực tiếp từ sự phân hủy thành phần cacbonat trong nguyên liệu (gọi tắt là phát thải từ nguyên liệu), phát thải trực tiếp từ quá trình đốt cháy các dạng nhiên liệu (gọi tắt là phát thải từ nhiên liệu) và phát thải gián tiếp từ việc tiêu thụ điện mua từ lưới điện quốc gia.

Các ranh giới và nguồn phát thải khác không được đề cập tới trong nghiên cứu này.

#### 2.2.2. Ước tính phát thải khí nhà kính

##### Đối với phát thải trực tiếp từ nguyên liệu

Lượng phát thải trực tiếp từ việc phân hủy các nguyên liệu chứa cacbonat trong quá trình sản xuất clanhke được tính toán như sau:

$$E_{NG,CLK} = Q_{DV} \times EF_{DV} + Q_{SE} \times EF_{SE}$$

Trong đó:

$E_{NG,CLK}$ : Phát thải từ nung nguyên liệu sản xuất clanhke, tấn CO<sub>2</sub>

$Q_{DV}$ : Lượng đá vôi sử dụng sản xuất clanhke, tấn

$Q_{SE}$ : Lượng đá sét sử dụng sản xuất clanhke, tấn

$EF_{DV}$ ,  $EF_{SE}$ : Hệ số phát thải từ quá trình phân hủy thành phần CaCO<sub>3</sub> và MgCO<sub>3</sub> trong nguyên liệu đá vôi và đất sét, tấn CO<sub>2</sub>/tấn nguyên liệu. Hệ số được tính dựa trên thành phần CaO và MgO có

trong từng loại nguyên liệu tương ứng:  $EF = \text{Hàm lượng CaO (\%)} \times 0,78 + \text{Hàm lượng MgO (\%)} \times 1,092$ .

**Đối với phát thải trực tiếp từ nhiên liệu**

Lượng phát thải trực tiếp từ đốt nhiên liệu phục vụ quá trình sản xuất các tiêu ngành VLXD được tính toán như sau:

$$E_{NL} = \sum \sum Q_j \times NCV_j \times EF_{(i,j)} \times GWP_i \times 10^{-6}$$

Trong đó:

$E_{NL}$ : Phát thải từ đốt nhiên liệu, tấn CO<sub>2</sub>td

i: Loại KNK được kiểm kê (khí CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O)

j: Loại nhiên liệu sử dụng

$Q_j$ : Khối lượng nhiên liệu j tiêu thụ, tấn hoặc nghìn lít

$NCV_j$ : Giá trị nhiệt trị ròng của nhiên liệu j, TJ/ngành tấn hoặc

TJ/triệu lít

$EF_{i,j}$ : Hệ số phát thải KNK i của nhiên liệu j, kg/TJ

$GWP_i$ : Hệ số làm nóng lên toàn cầu của KNK i

Hệ số nhiệt trị ròng ( $NCV_j$ ), hệ số phát thải ( $EF_{i,j}$ ) và hệ số làm nóng lên toàn cầu ( $GWP_i$ ) lấy theo các giá trị công bố trong Quyết định 2626/QĐ-BTNMT và của IPCC.

**Đối với phát thải gián tiếp từ điện lưới**

Phát thải từ việc tiêu thụ điện năng là phát thải gián tiếp, được tính toán thông qua lượng điện năng tiêu thụ và hệ số phát thải lưới điện quốc gia do Bộ TNMT công bố và cập nhật. Công thức tính toán như sau:

$$E_{DL} = (Q_{MV} - Q_{BR}) \times EF_{DL} \times 10^{-3}$$

Trong đó:

$E_{DL}$ : Phát thải từ sử dụng điện lưới, tấn CO<sub>2</sub>

$Q_{MV}$ : Lượng điện lưới, điện mua vào có nguồn gốc hoá thạch, kWh

$Q_{BR}$ : Lượng điện bán ra, kWh

$EF_{DL}$ : Hệ số phát thải KNK của hệ thống điện quốc gia, tấn CO<sub>2</sub>/MWh, có giá trị là 0,6766 tấn CO<sub>2</sub>/MWh (theo công bố của Bộ TNMT năm 2022).

**Đối với hệ số phát thải trung bình**

Giá trị trung bình cộng số học các hệ số phát thải riêng của từng đơn vị sản xuất không phản ánh được một cách chính xác giá trị hệ số phát thải cho tiêu ngành. Do đó, để có được một hệ số phát thải tiêu ngành có tính đại diện và phản ánh đúng nhất mức phát thải, một trọng số đã được nghiên cứu đưa vào công thức tính toán. Giá trị các trọng số được xác định thông qua tỷ lệ đóng góp vào sản lượng nhóm, sản lượng ngành, được xác định thông qua công thức:

$$a_k = \frac{P_k}{\sum_1^l P_k}$$

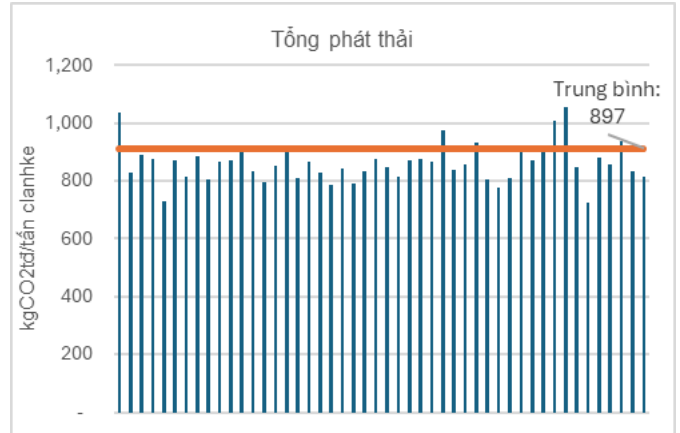
Với P là sản lượng của đơn vị thứ k, l là số lượng đơn vị có mặt trong nhóm hoặc trong ngành. Sau đó, hệ số phát thải của các nhà máy riêng lẻ được nhân với trọng số tính toán được để ra được giá trị hệ số trung bình của ngành.

**3. Kết quả nghiên cứu**

**3.1. Kết quả tính toán hệ số phát thải khí nhà kính**

Nghiên cứu sử dụng dữ liệu thu thập được từ 71 dây chuyền của 48 nhà máy sản xuất xi măng trên cả nước, đóng góp 90,87 % tổng sản lượng xi măng quốc gia (năm 2022-2023).

**3.1.1. Hệ số phát thải đối với sản xuất clanhke**



**Hình 1.** Kết quả ước tính hệ số phát thải đặc trưng quốc gia đối với clanhke của Việt Nam.

Với sản xuất clanhke, tổng hệ số phát thải trực tiếp và gián tiếp nghiên cứu ước tính được là 897 kgCO<sub>2-td</sub>/tấn clanhke. Giá trị thấp nhất ở mức phát thải là 727 kgCO<sub>2-e</sub>/clanhke và cao nhất lên tới 1.055 kgCO<sub>2-td</sub>/tấn clanhke.

Phát thải từ quá trình sản xuất (IP) hay phát thải từ phân hủy nguyên liệu toàn ngành là 532 kgCO<sub>2-td</sub>/tấn clanhke. Giá trị thấp nhất ở mức phát thải là 516 kgCO<sub>2-td</sub> e/tấn clanhke và cao nhất lên tới 578 kgCO<sub>2-td</sub> /tấn clanhke. Hệ số phát thải từ nguyên liệu đóng góp trung bình gần 60% tổng hệ số phát thải.

Phát thải từ đốt cháy các nhiên liệu cung cấp nhiệt như than dầu, chất thải trung bình tiêu ngành là 319 kgCO<sub>2-td</sub> /tấn clanhke. Giá trị thấp nhất ở mức phát thải là 215 kgCO<sub>2-td</sub> /tấn clanhke và cao nhất lên tới 510 kgCO<sub>2-td</sub> /tấn clanhke. Hệ số phát thải từ nguyên liệu đóng góp trung bình gần 30 % tổng hệ số phát thải.

Phát thải gián tiếp từ tiêu thụ điện lưới ở mức phát thải từ nguồn này là 46 kgCO<sub>2-td</sub>/tấn clanhke, đóng góp một phần nhỏ, chưa tới 10 % tổng hệ số phát thải.

**3.1.2. Hệ số phát thải đối với sản xuất xi măng**

Với sản xuất xi măng, nghiên cứu tính được tổng hệ số phát thải trực tiếp và gián tiếp là 717 kgCO<sub>2-td</sub> /tấn xi măng. Giá trị mức phát thải thấp nhất ở mức 618 kgCO<sub>2-td</sub>/tấn xi măng và cao nhất lên tới 879 kgCO<sub>2-td</sub> /tấn xi măng. Tỷ lệ clanhke trong xi măng thống kê được ở mức 0,75-0,82, trung bình đạt 0,77.

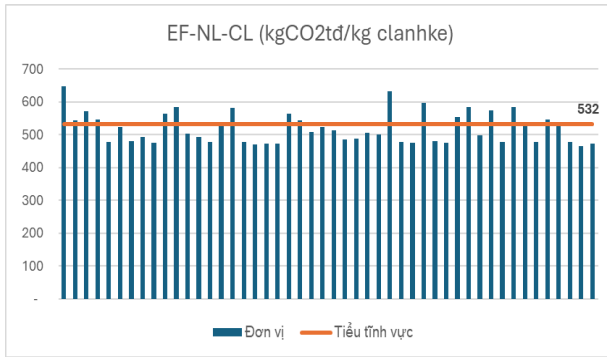
Phát thải từ quá trình sản xuất (IP) hay phát thải từ phân hủy nguyên liệu toàn ngành là 410 kgCO<sub>2-td</sub> /tấn xi măng, với tỷ lệ clanhke

trong xi măng trung bình là 0,76. Giá trị phát thải thấp nhất ở mức 378 kgCO<sub>2-tđ</sub> /tấn xi măng và cao nhất lên tới 477 kgCO<sub>2-tđ</sub> /tấn xi măng. Hệ số phát thải từ nguyên liệu đóng góp trung bình gần 60 % tổng hệ số phát thải.

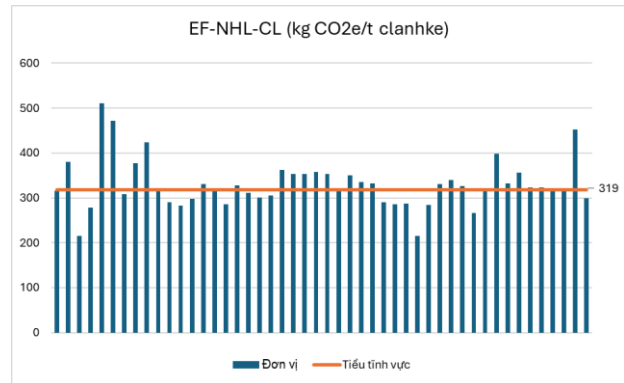
Phát thải từ nguồn đốt nhiên liệu là 247 kgCO<sub>2-tđ</sub>/tấn xi măng, với tỷ lệ canhke trong xi măng trung bình là 0,76. Giá trị dao động

trong khoảng 166 - 408 kgCO<sub>2-e</sub>/tấn xi măng. Hệ số phát thải từ nguyên liệu đóng góp trung bình gần 30 % tổng hệ số phát thải.

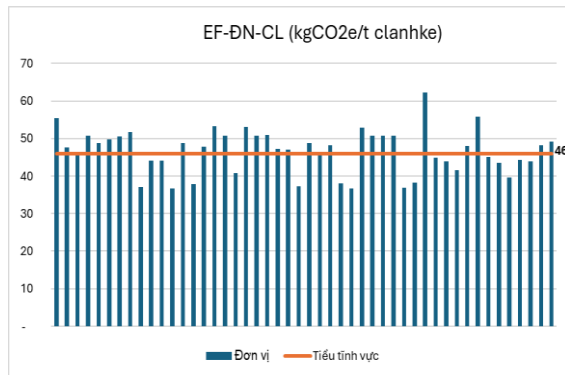
Phát thải gián tiếp từ tiêu thụ điện lưới trung bình mức phát thải từ nguồn này là 61 kgCO<sub>2-tđ</sub> /tấn xi măng, chiếm 8% tổng hệ số phát thải.



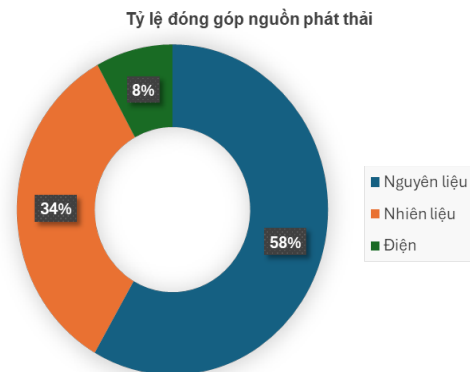
(a) Phát thải từ nguyên liệu



(b) Phát thải từ nhiên liệu

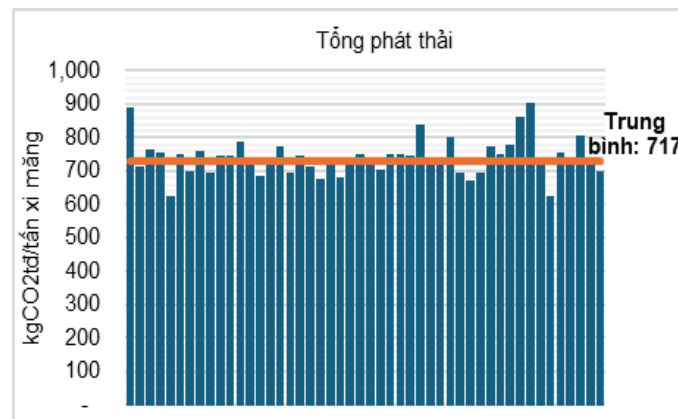


(c) Phát thải từ điện

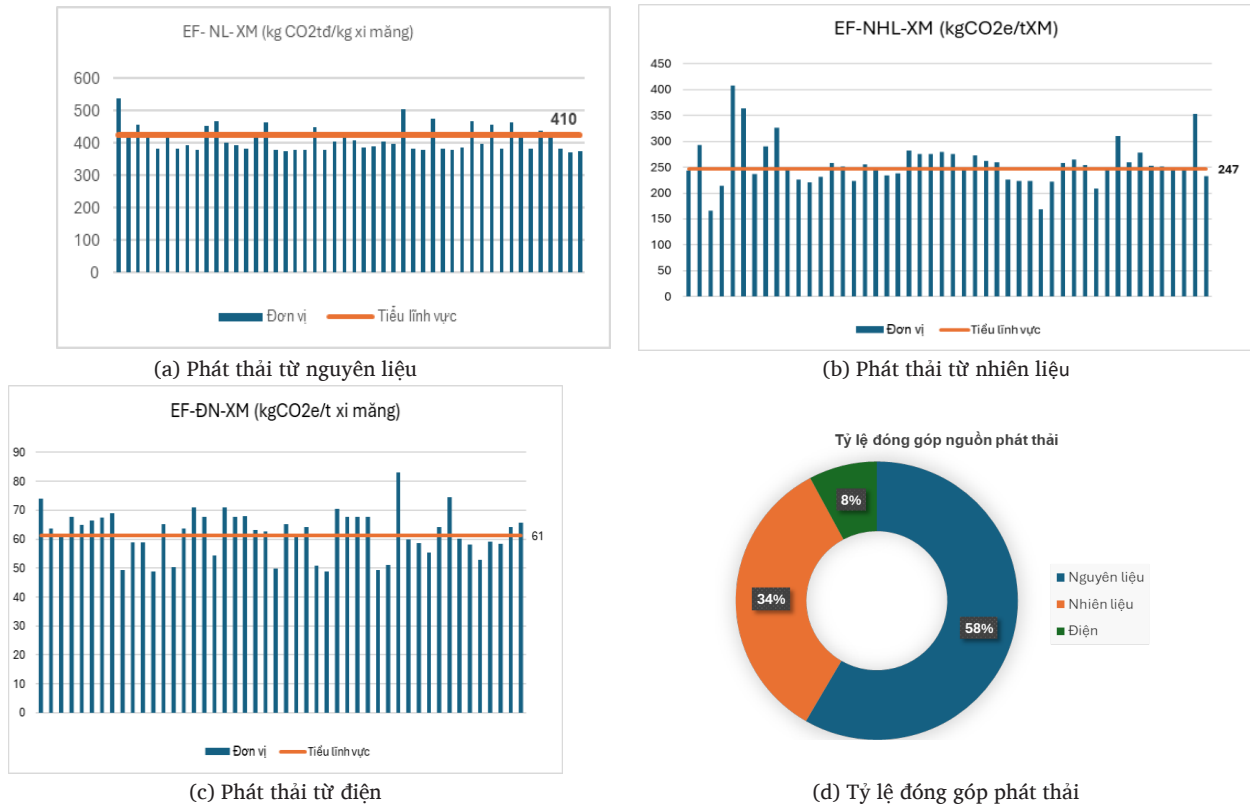


(d) Tỷ lệ đóng góp phát thải

**Hình 2.** Đóng góp các nguồn thải vào hệ số phát thải đối với clanhke.



**Hình 3.** Kết quả ước tính hệ số phát thải đặc trưng quốc gia đối với xi măng của Việt Nam.



Hình 4. Đóng góp các nguồn thải vào hệ số phát thải đối với xi măng.

### 3.2. Thảo luận

Hệ số phát thải đặc trưng quốc gia cho hoạt động sản xuất xi măng Việt Nam được tổng hợp trong Bảng 1.

**Bảng 1.** Tổng hợp hệ số phát thải đặc trưng quốc gia của Việt Nam đối với ngành xi măng.

STT	Loại sản phẩm	EF (kgCO <sub>2td</sub> /tấn sản phẩm)			
		Nguyên liệu	Nhiên liệu	Điện	Tổng
1	Xi măng	410	247	61	718
2	Clanhke	532	319	46	897

Hệ số phát thải tính cho clanhke ở mức 897 kgCO<sub>2td</sub> /tấn clanhke, trong đó phát thải trực tiếp là 851 kgCO<sub>2td</sub> /tấn clanhke và phát thải gián tiếp là 46 kgCO<sub>2td</sub> /tấn clanhke. Kết quả này cao hơn trung bình thế giới và trung Quốc lần lượt là 9 % và 5 %, nguyên nhân do sự khác biệt về tỷ lệ chất kết dính trong clanhke, GCCA báo cáo giá trị trung bình ở mức 0,63 và trung Quốc báo cáo giá trị ở mức 0,64 [15] trong khi giá trị trung bình tại Việt Nam ở mức 0,65-0,66. Tỷ lệ chất kết dính lớn dẫn tới mức phát thải từ quá trình phân hủy nguyên liệu thô là lớn hơn đáng kể.

Trong khi đó, đối với phát thải trực tiếp, kết quả của nghiên cứu tương đương với hầu hết các quốc gia như Trung Quốc, Mỹ, Canada và Châu Âu. Trong khi đó, phát thải gián tiếp từ điện lại cho giá trị cao hơn nhiều so với các nước. Nguyên nhân do sự khác biệt

lớn về hệ số phát thải lưới điện quốc gia đã được công bố. Với giá trị năm 2022 là 0,6766 tấn CO<sub>2</sub>/MWh của Việt Nam [16] thì tại các nước Trung Quốc, Mỹ, Châu Âu, Canada tương ứng là 0,5572 tấn CO<sub>2</sub>/MWh, 0,3731 tấn CO<sub>2</sub>/MWh, 0,2-0,4 tấn CO<sub>2</sub>/MWh và 0,1108 tấn CO<sub>2</sub>/MWh [17].

Đối với hệ số phát thải cho xi măng, cơ bản được tính toán dựa trên mức phát thải từ clanhke. Sự khác biệt về giá trị hệ số có nguyên nhân chủ yếu đến từ lựa chọn loại xi măng với tỷ lệ clanhke khác nhau để ước tính. Giá trị hệ số phát thải đặc trưng quốc gia cho xi măng tại Việt Nam được tính toán dựa trên số liệu thống kê thực tế với tỷ lệ clanhke chiếm trung bình 76 %, cao hơn Trung Quốc là 65 % và thấp hơn tại Mỹ 89 % và Canada 86 % [1].

### 4. Kết luận

Nghiên cứu tập trung vào ba nguồn phát thải chính trong hoạt động sản xuất xi măng gồm phát thải trực tiếp từ quá trình phân hủy nguyên liệu thô, phát thải trực tiếp từ quá trình đốt cháy các dạng nhiên liệu và phát thải gián tiếp từ tiêu thụ điện lưới. Hệ số phát thải đặc trưng quốc gia cho sản xuất xi măng tại Việt Nam ước tính được là 897 kgCO<sub>2td</sub> /tấn clanhke và 718 kgCO<sub>2td</sub> /tấn xi măng có tỷ lệ 76% clanhke. Phát thải từ phân hủy các nguyên liệu chứa carbonat mà chủ yếu là đá vôi/dolomit là nguồn phát thải chính chiếm gần 58% mức phát thải với hệ số là 532 kgCO<sub>2td</sub> /tấn clanhke và 410 kgCO<sub>2td</sub> /tấn xi

mãng. Phát thải từ hoạt động đốt cháy các nhiên liệu như than, dầu, chất thải.... phục vụ quá trình nung clanhke chiếm 34 % trong hệ số phát thải với giá trị là 319 kgCO<sub>2-tđ</sub> /tấn clanhke và 247 kgCO<sub>2-tđ</sub> /tấn xi măng. Phát thải gián tiếp từ tiêu thụ điện mua từ lưới điện quốc gia đóng góp 8 % trong hệ số phát thải. Kết quả cho thấy, hệ số phát thải đặc trưng quốc gia cho xi măng của Việt Nam nghiên cứu được có giá trị chênh lệch 1,33% so với hệ số phát thải mặc định của IPCC. Do đó, các kết quả của nghiên cứu sẽ đóng góp đáng kể vào độ chính xác, minh bạch của các kết quả kiểm kê khí nhà kính quốc gia khi được chấp nhận và sử dụng.

## Tài liệu tham khảo

- [1]. <https://www.iea.org/energy-system/industry/cement>
- [2]. <https://gccassociation.org/about-us/>
- [3]. <https://gccassociation.org/sustainability-innovation/gnr-gcca-in-numbers/>
- [4]. Wang L. Further discussion of CO<sub>2</sub> emission reduction in Chinese cement industry. *China Cement* 2008;2:36–9
- [5]. Lei Shen, Tianming Gao, Jianan Zhao, Limao Wang, Lan Wang, Litao Liua, Fengnan Chena, Jingjing Xue, Factory-level measurements on CO<sub>2</sub> emission factors of cement production in China, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 34 (2014) 337–349
- [6]. Bofeng Cai, Jinnan Wang, Jie He, Yong Geng. Evaluating CO<sub>2</sub> emission performance in China's cement industry: An enterprise perspective. *Applied Energy* 166 (2016) 191–200, 2016
- [7]. Zhi Cao, Lei Shen, Jianan Zhao, Litao Liu, Shuai Zhong, Yanzhi Sun, Yan Yang, Toward a better practice for estimating the CO<sub>2</sub> emission factors of cement production: An experience from China, *Journal of Cleaner Production* Volume 139, 15 December 2016, Pages 527–539
- [8]. Rao, P.V., Qureshi, M.S. and Devotta, S., Uncertainty Reduction in Carbon Dioxide Emission Coefficient from Cement Production Process in India, in *Proceeding of the Workshop on Uncertainty Reduction in Greenhouse Gas Inventory*, March 2003, New Delhi.
- [9]. Global Cement and Concrete Association India, “Blended cement - green, Durable & sustainable,” 2022. Available: [https://gccassociation.org/wp-content/uploads/2022/04/Report\\_Blended-Cement-GreenDuratable-Sustainable\\_13Apr2022.pdf](https://gccassociation.org/wp-content/uploads/2022/04/Report_Blended-Cement-GreenDuratable-Sustainable_13Apr2022.pdf)
- [10]. Sanoop Prakasan, Sivakumar Palaniappan, Ravindra Gettu, Study of Energy Use and CO<sub>2</sub> Emissions in the Manufacturing of Clinker and Cement, *Journal of The Institution of Engineers (India) Series A* 101(5), DOI:10.1007/s40030-019-00409-4
- [11]. National Inventory Report of Belgium (1990-2018), (Annex I)
- [12]. Austria's National Inventory Report 2020, (Annex I)
- [13]. Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2020, Báo cáo cập nhật hai năm một lần lần thứ ba gửi Công ước khu của liên hợp quốc về biến đổi khí hậu, Nhà xuất bản Dân trí, Số ĐKXB: 1596-2021/CXBIPH/4-48/DT, ngày 11/5/2021
- [14]. Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2020, Báo cáo cập nhật hai năm một lần lần thứ ba gửi Công ước khu của liên hợp quốc về biến đổi khí hậu, Nhà xuất bản Dân trí, Số ĐKXB: 1596-2021/CXBIPH/4-48/DT, ngày 11/5/2021
- [15]. Global Cement and Concrete Association, 2024, Cement Industry Net Zero Progress Report 2024/25
- [16]. Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2023, Công văn số 327/BĐKH-PTCBT về việc công bố Hệ số phát thải lưới điện Việt Nam 2022.
- [17]. [https://www.carbonfootprint.com/docs/2023\\_02\\_emissions\\_factors\\_sources\\_for\\_2022\\_electricity\\_v10.pdf](https://www.carbonfootprint.com/docs/2023_02_emissions_factors_sources_for_2022_electricity_v10.pdf)