

KIỂM KÊ VÀ DỰ BÁO PHÁT THẢI CO₂ TỪ CLINKER TẠI TỈNH NINH BÌNH VÀ ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP GIẢM THIỂU PHÁT THẢI KHÍ NHÀ KÍNH

Thái Thị Thanh Minh, Lại Ngọc Ánh Dương
Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

Tóm tắt

Ngành xi măng - với đặc trưng tiêu thụ nhiều năng lượng và phát thải lớn CO₂, đặc biệt từ quá trình sản xuất clinker - là một trong những lĩnh vực trọng điểm cần được theo dõi và kiểm soát. Bài báo thực hiện kiểm kê phát thải CO₂ trong quá trình sản xuất xi măng tại tỉnh Ninh Bình theo phương pháp tính bậc 2 của IPCC (2006). Đồng thời dự báo phát thải cho 11 năm tiếp theo bằng mô phỏng Monte Carlo và đánh giá độ không chắc chắn để nâng cao độ tin cậy. Kết quả cho thấy lượng phát thải khí nhà kính tại Ninh Bình đã tăng khoảng 14,62 % từ 7,5 triệu tCO₂ vào năm 2016 lên đến 8,6 triệu tCO₂ vào năm 2019. Tuy nhiên, do tác động của dịch COVID-19 nên lượng khí thải năm 2020 của tỉnh đã giảm xuống khoảng 7,7 triệu tCO₂. Dự báo trong giai đoạn 11 năm tới từ 2020 - 2030, tỉnh Ninh Bình sẽ phát thải khoảng 9,21 triệu tCO₂ vào năm 2025 và lên hơn 10,55 triệu tCO₂ vào năm 2030. Để giảm thiểu phát thải khí nhà kính trong hoạt động sản xuất xi măng tại Ninh Bình, cần giảm lượng điện năng tiêu thụ và sử dụng nguồn nhiên liệu thay thế. Dự kiến nếu không có biện pháp giảm thiểu, Ninh Bình sẽ phải chi trả khoảng 309 triệu USD chi phí môi trường, trong đó bao gồm chi phí thuế carbon và chi phí năng lượng. Thông qua nghiên cứu này, nhóm tác giả mong muốn đóng góp dữ liệu và phương pháp tiếp cận nhằm hỗ trợ mục tiêu giảm phát thải khí nhà kính của Việt Nam nói chung và ngành công nghiệp xi măng nói riêng. Đồng thời giúp kết nối khoa học khí hậu với kinh tế học môi trường, tạo cơ sở cho nghiên cứu liên ngành tiếp theo.

Từ khóa: Clinker; Độ không chắc chắn; Khí nhà kính.

Abstract

Estimating cement - related emissions from Clinker production in Ninh Binh province and proposing greenhouse gas mitigation measures

The cement industry - characterized by high energy consumption and significant CO₂ emissions, particularly from clinker production - is one of the key sectors requiring close monitoring and control. This study conducts a CO₂ emissions inventory from cement production in Ninh Binh province using the Tier 2 methodology proposed by the IPCC (2006). Additionally, future emissions are projected over the next 11 years through Monte Carlo simulations, with uncertainty analysis conducted to enhance the reliability of the results. Findings reveal that greenhouse gas (GHG) emissions in Ninh Binh increased by approximately 14,62 %, from 7,5 million tons of CO₂ in 2016 to 8,6 million tons in 2019. However, due to the impact of the COVID-19 pandemic, emissions in 2020 decreased to around 7,7 million tons. Projections indicate that, if current trends continue, emissions could reach approximately 9,21 million tons by

2025 and exceed 10,55 million tons by 2030. To mitigate greenhouse gas emissions in Ninh Binh's cement sector, it is necessary to reduce electricity consumption and adopt alternative fuel sources. It is estimated that without mitigation measures, Ninh Binh may incur around 309 million USD in environmental costs, including carbon tax and energy expenses. Through this research, the authors aim to contribute both data and methodological approaches to support Vietnam's national greenhouse gas reduction targets, particularly within the cement industry. The study also seeks to bridge climate science and environmental economics, laying the groundwork for future interdisciplinary research.

Keywords: Clinker; Uncertainty; Greenhouse gases.

BBT nhận bài: 14/5/2025; Phản biện xong: 22/5/2025; Chấp nhận đăng: 27/6/2025

*Tác giả liên hệ, Email: tttminh@hunre.edu.vn

DOI: <http://doi.org/10.63064/khtnmt.2025.693>

1. Mở đầu

Trong quá trình sản xuất xi măng có nhiều giai đoạn khác nhau và nguồn khác nhau gây ra phát thải khí nhà kính (KNK), chủ yếu CO₂. Đầu tiên đó là quá trình nung clinker, đây là nguồn phát thải CO₂ lớn nhất trong quá trình sản xuất xi măng, chiếm khoảng 50 - 60 % lượng phát thải. Trong lò nung, đá vôi bị phân hủy thành vôi sống và khí CO₂ nên điều này đã giải phóng một lượng lớn KNK trực tiếp vào khí quyển. Thứ hai, đó là quá trình đốt nhiên liệu trong lò nung. Để nung clinker ở nhiệt độ cao (1450 °C), các nhà máy xi măng thường sử dụng than đá, dầu nặng, khí tự nhiên hoặc các loại nhiên liệu thay thế (như rác thải, sinh khối). Việc đốt cháy các nhiên liệu hóa thạch tạo ra CO₂, NO_x và một số KNK khác.

Thứ ba, đó là sự tiêu thụ điện năng. Các công đoạn như nghiền nguyên liệu, nghiền xi măng, vận hành quạt gió, hệ thống vận chuyển,... tiêu thụ nhiều điện năng. Nếu điện được sản xuất từ các nguồn hóa thạch như than đá hoặc khí tự nhiên, gián tiếp tạo ra phát thải CO₂. Theo BUR1 (2020), để sản xuất 1 tấn xi măng

cần tiêu hao 100 kW giờ điện [1]. Cuối cùng đó là vận chuyển nguyên liệu và sản phẩm. Việc khai thác, vận chuyển đá vôi, than, clinker và xi măng bằng xe tải, tàu hỏa hoặc tàu biển cũng tạo ra khí thải CO₂ từ việc đốt nhiên liệu.

Theo IPCC quá trình sản xuất một tấn clinker - thành phần chính của xi măng Portland - tạo ra một lượng CO₂, trong đó 57 % phát thải từ nguyên liệu thô và không thể thay đổi được [7]. Hơn nữa, việc cắt giảm clinker trong xi măng khiến xi măng “nở chậm” hoặc giảm độ cứng, điều này khó chấp nhận đối với người tiêu dùng.

Hiện nay, tại Việt Nam, sản xuất mỗi tấn clinker phát thải khoảng 905 kgCO₂. Trong đó, 525 kgCO₂ phát sinh từ nguyên liệu đầu vào, trong khi quá trình cung cấp năng lượng cho phản ứng hóa học tạo ra clinker cũng thải thêm khoảng 179 kgCO₂. Điều đó có nghĩa là khả năng cắt giảm phát thải chỉ còn khoảng 201 kgCO₂/tấn clinker, chủ yếu thông qua việc tối ưu hóa tiêu thụ điện và nhiệt năng [6]. Tuy nhiên, do không có dữ liệu phân loại nguồn CaO, nghiên cứu giả định toàn bộ CaO trong

clinker đến từ nguồn cacbonat như đá vôi (CaCO_3) theo hướng dẫn Tier 2 của IPCC (2006). Điều này có thể dẫn đến đánh giá lượng phát thải cao hơn thực tế trong trường hợp clinker được sản xuất với phụ gia chứa CaO từ nguồn phi-cacbonat như xỉ hoặc tro bay. Sai số này sẽ được đưa vào phân tích độ không chắc chắn.

Theo Báo cáo của Hiệp hội xi măng Việt Nam (2024) [6] tổng sản lượng thiết kế của các nhà máy (gồm trạm nghiền và lò đứng) khoảng 76,2 triệu tấn/năm, trong đó tiêu thụ nội địa 76 %, xuất khẩu 24 %. Sản xuất lượng lớn tập trung Miền Bắc với 54 nhà máy, có 11 dây chuyền công suất trên 4.000 tấn clinker/ngày. Tuy nhiên, với bộ cơ sở dữ liệu 47 nhà máy, chiếm 85 % số nhà máy xi măng lò quay của dự án NAMA xây dựng [4] đưa ra 03 kịch bản có khả năng giảm phát thải như sau: 1) Kịch bản thông thường theo Quy hoạch phát triển ngành công nghiệp xi măng (1.200 kg xi măng/đầu người) [8], tiềm năng giảm nhẹ 2,65 triệu tấn CO_2 /năm và tổng mức đầu tư cần thiết là 1,16 tỷ USD; 2) Kịch bản công nghệ tốt nhất hiện có, tiềm năng giảm nhẹ là 10,95 triệu tấn CO_2 /năm và tổng mức đầu tư cần thiết là 1,81 tỷ USD; 3) Kịch bản giảm sản lượng xuống 800 kg xi măng/đầu người, tiềm năng giảm nhẹ là 9,21 triệu tấn CO_2 /năm và tổng mức đầu tư cần thiết là 1,81 tỷ USD.

Ninh Bình hiện có 5 công ty sản xuất xi măng bao gồm: Công ty xi măng Vicem Tam Điệp; Công ty Cổ phần xi măng Hướng Dương; Công ty TNHH Duyên Hà - Nhà máy xi măng Duyên Hà; Công ty TNHH Tập đoàn xi măng The Vissai; Công ty Cổ phần xi măng Hệ Dưỡng với tổng 8 dây chuyền sản xuất. Chính vì vậy, tiềm năng phát thải KNK tại Ninh Bình

là rất cao, mặc dù công tác quản lý môi trường từ các ngành, lĩnh vực tại Ninh Bình cũng đã được đẩy mạnh. Song vẫn còn những bất cập tồn tại từ nhiều năm nay nhưng chưa được giải quyết triệt để như: 1) Hệ thống thể chế về môi trường không khí chưa đáp ứng yêu cầu; 2) Hoạt động đánh giá và kiểm soát nguồn thải còn chưa được toàn diện, các hoạt động hỗ trợ (đầu tư, nghiên cứu khoa học công nghệ, sự tham gia của cộng đồng) chưa phát huy hiệu quả; 3) Ý thức tuân thủ các quy định về bảo vệ môi trường của các chủ nguồn thải (sản xuất xi măng, nhiệt điện, phân bón, hoạt động giao thông vận tải,...) còn hạn chế. Chính vì vậy, bài báo thực hiện đánh giá phát thải KNK đối với hoạt động sản xuất xi măng từ clinker, trên cơ sở đó đề xuất giải pháp giảm thiểu đối với lĩnh vực xi măng của tỉnh, góp phần chung vào cam kết của Việt Nam.

2. Phạm vi và phương pháp nghiên cứu

2.1. Phạm vi nghiên cứu

- Phạm vi thời gian: Từ 01/2016 đến 12/2020

- Phạm vi không gian: 05 công ty sản xuất xi măng tại Ninh Bình, cụ thể như sau:

+ Công ty xi măng Vicem Tam Điệp (Số 27, Đường Chi Lăng, Xã Quang Sơn, Thành phố Tam Điệp, Ninh Bình): Thành lập ngày 31/5/1995, là thành viên của Tổng công ty xi măng Việt Nam (VICEM). Dây chuyền sản xuất hiện đại, công suất 1,4 triệu tấn/năm. Các dòng sản phẩm: Clinker CPC50, PC40/50, PCB30/40 hỗn hợp, PCP30/40 đa dụng, C91/MC25, TYPE I-C150/C150-15 và CEM I 42,5 [9].

+ Công ty Cổ phần xi măng Hướng Dương (Tổ 21, Phường Nam Sơn, Thành phố Tam Điệp, Ninh Bình): Nhà máy có 2 dây chuyền với công suất 2 triệu tấn xi măng/năm. Lò nung clinker công suất 5.000 tấn/ngày. Các dòng sản phẩm: Clinker CPC50, PCB30, PCB40, PCB50 và PC50 [9].

+ Công ty Cổ phần xi măng Hệ Dưỡng (Xã Ninh Vân, Huyện Hoa Lư, Ninh Bình): Nhà máy có 2 dây chuyền sản xuất xi măng với công suất thiết kế 142.000 tấn xi măng/năm và 420 tấn clinker/ngày [9].

+ Công ty TNHH Duyên Hà - Nhà máy xi măng Duyên Hà (Thôn Hệ, Xã Ninh Vân, Huyện Hoa Lư, Ninh Bình): Áp dụng công nghệ lò quay sản xuất xi măng theo phương pháp khô, với tháp trao đổi nhiệt 2 nhánh, 5 tầng và buồng phân hủy, sử dụng than cám 4aHG làm nhiên liệu. Các dòng sản phẩm: PCB30, PCB40, MC25, xi măng rời và clinker [9].

+ Công ty TNHH Tập đoàn xi măng The Vissai (Lô C7 - Cụm Công nghiệp Gián Khẩu, Huyện Gia Viễn, Ninh Bình): Dây chuyền 1 có công suất 1 triệu tấn xi măng/năm và 2.500 tấn clinker/ngày. Dây chuyền 2 có công suất 2,6 triệu tấn/năm và 6.500 tấn clinker/ngày [9].

2.2. Phương pháp nghiên cứu

a. Phương pháp thu thập số liệu thứ cấp

Số liệu hoạt động được thu thập từ báo cáo ngành xi măng Việt Nam cho các

cơ sở sản xuất xi măng tại Ninh Bình [6] được tổng hợp trên Bảng 2 và 3 (Phụ lục).

b. Phương pháp kiểm kê khí nhà kính

Phát thải từ hoạt động sản xuất xi măng thuộc lĩnh vực các quá trình công nghiệp và sử dụng sản phẩm (IPPU) [7]. Theo Hướng dẫn IPCC (2006) công thức ước lượng sản lượng clinker được tính như sau:

$$\text{Sản lượng clinker ước tính} = \text{Sản lượng xi măng} \times \text{Tỉ lệ clinker - clinker nhập khẩu} + \text{clinker xuất khẩu}$$

Tuy nhiên, các công ty sản xuất xi măng tại Ninh Bình, clinker được sản xuất trực tiếp từ các nhà máy. Do đó, sản lượng clinker sẽ là:

$$\text{Sản lượng clinker ước tính} = \text{Sản lượng xi măng} \times \text{Tỉ lệ clinker} \quad (1)$$

Do không có hệ số phát thải đặc trưng quốc gia trong lĩnh vực sản xuất xi măng, do đó giá trị mặc định được lựa chọn 0,65 (tức 65 %) được sử dụng cho hàm lượng CaO trong clinker [3].

Hệ số phát thải CO₂ từ clinker theo hướng dẫn IPCC (2006) [7] như sau:

$$EF_{\text{clinker}} = \text{Hệ số tỷ lệ} \times \text{Hàm lượng CaO trong clinker} \times \text{CKD} \quad (2)$$

trong đó, CKD (Cement Kiln Dust) là bụi lò xi măng.

Bụi lò xi măng được hình thành trong quá trình sản xuất xi măng và khó ước lượng được chính xác CKD.

Bảng 1. Hệ số phát thải mặc định cho quá trình sản xuất xi măng

Hệ số	Đơn vị	Giá trị	Nguồn
Hệ số tỷ lệ	Tấn CO ₂ /tấn CaO	0,786	Tỷ lệ khối lượng phân tử giữa CO ₂ và CaO
Hàm lượng CaO trong clinker	Tấn CaO/tấn clinker	0,65	Trang 2.11, Chương 2, Phần 3, IPCC 2006
Hệ số hiệu chỉnh CKD		1,02	Trang 2.11, Chương 2, Phần 3, IPCC 2006
EF _{clinker}	Tấn CO ₂ /tấn clinker	0,52	Được tính từ phương trình (2)

Phát thải khí CO₂ từ hoạt động sản xuất xi măng sẽ là:

$$\text{Phát thải CO}_2 = 0,52 \times \text{Sản lượng clinker} \quad (3)$$

c. Phương pháp tính toán độ không chắc chắn trong kết quả kiểm kê KNK đối với lĩnh vực xi măng

Độ không chắc chắn (ĐKCC) đối với sản xuất xi măng chủ yếu xuất phát từ dữ liệu hoạt động và hệ số phát thải đối với clinker.

** Độ không chắc chắn của hệ số phát thải*

Đối với tính toán Bậc 1, thành phần ĐKCC chính là % clinker trong xi măng được sản xuất. Nếu dữ liệu xuất/nhập khẩu đáng tin cậy, không có sẵn thì ĐKCC của sản lượng clinker sẽ rất cao. Mặc dù hệ số hiệu chỉnh CKD mặc định có ĐKCC rất lớn, ảnh hưởng của hệ số hiệu chỉnh CKD trong việc tính toán phát thải tổng thể, song vẫn nhỏ hơn ĐKCC liên quan đến % clinker.

** ĐKCC của số liệu hoạt động*

Trong dữ liệu sản xuất clinker được ước tính từ sản xuất xi măng, ĐKCC của dữ liệu hoạt động có thể đạt 35 %. Đối với Bậc 2, ĐKCC trong dữ liệu sản xuất clinker khoản 1 - 2 % [7]. Do vậy, việc thu thập dữ liệu từ các nhà sản xuất riêng lẻ sẽ giảm đi ĐKCC của dữ liệu. Theo công thức tính toán phát thải ta có:

$$E = EF \times AD \quad (4)$$

$$E \pm e \% = EF \pm a \% AD \pm b \%$$

trong đó: E là lượng phát thải; EF là hệ số phát thải; AD là dữ liệu hoạt động;

a % là sai số của hệ số phát thải EF;
b % là sai số trong dữ liệu hoạt động AD.

ĐKCC sẽ được tính bằng công thức sau:

$$e = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (5)$$

d. Phương pháp Monte Carlo

Phương pháp này được áp dụng để dự báo lượng phát thải KNK trong tương lai.

Mã Python sẽ thực hiện mô phỏng Monte Carlo trong vòng 11 năm (2020 - 2030) bao gồm:

- Thiết lập các thông số đầu vào: Sản lượng clinker, hệ số phát thải, mức tiêu thụ năng lượng, giá điện, giá thuế carbon và tỷ lệ tăng trưởng hàng năm.

- Chạy 1000 lần mô phỏng để tính toán phát thải CO₂, chi phí năng lượng, chi phí thuế carbon và tổng chi phí môi trường với sự biến động ngẫu nhiên của các yếu tố.

- Phân tích kết quả: Tính giá trị trung bình, độ lệch chuẩn và khoảng tin cậy 95 %.

- Xuất kết quả báo cáo bao gồm: Biểu đồ với các đường trung bình, độ lệch chuẩn và khoảng tin cậy, rồi lưu vào file PDF.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Phát thải khí CO₂ từ clinker

Dựa trên các số liệu của Bộ Xây dựng trong khuôn khổ dự án NAMA xi măng, tỷ lệ clinker trung bình trong xi măng của Việt Nam được ước tính vào khoảng 82 % (Bảng 2). Kết hợp Bảng 5 và Bảng 6 tính tổng sản lượng clinker trong xi măng và tổng clinker sản xuất tại tỉnh Ninh Bình được chỉ ra trong Bảng 7.

Bảng 2. Tỷ lệ clinker trung bình trong xi măng Việt Nam

Loại xi măng ở Việt Nam	Tỷ lệ clinker trong xi măng	Tỷ lệ clinker trung bình	Nguồn
OPC	92 - 96 %	0,82	Báo cáo nhiệm vụ 1.3.1 - 1.3.4 về năng lượng và phân tích các kịch bản phát thải CO ₂ cho Ngành công nghiệp xi măng Việt Nam - Dự án NAMA, Bộ Xây dựng
PCB 40	75 - 80 %		
PCB 30	60 - 65 %		

Áp dụng phương pháp tính toán phát thải KNK từ clinker, lượng phát thải CO₂ giai đoạn 2016 - 2020 thể hiện trong Bảng 3.

Bảng 3. Phát thải CO₂ từ clinker tại tỉnh Ninh Bình, giai đoạn 2016 - 2020

Đơn vị: tấn CO₂

Năm	2016	2017	2018	2019	2020
Phát thải CO ₂ từ clinker	7.536.987	7.236.485	8.609.837	8.638.499	7.731.835

Có thể thấy tổng lượng phát thải CO₂ của toàn tỉnh Ninh Bình đã tăng khoảng 14,62 %, từ 7.536.987 tCO₂ vào năm 2016 lên đến 8.638.499 tCO₂ vào năm 2019. Năm 2017, lượng phát thải CO₂ có xu hướng giảm nhẹ do sản lượng tiêu thụ xi măng thấp. Nguyên nhân là do các dự án xây dựng vào thời điểm đó bị đình trệ và ngành xây dựng phải chịu tác động nặng nề của bão lụt trên miền rộng khắp 3 miền (16 cơn bão). Năm 2018 và 2019 do đẩy mạnh xuất khẩu xi măng và clinker sang Trung Quốc, Philippines,... nên lượng khí CO₂ cũng tăng cao. Tuy nhiên năm 2020, do tác động của dịch COVID-19, lượng khí CO₂ của tỉnh đã giảm xuống 7.731.835 tCO₂ vào năm 2020.

Ngoài ra, theo dữ liệu thu thập được trên Worldometer về lượng phát thải

CO₂ của Việt Nam trong lĩnh vực các quá trình công nghiệp giai đoạn 2016 - 2020 cho thấy, chỉ riêng tỉnh Ninh Bình đã đóng góp từ 17 - 21 % tổng phát thải CO₂ từ các quá trình công nghiệp của cả nước [11]. Đây là tỷ lệ cao đối với một tỉnh. Do vậy, tỉnh cần ưu tiên kiểm soát và giảm thiểu KNK đối với hoạt động sản xuất xi măng trong lộ trình thực hiện NDC quốc gia.

Như đã trình bày về phương pháp tính toán ĐKCC trong phát thải đối với hoạt động sản xuất xi măng. Dựa theo khuyến nghị của đưa ra trong Bảng 2.3, Quyển 3, Hướng dẫn IPCC (2006) [7] , ĐKCC của kiểm kê KNK từ hoạt động sản xuất xi măng tại tỉnh Ninh Bình được xác định như sau:

Bảng 4. Độ không chắc chắn trong kiểm kê khí nhà kính cho hoạt động sản xuất xi măng ở tỉnh Ninh Bình

Nguồn phát thải	Loại khí	Phát thải (triệu tấn)	Độ không chắc chắn của thành phần hóa học	Độ không chắc chắn của số liệu sản lượng	Độ không chắc chắn của CKD	Độ không chắc chắn chung của số liệu hoạt động
Hoạt động sản xuất xi măng	CO ₂	7,7	8 %	2 %	35 %	15 %

Từ kết quả về giá trị độ không chắc chắn của số liệu hoạt động và hệ số phát thải, độ không chắc chắn của kết quả phát thải KNK từ hoạt động sản xuất xi măng được ước tính vào khoảng 15 %. Ngoài ra, ĐKCC của kết quả phát thải KNK từ hoạt động lĩnh vực sản xuất xi măng chủ yếu phụ thuộc vào việc sử dụng các hệ số phát

thải mặc định. Đây là điều không thể tránh khỏi do chưa có nhiều nghiên cứu sâu về lĩnh vực phát thải KNK quá trình sản xuất xi măng. Vì vậy, để cải thiện hơn độ tin cậy của các kết quả tính toán phát thải KNK từ quá trình sản xuất xi măng, cần có các nghiên cứu về hệ số phát thải KNK đặc trưng quốc gia trong lĩnh vực này.

Bảng 5. Sản lượng xi măng tại Ninh Bình

Đơn vị: Tấn

Cơ sở sản xuất	Công suất (tấn/năm)	2016	2017	2018	2019	2020
Vicem Tam Điệp	1.400.000	1.558.855	1.364.434	1.594.930	1.589.218	1.300.970
Hướng Dương	1.820.000	763.948	781.652	1.073.953	1.051.157	981.214
Hệ Dưỡng	1.800.000	569.909	511.772	540.864	670.259	530.693
Duyên Hà	2.400.000	2.677.661	2.547.796	2.828.268	2.493.220	2.578.712
The Vissai	3.410.000	2.225.806	2.422.038	2.872.242	3.148.586	2.503.658

Bảng 6. Sản lượng clinker sản xuất tại Ninh Bình

Đơn vị: Tấn

Cơ sở sản xuất	Công suất (tấn/ngày)	2016	2017	2018	2019	2020
Vicem Tam Điệp	4000	1.372.459	1.422.555	1.442.846	1.499.289	1.531.167
Hướng Dương	5000	1.453.322	1.530.000	1.523.249	1.684.582	1.695.578
Hệ Dưỡng	5000	879.839	391.155	1.047.036	780.128	440.335
Duyên Hà	7000	2.022.318	2.229.437	2.135.103	2.245.469	2.321.041
The Vissai	9000	2.999.214	2.728.780	3.102.738	3.062.033	3.210.485

Bảng 7. Tổng sản lượng clinker tại tỉnh Ninh Bình

Đơn vị: Tấn

Cơ sở sản xuất	2016	2017	2018	2019	2020
Vicem Tam Điệp	2.650.720	2.541.390	2.750.688	2.802.447	2.597.962
Hướng Dương	1.453.948	1.530.640	2.403.890	2.546.530	1.696.382
Hệ Dưỡng	1.347.164	810.808	1.490.544	1.329.740	875.503
Duyên Hà	4.218.000	4.318.629	4.454.282	4.289.909	4.435.584
The Vissai	4.824.374	4.714.851	5.457.976	5.643.873	5.263.484
Tổng	14.494.206	13.916.318	16.557.380	16.612.499	14.868.915

3.2. Dự báo phát thải xi măng từ clinker

Dự báo phát thải CO₂ giai đoạn 2020 - 2030 cho tỉnh Ninh Bình được áp dụng phương pháp Monte Carlo. Các thông số đầu vào được lựa chọn trong chương trình như sau:

```
# Tham số cơ bản
start_year = 2020
years = 11
num_simulations = 1000

# Tham số đầu vào ban đầu
initial_production = 14868915
initial_emission_factor = 0.52
initial_energy_consumption = 100

# Clinker
# Hệ số phát thải
# Lượng điện tiêu thụ
```

trong đó:

- Năm bắt đầu: Được lựa chọn là 2020, đây là năm có sản lượng clinker cuối trong số liệu thu thập.

- Số năm dự báo: 11 năm (giai đoạn 2020 - 2030)

- Số lần mô phỏng: 1000 lần.

- Sản lượng clinker ban đầu (tấn/năm): Là sản lượng clinker từ năm 2020 của tỉnh Ninh Bình.

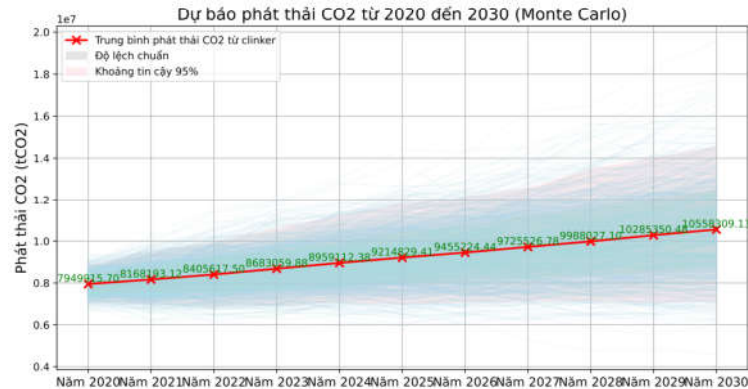
- Hệ số phát thải CO₂ (tCO₂/tấn clinker): 0,52 là hệ số đã tính được theo phương trình (3)

- Tiêu thụ năng lượng ban đầu (kWh/tấn clinker): Theo BUR3, quy trình sản xuất xi măng còn tiêu tốn nhiều nhiên liệu và năng lượng đáng kể, để sản xuất 1 tấn xi măng sẽ tiêu hao 100 kW giờ điện [2]. Hơn nữa, không có số liệu về mức tiêu thụ điện

năng tại các nhà máy. Do vậy, lượng điện năng tiêu thụ được lựa chọn là 100 kWh.

Từ các thông số trên, biểu đồ cho thấy trung bình phát thải CO₂ tại tỉnh Ninh

Bình có xu hướng tăng dần từ khoảng 9,21 triệu tấn CO₂ vào năm 2025 và lên hơn 10,55 triệu tấn CO₂ vào năm 2030 (Hình 1).



Hình 1: Dự báo phát thải CO₂ từ clinker tại Ninh Bình

Dải màu hồng thể hiện khoảng tin cậy 95 % và phần lớn kết quả dự báo đều rơi vào khoảng này. Độ lệch chuẩn nhỏ được thể hiện bằng vùng màu xanh cho thấy mức biến động không quá lớn nên suy ra mô hình dự báo có độ tin cậy cao.

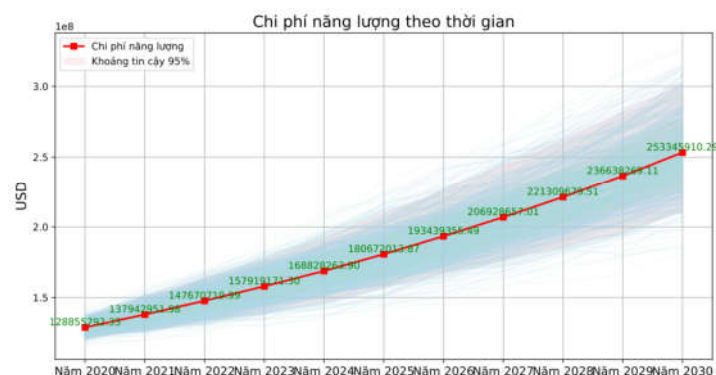
3.3. Dự báo chi phí năng lượng

Các thông số đầu vào được lựa chọn trong chương trình như sau:

Thêm yếu tố: Giá điện và Thuế carbon
 initial_energy_price = 0.081 # USD/kWh
 energy_price_growth_rate = 0.029
 energy_price_std = 0.01

trong đó:

- Giá điện ban đầu: Được quy đổi từ 2.103,1159 đồng/kWh sang 0,081 USD theo giá bán lẻ bình quân từ ngày 11/10/2024.
- Tỷ lệ tăng trưởng giá điện: Là 2,9 % được tính trong giai đoạn 10 năm (2015 - 2024) theo công thức tỷ lệ tăng trưởng kép hàng năm (CAGR) [10].



Hình 2: Dự báo chi phí sử dụng năng lượng trong sản xuất xi măng tại Ninh Bình

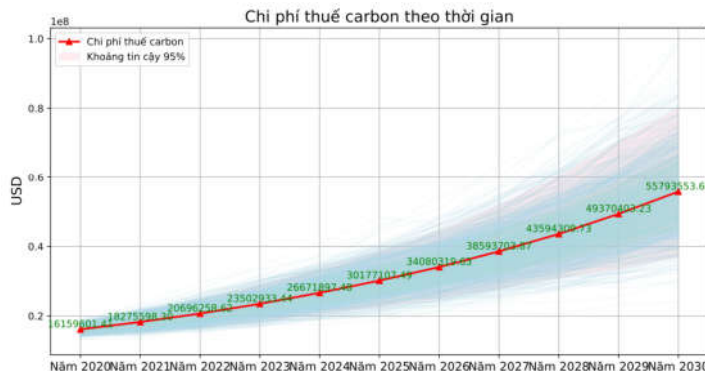
Với các thông số về giá điện, biểu đồ đã cho thấy chi phí năng lượng của Ninh Bình có thể tăng lên 180,7 triệu USD vào

năm 2025 và 253,3 triệu USD vào năm 2030 (Hình 2).

3.4. Dự báo chi phí thuế các bon

Các thông số đầu vào được lựa chọn trong chương trình như sau:

```
initial_carbon_tax = 1.85 # USD/tCO2
carbon_tax_growth_rate = 0.1
carbon_tax_std = 0.02
```



Hình 3: Dự báo chi phí thuế carbon trong hoạt động sản xuất xi măng tại Ninh Bình

Trong đó, giá thuế carbon ban đầu được lựa chọn là 1,85 USD/tCO₂ và tỷ lệ tăng trưởng thuế carbon là 10 % dựa theo nghiên cứu của Trường Đại học Quốc gia Úc [1]. Dựa vào Hình 3, nếu thuế carbon được đưa vào áp dụng, dự kiến Ninh Bình sẽ phải trả khoảng 30 triệu USD thuế carbon vào năm 2025 và 55,8 triệu USD vào năm 2030. Tổng chi phí môi trường được tính bằng tổng của chi phí năng lượng và chi phí thuế carbon. Theo đó, chi phí môi trường dự kiến mà Ninh Bình phải chi trả là khoảng 210,8 triệu USD vào năm 2025 và 309 triệu USD vào năm 2030.

3.5. Giải pháp nhằm giảm phát thải KNK cho quy trình sản xuất xi măng tại Ninh Bình

Trên cơ sở tính tổng phát thải KNK của hoạt động sản xuất xi măng từ clinker tại Ninh Bình, một số giải pháp được đề xuất trong việc giảm phát thải như sau:

Giải pháp 1: Giảm lượng điện năng tiêu thụ

Trong các nhà máy xi măng, quá trình sản xuất clinker thải ra môi trường một

lượng nhiệt lớn tại đầu ra vị trí sau tháp trao đổi nhiệt và khu vực làm nguội clinker. Một phần lượng nhiệt tại tháp trao đổi nhiệt được sử dụng cho quá trình sấy nghiền liệu và nghiền than. Một phần nhiệt lượng phát thải tại thiết bị làm nguội clinker dùng để sấy nghiền than và nghiền xi măng. Lượng nhiệt thừa này có thể thu hồi để sản xuất điện nhằm tự cung cấp một phần điện tiêu thụ tại các dây chuyền sản xuất xi măng, tiết kiệm điện năng từ lưới điện quốc gia, đồng thời góp phần làm giảm chi phí sản xuất, giảm phát thải bụi và khí CO₂ ra môi trường. Muốn vậy, các nhà máy xi măng sẽ phải đầu tư công nghệ sử dụng nhiệt thừa để phát điện (WHR).

Giải pháp 2: Sử dụng nhiên liệu thay thế

Để giảm nguy cơ cạn kiệt nguồn nhiên liệu truyền thống (chủ yếu là than đá hoặc than cốc) thì việc nghiên cứu và sử dụng nguồn nhiên liệu thay thế trong làm nóng lò xi măng là rất cần thiết. Việc đốt phế thải xen kẽ nhiên liệu chính có thể giảm lượng nhiên liệu chính đến 50 %

tùy theo cách đốt và loại phế thải. Phế thải thường chứa các hợp chất chứa S, Cl, Fe và nhiều chất khác nữa. Khi cháy chúng sẽ tạo ra các hợp chất ví dụ SO_2 khi đốt cao su, Cl khi đốt chất dẻo họ PVC,... Vì vậy cần phán đoán các khí có thể sinh ra khi đốt rác hay phế thải để có kế hoạch xử lý hợp lý. Nhiệt trị của phế thải có thể đốt được trong lò quay thường trên 2.500 kcal/kg, độ đồng nhất càng cao càng tốt. Chất thải là loại vật chất luôn có chi phí rẻ hơn so với nhiên liệu tiêu thụ cho quá trình sản xuất xi măng. Việc tận dụng chất thải làm nguồn nguyên nhiên liệu trong sản xuất xi măng không chỉ giảm chi phí đầu vào mà còn giảm chi phí xử lý chất thải để bảo vệ môi trường.

Các loại nhiên liệu thay thế điển hình được sử dụng trong ngành xi măng:

- Nhiên liệu sinh khối:
 - + Rơm rạ, trấu, mùn cưa, gỗ phế thải;
 - + Bã mía, bã cà phê, vỏ điều;
 - + Bùn thải từ sản xuất giấy hoặc thực phẩm.
- Chất thải công nghiệp:
 - + Dầu thải, dung môi thải;
 - + Cao su phế thải, lốp xe cũ;
 - + Nhựa phế liệu không tái chế được.

4. Kết luận

Kết quả kiểm kê phát thải CO_2 từ hoạt động sản xuất xi măng từ clinker tại Ninh Bình cho thấy, tổng lượng đã phát thải 7,5 triệu t CO_2 vào năm 2016 và mức phát thải ấy đã tăng khoảng 14,62 %, lên 8,6 triệu t CO_2 vào năm 2019. Tuy nhiên, năm 2020 đã giảm xuống 7,7 triệu t CO_2 do tác động của COVID-19. Dự báo trong giai đoạn 11 năm tới, tỉnh Ninh Bình sẽ phát thải khoảng 9,21 triệu tấn CO_2 vào

năm 2025 và lên hơn 10,55 triệu tấn CO_2 vào năm 2030. Nếu không có các giải pháp giảm thiểu phát thải KNK hoặc điện năng tiêu thụ, dự kiến Ninh Bình sẽ phải chi trả khoảng 309 triệu USD chi phí môi trường, trong đó bao gồm chi phí thuế carbon và chi phí năng lượng.

Trước thực trạng này, hai nhóm giải pháp công nghệ được đề xuất gồm: (i) Đầu tư hệ thống thu hồi nhiệt thừa để phát điện và (ii) Chuyển đổi sang sử dụng các nguồn nhiên liệu thay thế nhằm tiết kiệm năng lượng và giảm phát thải CO_2 trong sản xuất clinker.

Tuy nhiên, để thúc đẩy quá trình chuyển đổi xanh trong ngành xi măng, cần có sự vào cuộc của Nhà nước thông qua việc hoàn thiện các cơ chế, chính sách hỗ trợ. Cụ thể, Chính phủ có thể xem xét triển khai các ưu đãi tài chính, miễn giảm thuế và các chương trình khuyến khích đầu tư nhằm tạo động lực cho doanh nghiệp áp dụng công nghệ sản xuất thân thiện với môi trường. Bên cạnh đó, cần xây dựng và ban hành hệ thống tiêu chuẩn, hướng dẫn kỹ thuật và định mức phát thải phù hợp, từ đó làm căn cứ cho doanh nghiệp kiểm kê, đánh giá và kiểm soát lượng phát thải KNK. Việc này đồng thời góp phần thúc đẩy sự tham gia của các doanh nghiệp vào thị trường carbon trong nước và quốc tế, hướng tới mục tiêu phát thải ròng bằng 0 theo cam kết quốc gia (NDC).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Thang Nam Do, Paul J. Burke (2021). *Carbon pricing in Vietnam: Options for adoption*. Australian National University.
- [2]. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2020). *Báo cáo cập nhật hai năm một lần, lần thứ nhất của Việt Nam cho UNFCCC về biến đổi khí hậu (BUR1)*. Nxb. Dân trí.

[3]. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2022). *Quyết định 2626/2022/QĐ-BTNMT ngày 10/10/2022 của Bộ Tài nguyên và Môi trường về công bố danh mục hệ số phát thải phục vụ kiểm kê khí nhà kính.*

[4]. Bộ Xây dựng (2016). *Xây dựng năng lực và hỗ trợ xây dựng kế hoạch hành động giảm nhẹ phát thải khí nhà kính trong lĩnh vực xi măng Việt Nam* gọi tắt là NAMA xi măng. Quỹ Phát triển Bắc Âu tài trợ.

[5]. FPT Securities (2020). *Báo cáo ngành xi măng tháng 09/2020.*

[6]. Hiệp hội xi măng Việt Nam (2024). *Báo cáo ngành xi măng Việt Nam 2023.* Xuất bản lần thứ 11.

[7]. IPCC (2006). *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.*

[8]. Thủ tướng Chính phủ (2011). *Quyết định số 1488/QĐ-TTg ngày 29/08/2011 về phê duyệt Quy hoạch phát triển công nghiệp xi măng Việt Nam giai đoạn 2011 - 2020 và định hướng đến năm 2030.*

[9]. <https://ximang.vn/>

[10]. <https://www.verifiedmarketresearch.com/product/us-power-market/#:~:text=US%20Power%20Market%20Size%20and,energy%20is%20transported%20or%20converted.>

[11]. <https://www.worldometers.info/co2-emissions/vietnam-co2-emissions/#:~:text=Fossil%20CO2%20emissions%20in%20Vietnam%20were%20327%2C905%2C620%20tons%20in%202022.>