

TỪ KIỂM KÊ ĐẾN QUẢN TRỊ SỐ PHÁT THẢI KHÍ NHÀ KÍNH TRONG CÔNG NGHIỆP DẦU KHÍ VIỆT NAM

NGUYỄN ĐĂNG KHOA^{1*} - ĐINH THỊ NGUYỆT MINH¹ - HOÀNG THÁI LỘC¹

¹Viện Dầu khí Việt Nam

Vietnam Petroleum Institute

*Tác giả liên hệ - Email: khoand.cpse@vpi.pvn.vn

Ngày nhận bài: 14/8/2026

Ngày sửa bài: 4/9/2026

Ngày duyệt đăng bài: 15/9/2026

Tóm tắt:

Nghiên cứu đề xuất khung quản trị số phát thải khí nhà kính (KNK) phù hợp với đặc thù chuỗi giá trị dầu khí Việt Nam. Phương pháp nghiên cứu gồm rà soát các hướng dẫn của GHG Protocol, IPCC và IPIECA/API/IOGP; phân tích chuỗi hoạt động dầu khí; xác định yêu cầu dữ liệu; thiết kế mô hình dữ liệu và kiến trúc xử lý. Kết quả cho thấy, hệ thống cần quản lý phát thải theo nhiều cấp, từ tổ chức, cơ sở, công đoạn, thiết bị, nguồn phát thải, loại khí đến dữ liệu hoạt động, hệ số phát thải, phương pháp/Tier và kết quả. Mô hình Star Schema được đề xuất để tách dữ liệu gốc, hệ số, phương pháp và kết quả, đồng thời tích hợp độ không chắc chắn, QA/QC, quản lý phiên bản và khả năng tái tính toán. Kiến trúc Excel/SharePoint → cơ sở dữ liệu → mô-đun tính toán → Power BI → báo cáo cho phép triển khai từng bước. Đóng góp chính là chuyển đổi tượng quản lý từ “con số phát thải” sang “dòng dữ liệu tạo nên con số”, tạo nền tảng cho MRV, xác minh và quản trị giảm phát thải.

Từ khóa: phát thải khí nhà kính, báo cáo số, ngành dầu khí, khí mê-tan, MRV.

From greenhouse gas inventories to digital emissions management in Vietnam's oil and gas industry

Abstract:

This study proposes a digital greenhouse gas (GHG) emissions management framework tailored to the characteristics of Vietnam's oil and gas value chain, addressing the limitations of inventory practices that rely primarily on spreadsheets and manual aggregation. The methodology includes a review of the GHG Protocol, IPCC, and IPIECA/API/IOGP guidance; analysis of oil and gas activities; identification of data requirements; and the design of a data model and processing architecture. The findings indicate that the system should manage emissions across multiple levels, ranging from organization, facility, process, equipment, emission source, and gas type to activity data, emission factors, calculation methods/Tiers, and results. A Star Schema is proposed to separate source data, emission factors, methodologies, and results while integrating uncertainty, QA/QC, version control, and recalculation capabilities. The proposed architecture, including Excel/SharePoint, database, calculation module, Power BI, and reporting - supports phased implementation. The principal contribution is to shift the object of management from the “emission number” itself to the “data lineage that produces the number,” thereby providing a foundation for MRV, verification, and emissions-reduction governance.

Keywords: greenhouse gas emissions, digital reporting, oil and gas industry, methane, MRV

1. Đặt vấn đề

Áp lực toàn cầu về giảm thiểu biến đổi khí hậu đang đặt ra yêu cầu cấp thiết, buộc các doanh nghiệp dầu khí phải chuyển từ "kiểm kê phát thải" thuần túy sang "quản trị dữ liệu phát thải" toàn diện (Busch et al., 2022). Nếu hoạt động kiểm kê truyền thống giúp xác định tổng lượng phát thải, thì quản trị phát thải trong giai đoạn mới đòi hỏi một hệ thống Đo đạc, Báo cáo và Thẩm định (MRV) minh bạch, giải quyết đồng thời các khía cạnh: nguồn phát thải từ đâu, dữ liệu đầu vào là gì, phương pháp luận nào được áp dụng, độ không chắc chắn ra sao và khả năng truy xuất, tái lập dữ liệu như thế nào. Về mặt tiêu chuẩn, trong khi GHG Protocol cung cấp nền tảng phân loại phát thải theo Scope 1, 2 và 3 (WRI & WBCSD, 2004, 2011), thì các hướng dẫn chuyên ngành như IPIECA/API/IOGP và đặc biệt là Khung Tiêu chuẩn Vàng OGMP 2.0 (Oil and Gas Methane Partnership 2.0) của UNEP lại nhấn mạnh vào tính đặc thù của ranh giới hoạt động, nguồn phát và yêu cầu khắt khe về chất lượng dữ liệu của ngành công nghiệp dầu khí (IPIECA et al., 2011; UNEP, 2020).

Đối với ngành dầu khí Việt Nam, bài toán này trở nên đặc biệt phức tạp do tính chất tích hợp của chuỗi giá trị, trải rộng từ khâu thượng nguồn (thăm dò - khai thác), trung nguồn (thu gom, vận chuyển, kho cảng LNG) đến hạ nguồn (lọc hóa dầu, sản xuất điện, phân đạm và dịch vụ kỹ thuật). Sự đa dạng trong quy trình vận hành dẫn đến hệ thống nguồn phát thải vô cùng phức tạp, bao gồm đốt cháy nhiên liệu, đốt đuốc (flaring), xả khí (venting), phát thải quá trình và phát thải phát tán. Đáng chú ý, khí mê-tan thường phát sinh từ các nguồn vi mô và phân tán như van, mặt bích, máy nén và mạng lưới đường ống. Đặc điểm này gây ra thách thức lớn trong việc định lượng chính xác và kiểm soát độ không chắc chắn, vốn là một điểm nghẽn đã được nhiều nghiên cứu quốc tế chỉ ra đối với các hạ tầng dầu khí (Brandt et al., 2014; Alvarez et al., 2018; API, 2021).

Mặc dù các hướng dẫn hiện hành đã thiết lập nền tảng vững chắc về nguyên tắc kiểm kê và phương pháp tính toán, thực tiễn áp dụng vẫn tồn tại một khoảng trống lớn: khả năng chuyển hóa các yêu cầu phương pháp luận này thành một cấu trúc dữ liệu chuẩn hóa và quy trình số hóa có khả năng áp dụng thống nhất cho các doanh nghiệp dầu khí tích hợp. Quá trình chuyển đổi số trong quản trị KNK không chỉ dừng lại ở việc tổng hợp số liệu, mà còn đòi hỏi khả năng truy xuất nguồn gốc xuyên suốt từ cấp độ Tập đoàn xuống từng cơ sở, công đoạn, thiết bị và nguồn phát thải cụ thể. Hơn nữa, các hệ thống hiện tại thường thiếu sự tích hợp chặt chẽ với quy trình đảm bảo và kiểm soát chất lượng (QA/QC), đánh giá độ không chắc chắn động và quản lý phiên bản dữ liệu, là những yếu tố cốt lõi để đảm bảo tính toàn vẹn của báo cáo phát thải.

Xuất phát từ nhu cầu thực tiễn và những khoảng trống nêu trên, nghiên cứu này được thực hiện nhằm xây dựng một khung quản trị số phát thải KNK chuyên biệt cho ngành Dầu khí Việt Nam. Mục tiêu cụ thể bao gồm: (i) chuẩn hóa cấu trúc dữ liệu và phương pháp tính toán; (ii) thiết kế cơ chế truy xuất nguồn gốc, tích hợp QA/QC, đánh giá độ không chắc chắn và tái tính toán tự động; và (iii) đề xuất kiến trúc công nghệ lõi có khả năng triển khai theo từng giai đoạn.

2. Tổng quan và phương pháp nghiên cứu

2.1. Cơ sở lý thuyết

Nghiên cứu dựa trên các tiêu chuẩn, hướng dẫn quốc tế về kiểm kê và báo cáo KNK, gồm GHG Protocol, hướng dẫn của IPCC, tiêu chuẩn ISO 14064 và các hướng dẫn chuyên ngành dầu khí của IPIECA, API và IOGP, đồng thời tham chiếu GRI 11 về yêu cầu công bố thông tin của ngành dầu khí (GRI, 2026). Các tài liệu này được dùng để xác định nguyên tắc về ranh giới kiểm kê, phân loại Scope 1-3, phương pháp tính,

lựa chọn hệ số phát thải, quản lý dữ liệu, đảm bảo/kiểm soát chất lượng (QA/QC), đánh giá độ không chắc chắn và xác minh kết quả. Đây là cơ sở để chuyển các yêu cầu phương pháp luận thành yêu cầu dữ liệu và chức năng của hệ thống số.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng phương pháp định tính theo hướng thiết kế khung tiêu chuẩn. Quy trình gồm 6 bước: (1) rà soát tiêu chuẩn và hướng dẫn quốc tế; (2) phân tích chuỗi giá trị và nguồn phát thải dầu khí Việt Nam; (3) xác định yêu cầu dữ liệu; (4) thiết kế mô hình dữ liệu; (5) thiết kế kiến trúc hệ thống và luồng xử lý; và (6) xây dựng tiêu chí kiểm chứng.

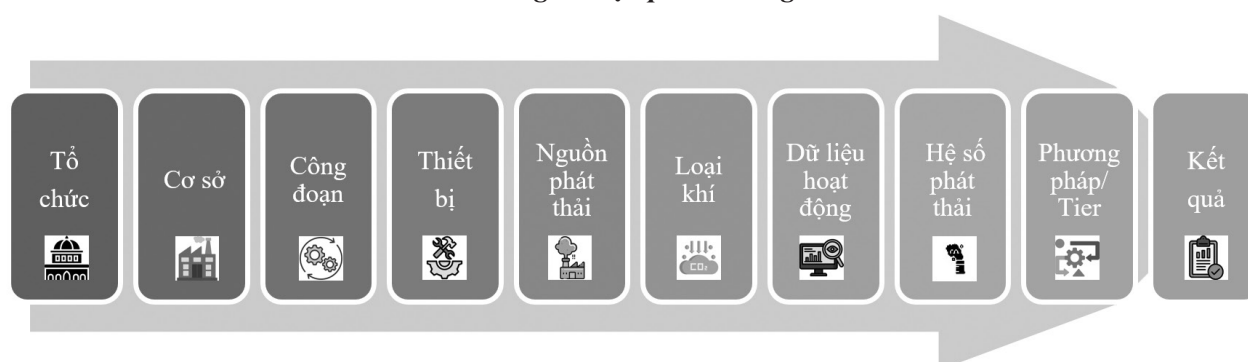
Do nghiên cứu hiện tại tập trung vào phương pháp luận và kiến trúc, chưa có bộ dữ liệu vận hành đủ để thực hiện kiểm chứng định lượng trên toàn doanh nghiệp. Vì vậy, các kết quả dưới đây được trình bày dưới dạng khung thiết kế và tiêu chí đánh giá; việc xác nhận hiệu năng cần được thực hiện bằng dữ liệu thực tế ở giai đoạn tiếp theo.

3. Kết quả và thảo luận kết quả nghiên cứu

3.1. Khung dữ liệu phát thải theo chuỗi truy xuất

Để chuyển từ phương thức kiểm kê phát thải truyền thống sang quản trị và báo cáo số, dữ liệu phát thải cần được tổ chức theo chuỗi truy xuất từ kết quả phát thải đến nguồn phát sinh, thay vì chỉ lưu trữ giá trị tổng hợp ở cấp doanh nghiệp. Cấu trúc này cho phép một kết quả phát thải ở cấp Tập đoàn hoặc doanh nghiệp có thể truy xuất ngược đến cơ sở, công đoạn, thiết bị và nguồn phát thải cụ thể; đồng thời cho phép truy xuất xuôi từ dữ liệu hoạt động và phương pháp tính đến kết quả cuối cùng. Đây là điểm khác biệt quan trọng giữa hệ thống quản lý dữ liệu phát thải và bảng kiểm kê phát thải thông thường. Khung dữ liệu đề xuất cũng phù hợp với yêu cầu quản lý dữ liệu theo các hướng dẫn GHG Protocol và hướng dẫn chuyên ngành dầu khí (Hình 1).

Hình 1. Khung dữ liệu phát thải nghiên cứu



Mỗi bản ghi kết quả đồng thời gắn với kỳ báo cáo, nguồn dữ liệu, độ không chắc chắn, chất lượng dữ liệu và trạng thái QA/QC. Cấu trúc này cho phép tổng hợp từ nguồn lên cơ sở, đơn vị và cấp doanh nghiệp, đồng thời thực hiện truy xuất ngược từ báo cáo về nguồn phát thải.

Bảng 1. Cấu trúc dữ liệu cốt lõi của hệ thống báo cáo số

Lớp dữ liệu	Thông tin chính	Mục đích quản trị
Đối tượng quản lý	Tổ chức, đơn vị, cơ sở, công đoạn, thiết bị	Xác định ranh giới và cấp tổng hợp

Nguồn phát thải	Đốt nhiên liệu, flaring, venting, fugitive, quá trình	Nhận diện nguồn và ưu tiên kiểm soát
Dữ liệu hoạt động	Nhiên liệu, điện, lưu lượng, sản lượng, thành phần khí	Lưu dữ liệu gốc và đơn vị đo
Phương pháp	Công thức, Tier, hệ số phát thải, GWP	Bảo đảm tính nhất quán và tái tính toán
Kết quả	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, CO ₂ e, cường độ phát thải	Tổng hợp và báo cáo
Chất lượng dữ liệu	Độ không chắc chắn, QA/QC, nguồn và phiên bản	Đánh giá độ tin cậy và cải thiện dữ liệu

Nguồn: Tác giả tổng hợp

3.2. Thiết kế cơ sở dữ liệu và khả năng truy xuất

Cơ sở dữ liệu (CSDL) được đề xuất theo mô hình lược sao (Star Schema), trong đó các bảng thứ nguyên mô tả tổ chức, cơ sở, nguồn phát thải, loại khí, phương pháp và hệ số phát thải; các bảng dữ kiện lưu dữ liệu hoạt động, kết quả phát thải, đo lường và xác minh. Ưu điểm là tách biệt dữ liệu gốc khỏi hệ số và phương pháp tính. Khi hệ số phát thải hoặc phương pháp được cập nhật, hệ thống có thể tái tính toán mà không làm mất dữ liệu ban đầu. Mỗi kết quả được gắn với phiên bản tương ứng, tạo nền tảng cho kiểm toán và báo cáo.

Điểm có ý nghĩa quản trị là hệ thống có thể tạo 2 chiều truy xuất. Chiều thứ nhất là “bottom-up”: dữ liệu từ thiết bị và nguồn phát thải được tổng hợp thành kết quả của cơ sở, đơn vị và doanh nghiệp. Chiều thứ hai là “top-down”: từ một chỉ tiêu trên dashboard có thể truy ngược đến nguồn phát thải, dữ liệu hoạt động, hệ số và phương pháp. Như vậy, dashboard không còn là lớp trình bày độc lập mà trở thành cửa sổ truy cập vào chuỗi bằng chứng của kết quả kiểm kê.

3.3. Quản lý phát thải Scope 1, Scope 2 và Scope 3 (Hình 2)

Scope 1 là trọng tâm của hệ thống đối với các nguồn thuộc sở hữu hoặc kiểm soát của doanh nghiệp dầu khí, gồm đốt nhiên liệu, flaring, venting, phát thải phát tán và phát thải quá trình. Việc tách riêng CO₂, CH₄ và N₂O trước khi quy đổi CO₂e giúp cơ sở nhận diện tất cả các nguồn phát thải CH₄ riêng rẽ và biện pháp giảm phát thải khác với CO₂.

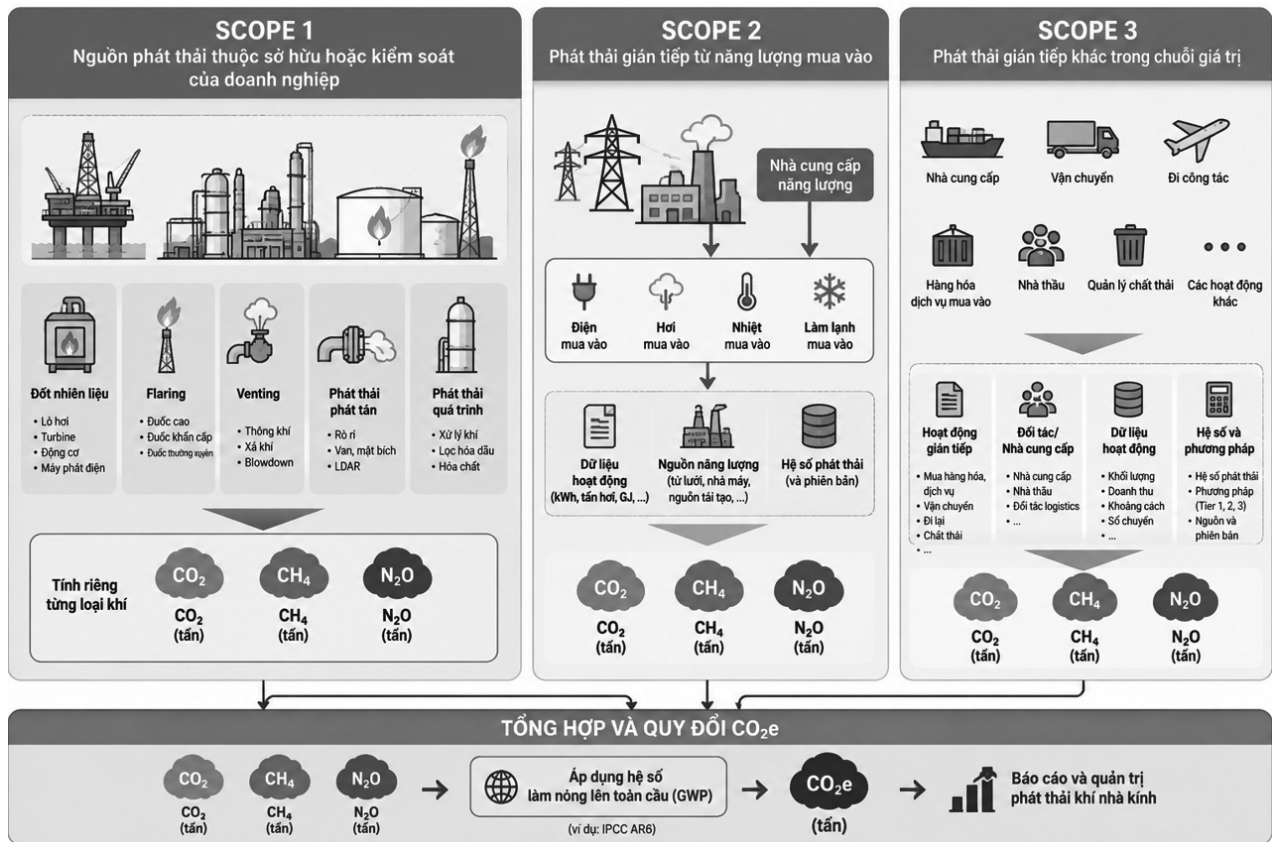
Scope 2 cần được quản lý từ lượng điện, hơi, nhiệt hoặc năng lượng làm lạnh mua vào, cùng với nhà cung cấp, nguồn năng lượng và hệ số phát thải. Cập nhật dữ liệu cả nguồn và phiên bản hệ số là cần thiết vì cơ cấu nguồn điện có thể thay đổi theo thời gian.

Scope 3 được tổ chức theo hoạt động gián tiếp, đối tác/nhà cung cấp, dữ liệu hoạt động, hệ số và phương pháp. Các nhóm nguồn đưa vào báo cáo cần được công bố rõ ràng. Cách tổ chức này phù hợp với nguyên tắc Scope 3 và giúp doanh nghiệp mở rộng hệ thống mà không phải thiết kế lại CSDL.

3.4. Độ không chắc chắn trở thành công cụ quản lý chất lượng dữ liệu

Một đóng góp đáng chú ý của khung là đưa độ không chắc chắn trở thành thuộc tính của từng kết quả phát thải. Đánh giá độ không chắc chắn nhằm xác định mức tin cậy của kết quả, nhận diện nguồn dữ liệu bất định lớn và ưu tiên cải thiện chất lượng dữ liệu, chứ không chỉ để đưa ra một con số phần trăm. IPIECA khuyến nghị tập trung vào các nguồn phát thải lớn; với dầu khí, cải thiện phép đo lượng khí/nhiên liệu và thành phần khí có thể giảm đáng kể độ không chắc chắn (IPIECA, 2011).

Hình 2. Mô tả phạm vi báo cáo phát thải khí nhà kính ngành dầu khí¹

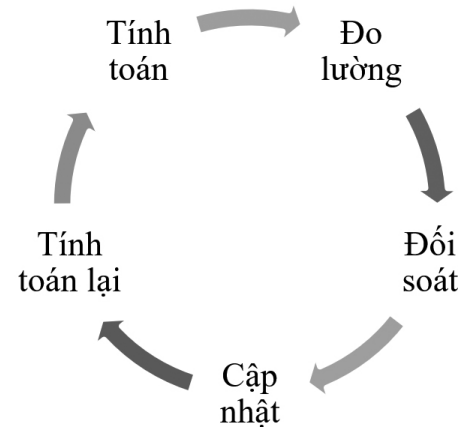


Đối với các nguồn có biến động lớn về lưu lượng hoặc thành phần khí, đặc biệt là CH₄ từ venting và fugitive, phương pháp Monte Carlo có thể được sử dụng để mô phỏng phân bố kết quả. Quy trình gồm lấy mẫu ngẫu nhiên các giá trị đầu vào, tính phát thải qua nhiều lần mô phỏng, hình thành phân bố kết quả và xác định giá trị trung bình/trung vị cùng khoảng tin cậy. Quan trọng hơn, độ không chắc chắn được sử dụng để xếp hạng ưu tiên: nguồn phát thải lớn, bất định cao và chất lượng dữ liệu thấp được ưu tiên cải thiện trước.

3.5. Từ hệ số phát thải đến đo lường trực tiếp đối với nguồn trọng yếu

Không phải mọi nguồn phát thải đều cần áp dụng cùng một cấp độ phương pháp (IPCC, 2006). Các nguồn nhỏ và có độ không chắc chắn thấp có thể sử dụng Tier 1 hoặc Tier 2. Các nguồn lớn, có dữ liệu đặc thù hoặc yêu cầu độ chính xác cao nên được ưu tiên bậc cao hơn như Tier 2/Tier 3. Đối với CH₄ có độ không chắc chắn cao hoặc tiềm năng giảm phát thải lớn, cần xem xét định lượng trực tiếp khi điều kiện kỹ thuật và chi phí cho phép. Khi đồng thời có kết quả tính toán và đo lường, 2 kết quả cần được đối soát, nếu chênh lệch vượt mức chấp nhận thì kiểm tra dữ liệu hoạt động, thành phần khí, hệ số và phương pháp đo trước khi cập nhật và tái tính toán. Điểm quan trọng đối

Hình 3. Mô hình tiếp cận báo cáo



với ngành dầu khí là cách tiếp cận này hình thành vòng lặp cải thiện liên tục (Hình 3), bởi chuyển đổi số chỉ thực sự nâng cao chất lượng kiểm kê khi nó kéo theo sự chuyển đổi về chất lượng dữ liệu đầu vào, thay vì chỉ số hóa bảng tính hiện có.

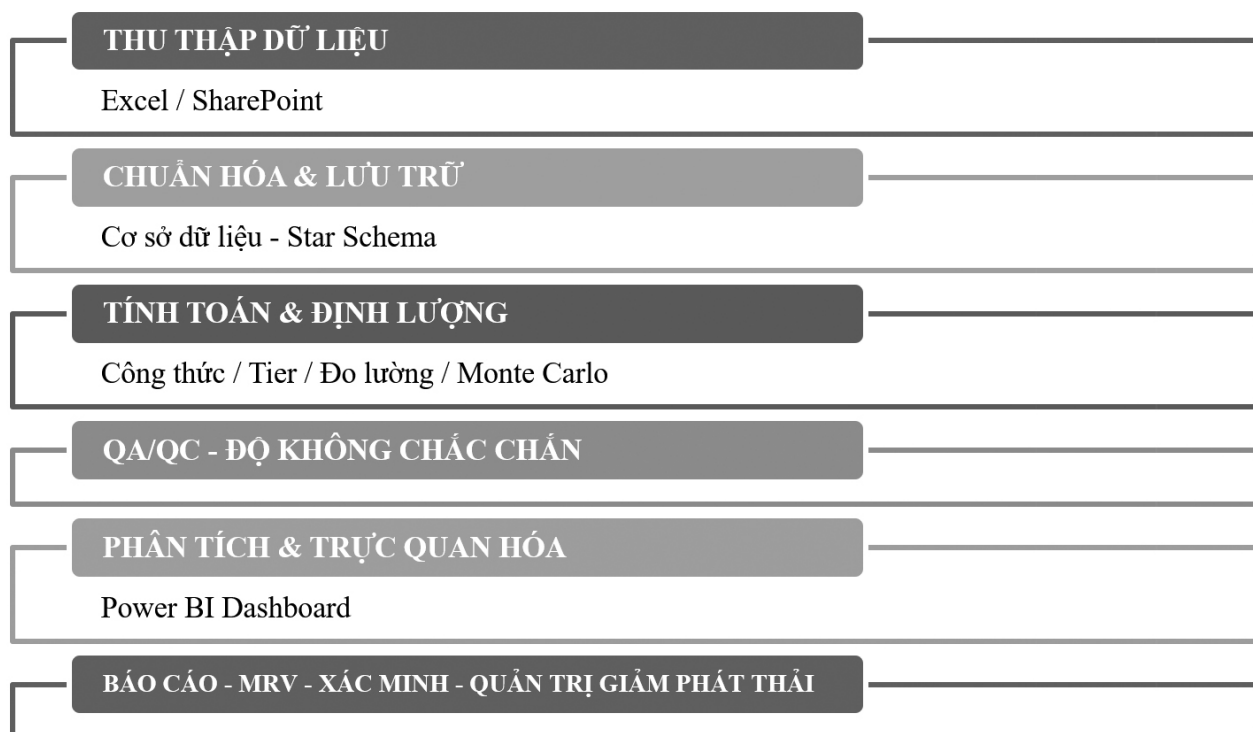
3.6. Kiến trúc công nghệ và khả năng triển khai

Kiến trúc hệ thống được đề xuất theo mô hình phân lớp, bao gồm 6 lớp chức năng chính: thu thập dữ liệu; lưu trữ và chuẩn hóa dữ liệu; tính toán phát thải; QA/QC và quản lý dữ liệu; trực quan hóa; và báo cáo. Cách tiếp cận này cho phép phân tách rõ ràng giữa dữ liệu đầu vào, quá trình xử lý và kết quả đầu ra, đồng thời tạo điều kiện thuận lợi cho việc kiểm soát, truy xuất và cập nhật dữ liệu trong toàn bộ chu trình báo cáo phát thải.

Trong giai đoạn đầu triển khai, Excel và SharePoint có thể được sử dụng làm công cụ thu thập dữ liệu, phù hợp với điều kiện hạ tầng và quy trình quản lý dữ liệu hiện có của doanh nghiệp. Dữ liệu sau khi thu thập được chuẩn hóa cấu trúc và quản lý thống nhất trước khi chuyển sang mô-đun tính toán. Mô-đun này có thể được phát triển bằng Python/R hoặc tích hợp với phần mềm chuyên dụng để thực hiện tính toán phát thải, quy đổi CO_{2e} và các phép xử lý liên quan. Kết quả tính toán được kết nối với Power BI để trực quan hóa theo các cấp độ như tổ chức, cơ sở, công đoạn, thiết bị, nguồn phát thải và loại khí, đồng thời hỗ trợ phân tích và theo dõi xu hướng phát thải.

Bên cạnh đó, lớp QA/QC và quản lý dữ liệu được tích hợp xuyên suốt quá trình xử lý nhằm kiểm tra tính đầy đủ, nhất quán và hợp lệ của dữ liệu, đồng thời quản lý nguồn dữ liệu, hệ số phát thải, phương pháp tính toán, phiên bản và lịch sử cập nhật. Trên CSDL đã được kiểm soát, công cụ Power Automate có thể được sử dụng để tự động hóa quá trình tổng hợp và tạo các đầu ra báo cáo theo biểu mẫu quy định.

Hình 4. Kiến trúc quản trị số phát thải đề xuất



Kiến trúc này có ưu điểm là có thể triển khai theo từng giai đoạn, tận dụng các công cụ và hệ thống quản trị dữ liệu hiện có, đồng thời cho phép mở rộng dần từ quản lý dữ liệu kiểm kê đến quản trị phát thải, MRV và theo dõi mục tiêu giảm phát thải mà không phải thay đổi toàn bộ cấu trúc hệ thống.

3.7. Giá trị quản trị và điều kiện áp dụng tại Việt Nam

Khung đề xuất tạo ra 4 giá trị quản trị. *Thứ nhất*, thống nhất dữ liệu giữa các đơn vị có mô hình hoạt động khác nhau trong cùng chuỗi giá trị. *Thứ hai*, giảm phụ thuộc vào tổng hợp thủ công và hạn chế nguy cơ sai lệch phiên bản. *Thứ ba*, tạo bằng chứng dữ liệu phục vụ QA/QC, xác minh và công bố. *Thứ tư*, kết nối kiểm kê với quản trị giảm phát thải từ xác định nguồn trọng yếu, xây dựng đường cơ sở đến theo dõi hiệu quả biện pháp giảm phát thải. Nghiên cứu cũng nhấn mạnh mục tiêu cuối cùng không chỉ là báo cáo tổng lượng mà là tạo nền tảng cho MRV, quản trị phát thải và các chương trình giảm phát thải dài hạn.

Tuy nhiên, triển khai ở quy mô doanh nghiệp đòi hỏi chuẩn hóa danh mục tài sản và nguồn phát thải, thống nhất đơn vị đo, quy tắc đặt mã, trách nhiệm sở hữu dữ liệu, quy trình phê duyệt và quản lý thay đổi. Đặc biệt, chuyển đổi số cần đi kèm chương trình nâng cấp chất lượng dữ liệu cho CH4 và các nguồn phát thải phân tán; nếu không, hệ thống có thể trở thành kho lưu trữ số của dữ liệu có độ tin cậy thấp.

4. Kết luận

Nghiên cứu đã xây dựng một khung quản trị số phát thải KNK cho ngành dầu khí Việt Nam, dựa trên sự kết hợp giữa GHG Protocol, IPCC và các hướng dẫn chuyên ngành IPIECA/API/IOGP. Khung đề xuất phù hợp với chuỗi giá trị dầu khí đa dạng, trong đó Scope 1-3 được quản lý đồng thời với ranh giới tổ chức, ranh giới vận hành và phân cấp nguồn phát thải.

Đóng góp cốt lõi là chuyển trọng tâm từ “con số phát thải” sang “dòng dữ liệu tạo nên con số”. Cấu trúc từ Tổ chức → Cơ sở → Công đoạn → Thiết bị → Nguồn phát thải → Loại khí → Dữ liệu hoạt động → Hệ số → Phương pháp/Tier → Kết quả tạo khả năng truy xuất 2 chiều, tái tính toán và kiểm soát phiên bản. Việc tích hợp độ không chắc chắn và QA/QC giúp biến chất lượng dữ liệu thành một đối tượng quản trị thay vì chỉ yêu cầu báo cáo.

Kiến trúc Excel/SharePoint → Cơ sở dữ liệu → Mô-đun tính toán → Power BI → Báo cáo có thể triển khai theo từng giai đoạn, phù hợp với điều kiện doanh nghiệp chưa có hệ thống dữ liệu phát thải tích hợp. Đối với CH4, hệ thống cần hỗ trợ lộ trình từ hệ số phát thải sang Tier cao hơn, định lượng theo nguồn và đo lường trực tiếp đối với các nguồn trọng yếu.

Hạn chế của nghiên cứu là khung hiện mới dừng ở thiết kế phương pháp luận và kiến trúc, chưa được kiểm chứng bằng dữ liệu vận hành thực tế trên quy mô doanh nghiệp. Giai đoạn tiếp theo cần xây dựng CSDL thí điểm tại một số cơ sở dầu khí, kiểm thử tính nhất quán và truy xuất, đánh giá độ không chắc chắn bằng dữ liệu thực tế, đồng thời tích hợp các công cụ đo CH4 và cơ chế xác minh. Đây là bước cần thiết để chuyển khung đề xuất thành hệ thống MRV vận hành được và hỗ trợ trực tiếp cho mục tiêu giảm phát thải dài hạn ■

CHÚ THÍCH:

¹Hình ảnh được tạo từ A.I dựa trên hướng dẫn kiểm kê KNK của API/IPIECA và dữ kiện sản xuất dầu khí của Petrovietnam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

Lê Thống Nhất. (2017). Xác định thực trạng và dự báo nguồn phát thải khí của tất cả các hoạt động dầu khí (Đề tài NCKH cấp ngành, MS 02/ATSKMT(CPSE)/2017/HĐ-NCKH). Tập đoàn Dầu khí Việt Nam.

American Petroleum Institute. (2021). Compendium of greenhouse gas emissions methodologies for the natural gas and oil industry (4th ed.).

<https://www.api.org/-/media/files/policy/esg/ghg/2021-api-ghg-compendium-110921.pdf>

Alvarez et al. (2018). Assessment of methane emissions from the U.S. oil and gas supply chain. *Science*, 361(6398), 186-188. DOI: 10.1126/science.aar7204.

Brandt, M. J., Reyna, C., Chambers, J. R., Crawford, J. T., & Wetherell, G. (2014). The ideological-conflict hypothesis: Intolerance among both liberals and conservatives. *Current Directions in Psychological Science*, 23(1), 27-34. <https://doi.org/10.1177/0963721413510932>.

Busch, T., Johnson, M., & Pioch, T. (2022). Corporate carbon performance data: Quo vadis? *Journal of Industrial Ecology*, 26, 350-363. <https://doi.org/10.1111/jiec.13008>.

Global Reporting Initiative. (2026). GRI 11: Oil and Gas Sector 2021.

IPIECA, API, & IOGP. (2020). Sustainability reporting guidance for the oil and gas industry (4th ed.). <https://www.ipieca.org/resources/sustainability-reporting-guidance>.

IPIECA, API, & OGP. (2011). Petroleum industry guidelines for reporting greenhouse gas emissions (2nd ed.). <https://www.ipieca.org/resources/petroleum-industry-guidelines-for-reporting-greenhouse-gas-emissions-2nd-edition>.

United Nations Environment Programme. (2020). The Oil and Gas Methane Partnership 2.0 (OGMP 2.0) Framework.

World Resources Institute. (2004). The greenhouse gas protocol: A corporate accounting and reporting standard (Revised ed.). <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf>.

World Resources Institute. (2011). Corporate value chain (Scope 3) accounting and reporting standard. https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Corporate-Value-Chain-Accounting-Reporting-Standard_041613_2.pdf.