



EMBASSY OF DENMARK
Hanoi



Danish Energy Agency

Kiểm toán năng lượng trình diễn

Ngành xi măng

Ngày: 21/04/2026

Đơn vị tư vấn:



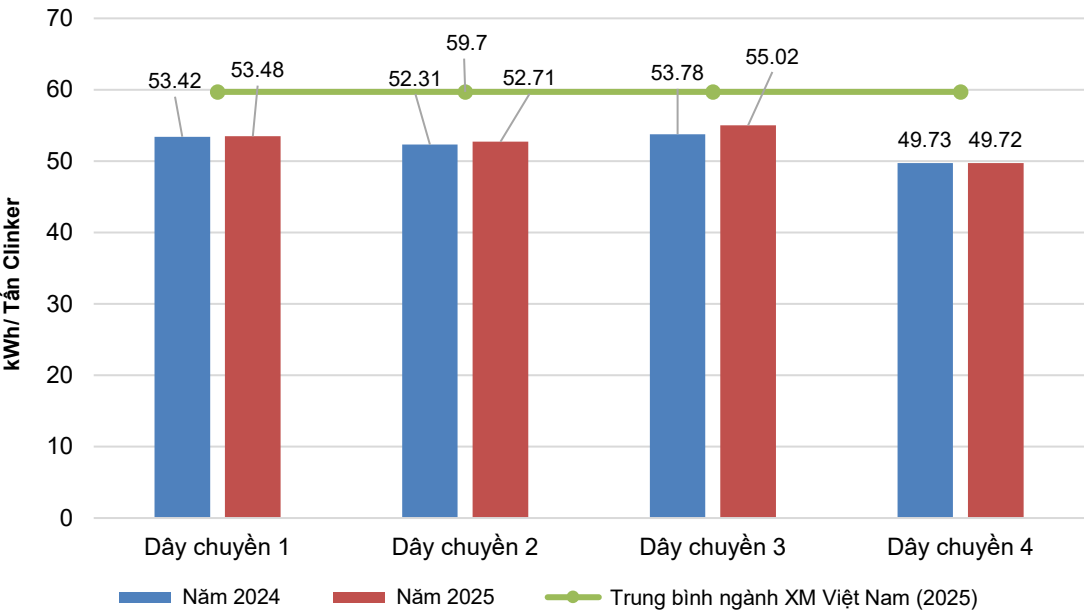
Tổng quan dự án

- ❑ **Ngành:** Sản xuất xi măng
- ❑ **Năm thành lập:** 2016
- ❑ **Nguyên liệu chính:** Đá vôi, đá vôi sạch, đất sét
- ❑ **Nguyên liệu điều chỉnh:** Quặng sắt, quặng hời, cát silic
- ❑ **Phụ gia:** Thạch cao nhân tạo và các phụ gia khoáng (tro bay, xỉ thép, xỉ lò cao, sét đen,...)
- ❑ **Công suất:** 10,5 (triệu tấn/năm)

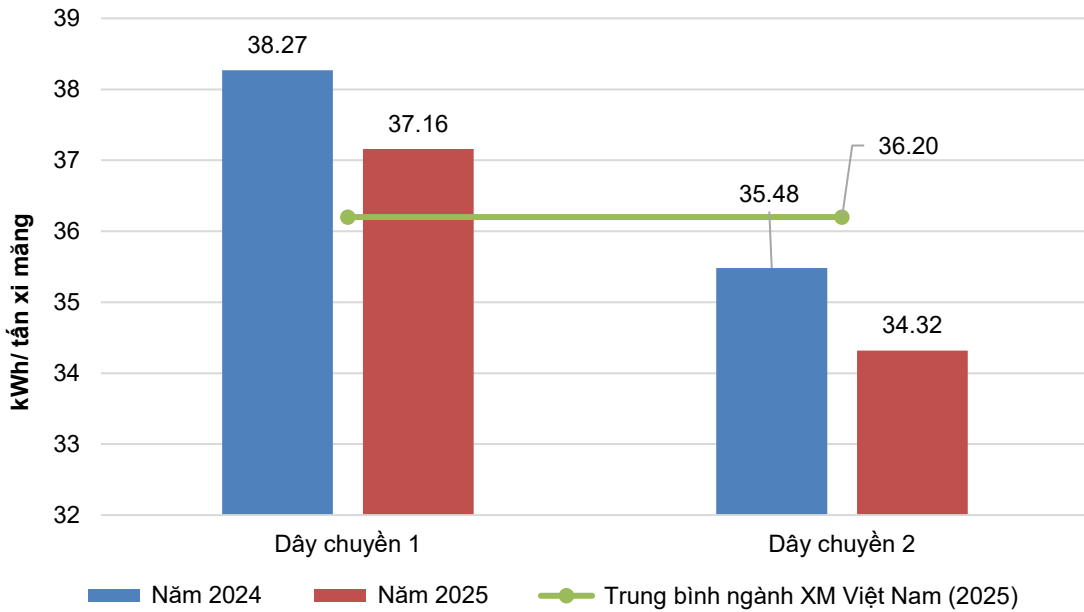


Hình ảnh nhà máy

Tổng quan dự án

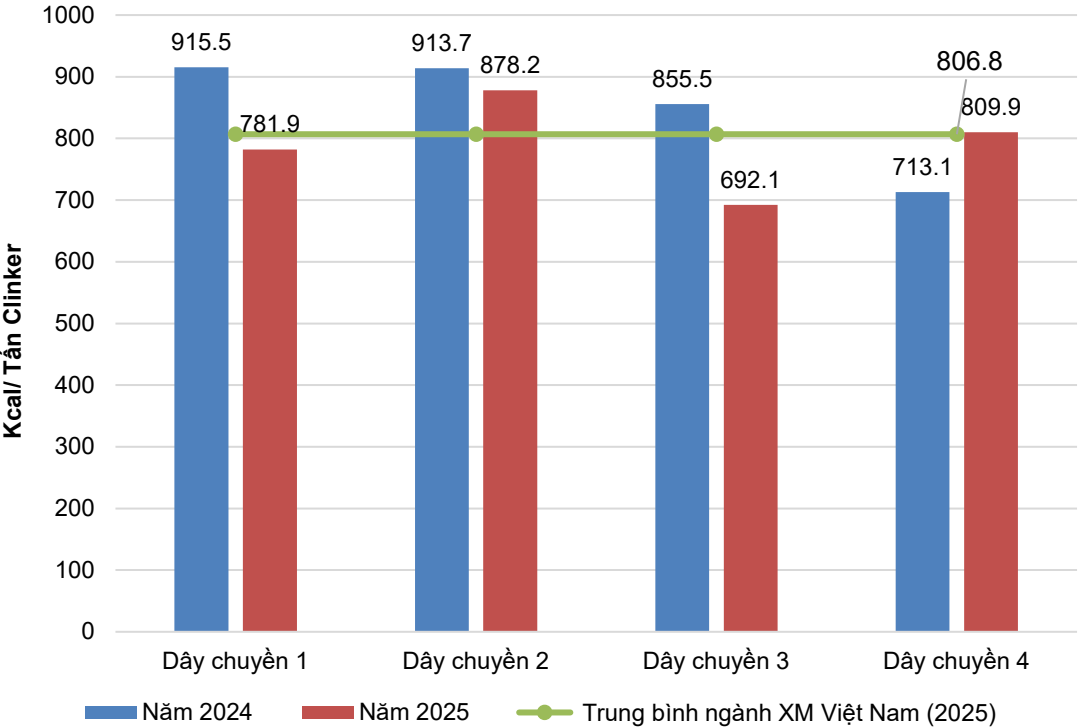


Biểu đồ so sánh suất tiêu hao điện năng cho hoạt động sản xuất Clinker giữa các Dây chuyền trong Nhà máy và theo trung bình thống kê ngành Xi măng Việt Nam hiện nay

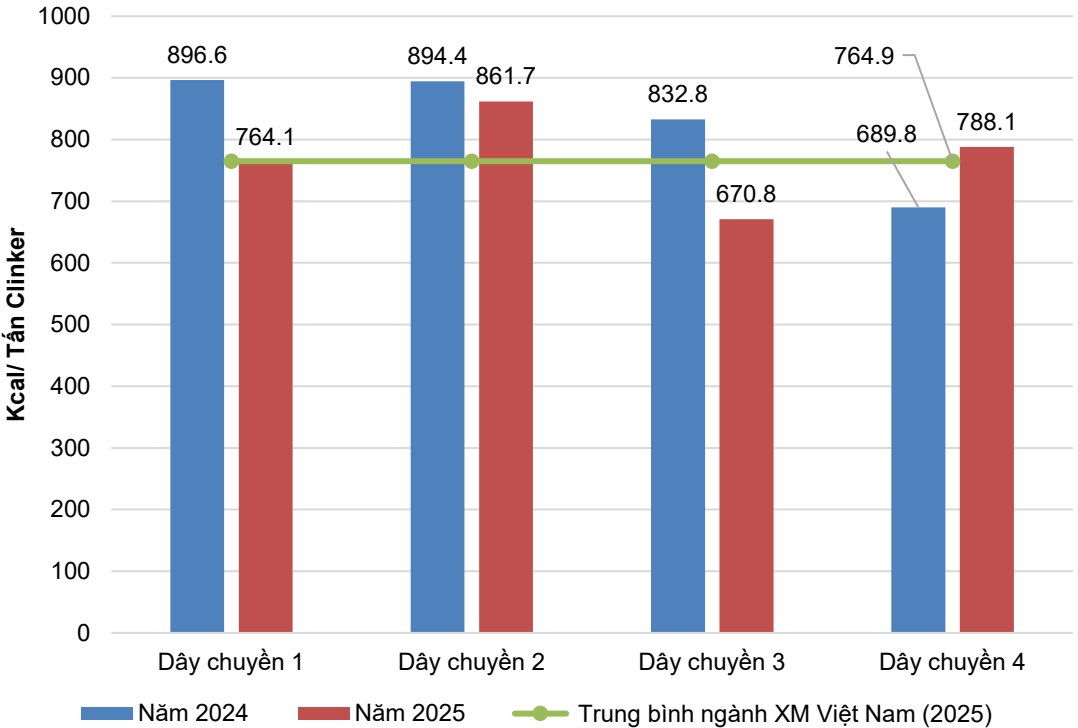


Biểu đồ so sánh suất tiêu hao điện năng cho hoạt động nghiền xi măng giữa các Dây chuyền trong Nhà máy và theo trung bình thống kê ngành Xi măng Việt Nam hiện nay

Tổng quan dự án



Biểu đồ so sánh suất tiêu hao nhiệt năng cho hoạt động sản xuất Clinker giữa các Dây chuyền trong Nhà máy và theo trung bình thống kê ngành Xi măng Việt Nam hiện nay



Biểu đồ so sánh suất tiêu hao nhiệt năng cho hoạt động sản xuất Clinker giữa các Dây chuyền trong Nhà máy và theo trung bình thống kê ngành Xi măng Việt Nam hiện nay sau khi bù trừ nhiệt quy đổi từ hệ thống WHR

Tổng quan Dự án



Máy nghiền nguyên liệu



Tháp trao đổi nhiệt



Hệ thống lò quay

Hệ thống thiết bị tại nhà máy

Tổng quan Dự án



Hệ thống ghi làm mát



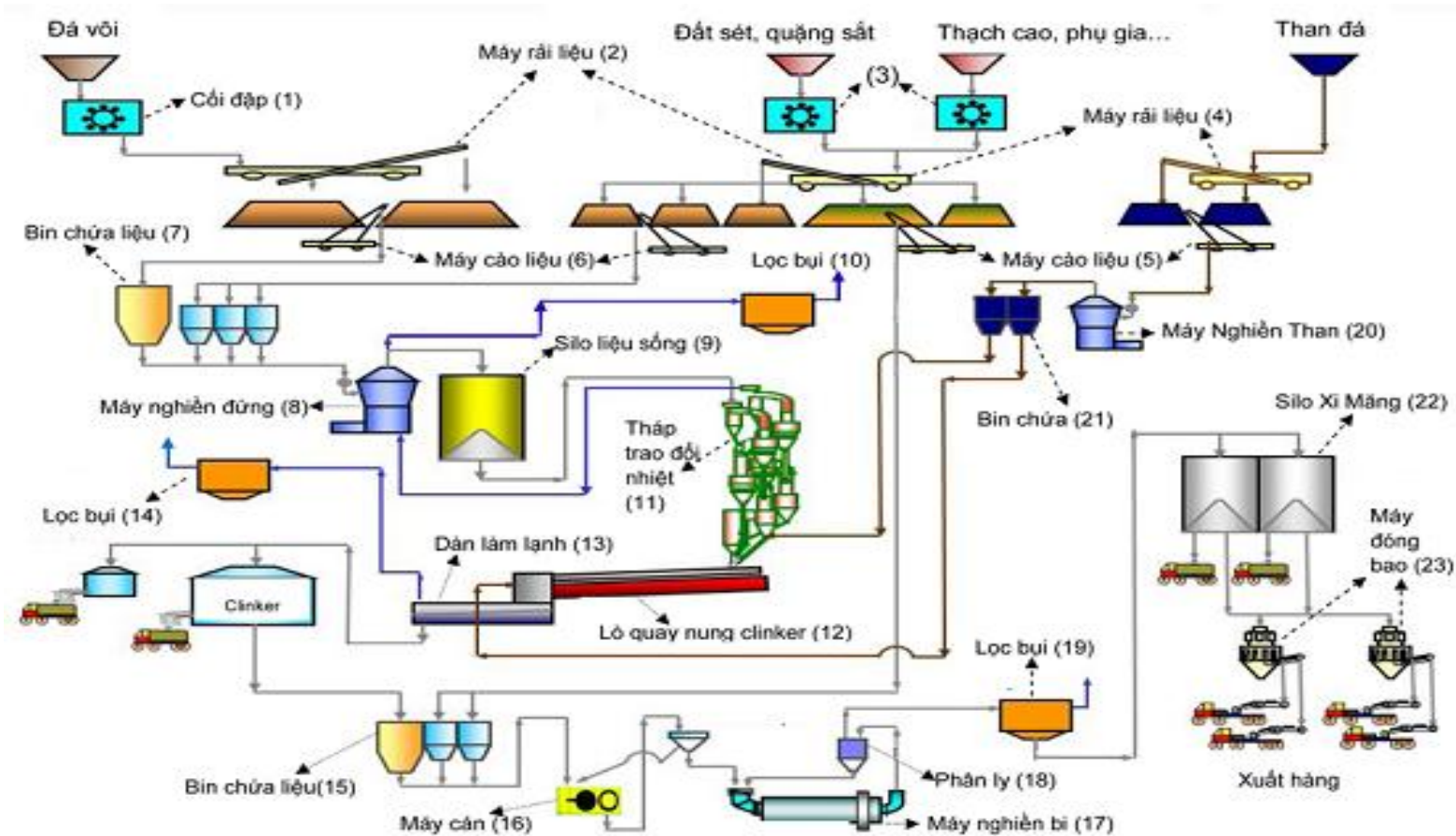
Máy nghiền xi măng



Quạt hút

Hệ thống thiết bị tại nhà máy

Quy trình sản xuất

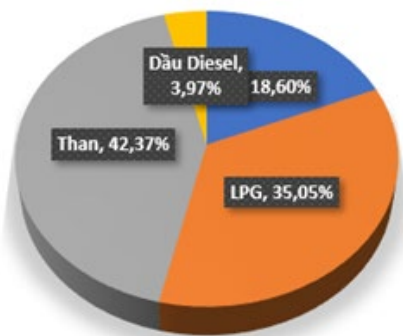
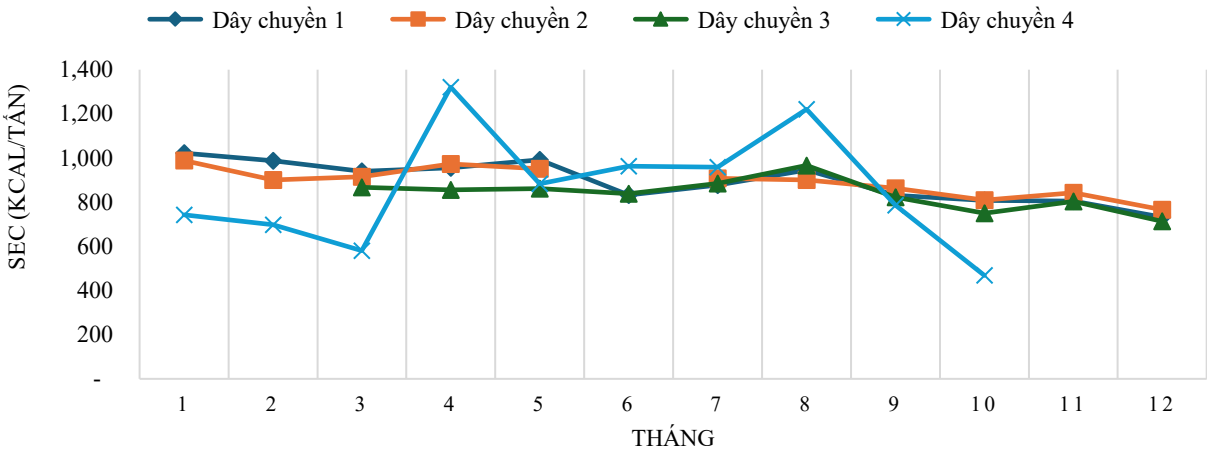


Quy trình công nghệ của nhà máy

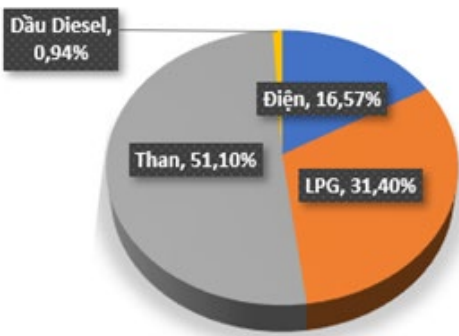
Tổng mức tiêu thụ năng lượng hàng năm

STT	Loại năng lượng	Đơn vị	Năng lượng tiêu thụ	Phát thải CO ₂ (Tấn CO ₂)	Quy đổi TOE (TOE)
1	Điện năng (EVN)	kWh	433.979.656	286.079	66.963
2	Than	Tấn	1.224.438	3.024.362	734.663
Tổng			649.726.897	3.310.441	801.626

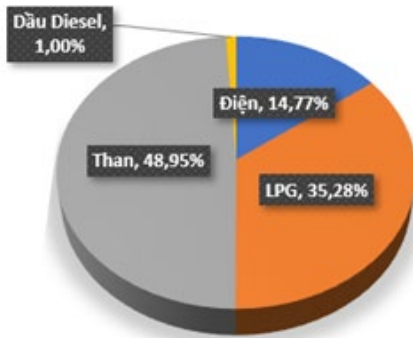
SUẤT TIÊU HAO NĂNG LƯỢNG NĂM 2024



Tỷ trọng tiêu thụ năng lượng năm 2021

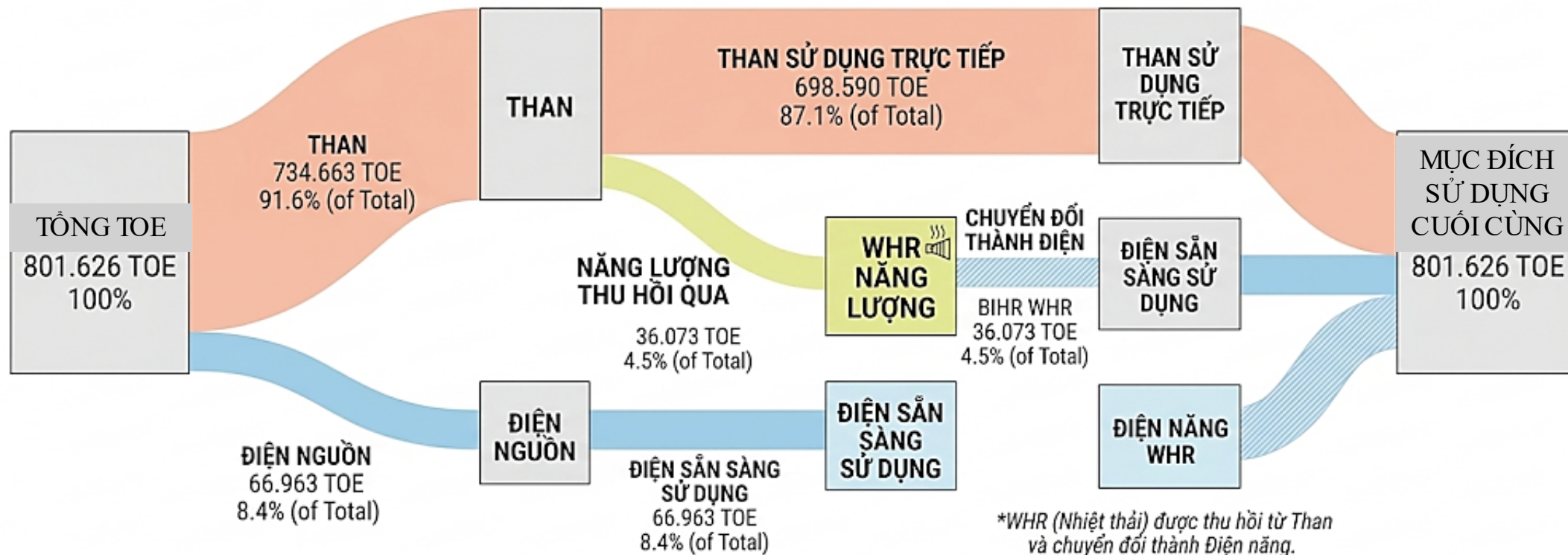


Tỷ trọng tiêu thụ năng lượng năm 2022



Tỷ trọng tiêu thụ năng lượng năm 2023

Sơ đồ dòng năng lượng chi tiết



Tổng mức tiêu thụ năng lượng sau khi thực hiện các giải pháp TKNL

STT	Loại năng lượng	Đơn vị	Năng lượng tiêu thụ	Phát thải CO ₂ (Tấn CO ₂)	Quy đổi TOE (TOE)
1	Điện năng	kWh	399.398.464	263.283	61.627
2	Than	tấn	1.203.623	2.972.948	722.174
Tổng				3.236.231	783.801

Đội ngũ kiểm toán viên và thiết bị kiểm toán năng lượng

Danh sách nhân sự kiểm toán năng lượng



Danh sách thiết bị



Thiết bị phân tích chất lượng điện



Công tơ điện

Camera nhiệt



Đồng hồ đo lưu lượng chất lỏng



Máy đo cường độ ánh sáng HIOKI



Thiết bị đo áp suất khí



Thiết bị phân tích khí thải



Máy đo vận tốc gió

Danh mục giải pháp TKNL Cấp độ B – Phân loại theo mức độ tác động và đổi mới sáng tạo

➤ Nhóm 1 : Giải pháp chính (Tác động lớn/ Có tính chiến lược)

STT	Giải pháp tiết kiệm năng lượng	Mức tiết kiệm ước tính		Chi phí tiết kiệm được (Triệu VNĐ/năm)	Chi phí đầu tư (triệu VNĐ)	Thời gian hoàn vốn (năm)
		Điện năng (kWh)	Than (tấn)			
1	Giải pháp ứng dụng Machine Learning để tối ưu hoá vận hành sản xuất	12.966.543,1	18.366,6	71.175,3	116.600	1,64
2	Giải pháp thu hồi nhiệt thải (>100oC) bằng chu trình Rankine hữu cơ (ORC) phục vụ cho hệ thống điều hòa không khí phục vụ cho các phụ tải khu vực phòng điều khiển và trạm điện hoặc phát điện (DC1 - DC4) – Lấy ví dụ điển hình cho HT ĐHKK Dây chuyền 1	1.296.480,0	0,00	2.525,5	9.000	3,56
3	Giải pháp lắp đặt hệ thống điện mặt trời - lấy ví dụ điển hình cho hệ thống điện mặt trời 10MWp – không có lưu trữ	14.134.437,0	0	30.944,5	172.250	5,57
4	Lắp đặt biến tần cho MNK kết hợp bộ điều khiển trung tâm cho hệ thống khí nén	590.357,6	-	1.150,0	3.600,00	3,13
5	Cải tạo đường ống: “Lắp đặt đường ống phân cấp áp suất cho hệ thống khí nén”	836.437,6	0,00	1.629,4	4.500,00	2,76

Danh mục giải pháp TKNL Cấp độ B – Phân loại theo mức độ tác động và đổi mới sáng tạo

➤ Nhóm 2: Giải pháp hỗ trợ (Truyền thống / Biện pháp tốt nhất)

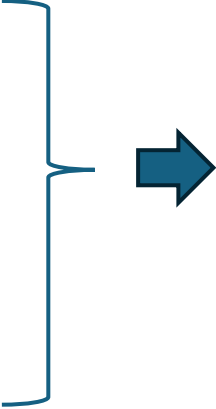
STT	Giải pháp tiết kiệm năng lượng	Mức tiết kiệm ước tính		Chi phí tiết kiệm được (Triệu VNĐ/năm)	Chi phí đầu tư (triệu VNĐ)	Thời gian hoàn vốn (năm)
		Điện năng (kWh)	Than (tấn)			
1	Xây dựng, áp dụng và chứng nhận Hệ thống quản lý năng lượng theo tiêu chuẩn ISO 50001:2018	1.296.654	2.448,9	8.648	3.000	0,35
2	Tiếp tục triển khai tuyên truyền, giáo dục, phổ biến kiến thức về tiết kiệm năng lượng cho cán bộ công nhân viên trong Công ty thường xuyên và định kỳ	Giải pháp khuyến nghị				
3	Thường xuyên kiểm tra, khắc phục tình trạng rò rỉ khí nén	182.732	0,0	355	120	0,34
4	Trang bị hệ thống đo lưu lượng giám sát tải khí nén	Giải pháp khuyến nghị				
5	Lắp đặt hệ thống bóng làm sạch tự động HydroBall, thiết bị khử cặn điện tử và bộ điều khiển tự động cho bơm nước tuần hoàn và quạt gió tháp giải nhiệt theo áp suất chân không bình ngưng – Ví dụ điển hình cho Dây chuyền 1	2.447.672	0,0	4.768	3.000	0,6
6	Thay thế các bóng halogen công suất 70W và 150W bằng các bóng đèn Led hiệu suất cao	744.045	0,0	1.449	2.841	1,96
7	Thay thế các động cơ hiệu suất thấp IE1 bằng các động cơ hiệu suất cao (IE3-IE4) khi có cơ hội – Ví dụ điển hình	85.833	0,0	167	1.090	6,52

Kết quả Kiểm toán năng lượng

1. Xác định 12 giải pháp TKNL

2. Các giải pháp tập trung vào các hệ thống tiêu thụ năng lượng chính, bao gồm:

- *Hệ thống khí nén*: Máy nén khí, hệ thống giám sát
- *Hệ thống nhiệt*: Thu hồi nhiệt, làm sạch
- *Hệ thống điện*: Động cơ
- *Hệ thống chiếu sáng*: Nâng cấp bóng đèn
- *Điều khiển quy trình & tự động hóa*: Biên tần, lắp đặt rơ-le thời gian
- *Hệ thống quản lý*: Phần mềm Machine Learning
- *Năng lượng tái tạo & tiêu chuẩn*: Lắp đặt điện mặt trời, ISO 50001



Trong đó, các giải pháp trọng điểm như Machine Learning, ORC và tối ưu hệ thống khí nén đóng góp phần lớn tiềm năng tiết kiệm, đồng thời thể hiện định hướng chuyển đổi số và tối ưu vận hành theo xu hướng quốc tế.

3. Tác động tiết kiệm năng lượng và chi phí:

- Tổng điện năng tiết kiệm $\approx 34.581.192$ kWh/năm
- Tổng than tiết kiệm ≈ 20.815 tấn/năm
- Giảm phát thải CO₂ ≈ 74.210 tấn CO₂/năm
- Tổng ước tính tiết kiệm tài chính ≈ 122.813 triệu đồng/năm
- Thời gian hoàn vốn: Dao động từ 0,22 đến 6,5 năm, nhiều giải pháp dưới 3 năm.

Ứng dụng Machine Learning (ML) trong tối ưu vận hành sản xuất xi măng

TỔNG QUAN GIẢI PHÁP & LỢI ÍCH

1. Nguyên lý & Giải pháp Chuyển đổi Số



- Ứng dụng AI/ML phân tích dữ liệu vận hành real-time.
- Tác động lớn nhất, tiết kiệm điện ~55-60%
- Chuyển đổi số, đang được triển khai thực tế (e.g., ABB, FLS, Schneider)

2. Lợi ích & Giá trị Năng lượng/Vận hành



- Hiệu quả năng lượng ~3-5% tiết kiệm nhiệt/điện
- Giảm biến động SEC nhiệt
- Chuẩn hóa vận hành

ML GIẢI QUYẾT TRỰC TIẾP THEO CÔNG ĐOẠN

Lò nung (Kiln & Calciner)



- Tải lò, O₂, CO
- Nhiệt độ
- Lưu lượng gió

Cooler (làm mát clinker)



- Lưu lượng gió
- Nhiệt độ clinker
- Gió 2/3

Nghiền xi măng (DC1)



- Tải nghiền
- Phân ly
- Lưu lượng khí

Hệ thống quạt



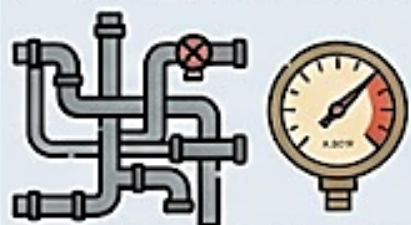
- Áp suất
- Lưu lượng
- Trạng thái VFD

👉 *Machine Learning là giải pháp trọng tâm giúp Nhà máy tiệm cận mức vận hành tối ưu (near-BAT) theo xu hướng quốc tế.*

GIẢI PHÁP PHÂN CẤP HỆ KHÍ NÉN (High pressure – Low pressure system)

➤ HIỆN TRẠNG & VẤN ĐỀ

➤ VẬN HÀNH CHƯA TỐI ƯU:



- Mức áp suất: 0,60 – 0,75 MPa (~6-7.5 bar)
- Các trạm **MNK** hoạt động độc lập, **chưa có điều phối tập trung**
- **Áp suất dao động** theo phụ tải →

➤ VẤN ĐỀ CỐT LỎI: vận hành chưa tối ưu

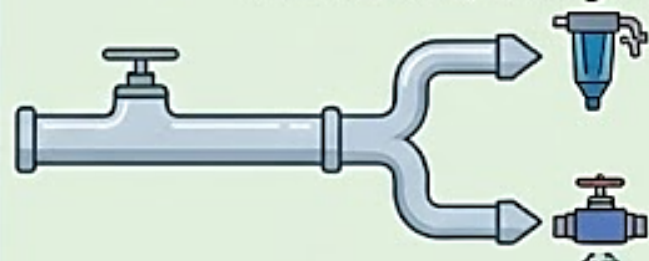
- Tất cả phụ tải đang dùng **cùng 1 mức áp suất cao**
- Trong khi thực tế: **40–65% phụ tải chỉ cần 40–65% áp suất thấp (<0,55 MPa)**
- Đang tồn tại:
 - Tổn thất tiết lưu qua van giảm áp
 - Tăng rò rỉ khí nén
 - Tăng “khí nén già”



➤ GIẢI PHÁP & HIỆU QUẢ

GIẢI PHÁP ĐỀ XUẤT:

- Phân tách hệ thống thành 2 cấp



ÁP CAO (>0,55 MPa)

- Lọc bụi, súng khí, búa khí

ÁP THẤP (<0,55 MPa)

- Instrument air
- Van điều khiển
- Air slide, vệ sinh

HIỆU QUẢ TIẾT KIỆM



- Giảm áp suất hệ thấp:
0,60 → 0,45 MPa (~4,5 bar)
- Tiết kiệm:
 - ~4–5% điện toàn hệ thống
 - ~836.000 kWh/năm
 - ~1.630 triệu VNĐ/năm



Giải pháp tận dụng hạ tầng hiện hữu, chi phí hợp lý, mang lại hiệu quả bền vững và phù hợp thông lệ quốc tế (BAT)

LỘ TRÌNH TRIỂN KHAI & CÁC KHUYẾN NGHỊ TRỌNG TÂM

NGẮN HẠN (0–12 tháng) – TỐI ƯU & QUICK WINS

Dự án



- ✓ Triển khai ngay các giải pháp no/low CAPEX (kiln, cooler, quạt, nghiền)
- ✓ Thực hiện pilot cho các giải pháp tiềm năng cao (cooler / ML)
- ✓ Cập nhật lại hiệu quả tài chính (NPV/IRR) theo dữ liệu thực tế

Quản lý



- ✓ Thiết lập KPI năng lượng theo công đoạn (kWh/t, kcal/kg clinker)
- ✓ Chuẩn hóa thu thập & kiểm chứng dữ liệu
- ✓ Bổ sung sub-metering tại các khu vực trọng điểm
- ✓ Thành lập Energy Team nội bộ

DÀI HẠN (1–5 năm) – ĐẦU TƯ & CHUYỂN ĐỔI

Dự án



- ✓ Triển khai các dự án CAPEX lớn (cooler, WHR, motor IE3/IE4)
- ✓ Ứng dụng APC / Machine Learning cho tối ưu vận hành
- ✓ Tích hợp giải pháp theo hướng tối ưu toàn hệ thống

Quản lý



- ✓ Áp dụng hệ thống quản lý năng lượng theo ISO 50001
- ✓ Xây dựng nền tảng dữ liệu năng lượng (Energy Data Platform)
- ✓ Ứng dụng phân tích dữ liệu & ML trong vận hành
- ✓ Đào tạo nâng cao năng lực đội ngũ

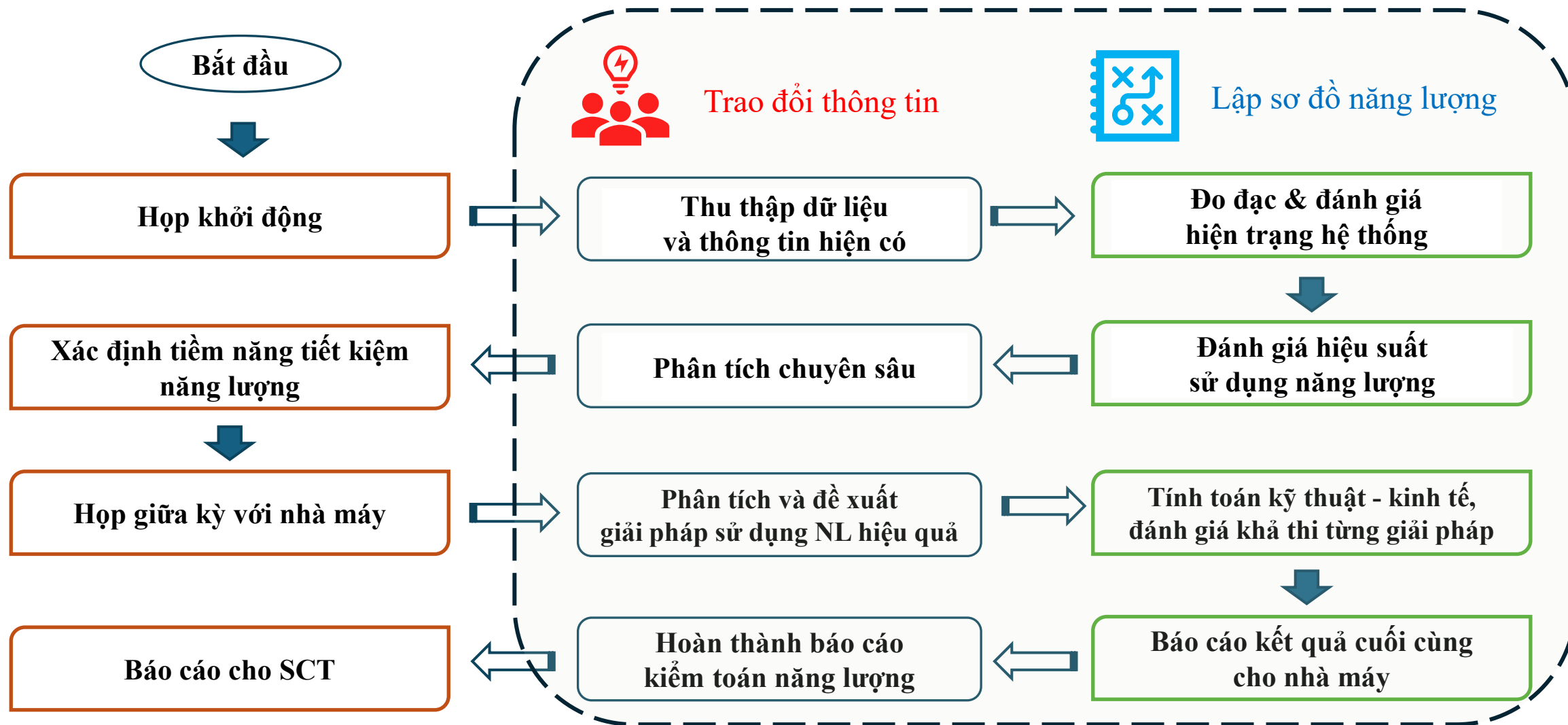
▼ Key Message.

👉 Lộ trình triển khai cần đi từ tối ưu vận hành → đầu tư công nghệ → chuyển đổi số, nhằm đảm bảo hiệu quả bền vững và giảm chi phí năng lượng toàn nhà máy.

Phương pháp luận

- a. Thu thập và phân tích dữ liệu*
- b. Khảo sát hệ thống*
- c. Đánh giá sơ bộ và xác định tiềm năng tiết kiệm năng lượng*
- d. Xây dựng sơ đồ năng lượng*
- e. Đánh giá hiệu suất năng lượng*
- f. Phân tích chi tiết và đánh giá*
- g. Xác định các cơ hội và giải pháp tiết kiệm năng lượng*
- Quy trình kiểm toán năng lượng được thực hiện theo hướng dẫn tại Thông tư 25/2020/TT-BCT ngày 29/9/2020 của Bộ Công Thương.

Quy trình kiểm toán năng lượng



Sơ đồ năng lượng

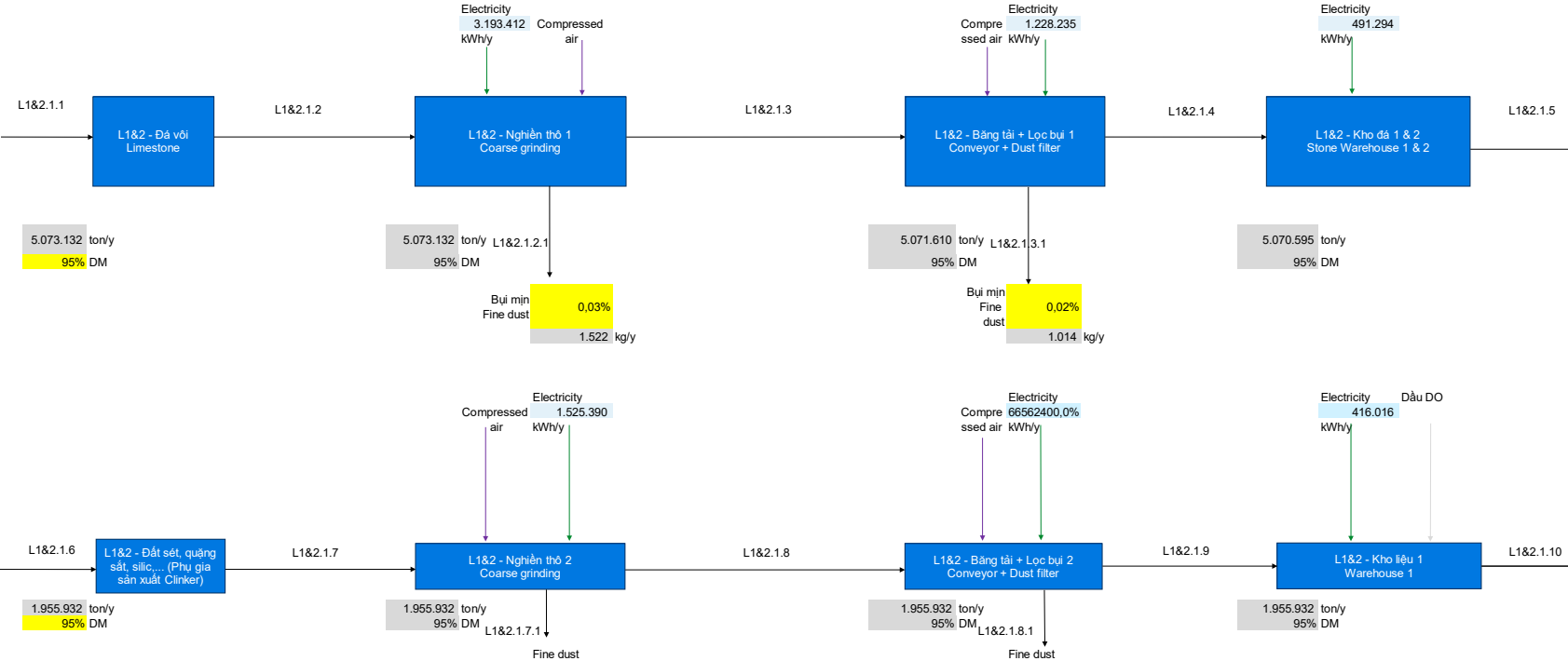
Legend:

- Steam
- Trục cơ khí/Mechanical shaft
- Water
- Cooling Water
- Dầu DO/DO oil
- Product
- Electricity
- Hot air
- Compressed air
- Khí thải/ Exhaust gas
- Fresh air

Production line 1 & Production line 2

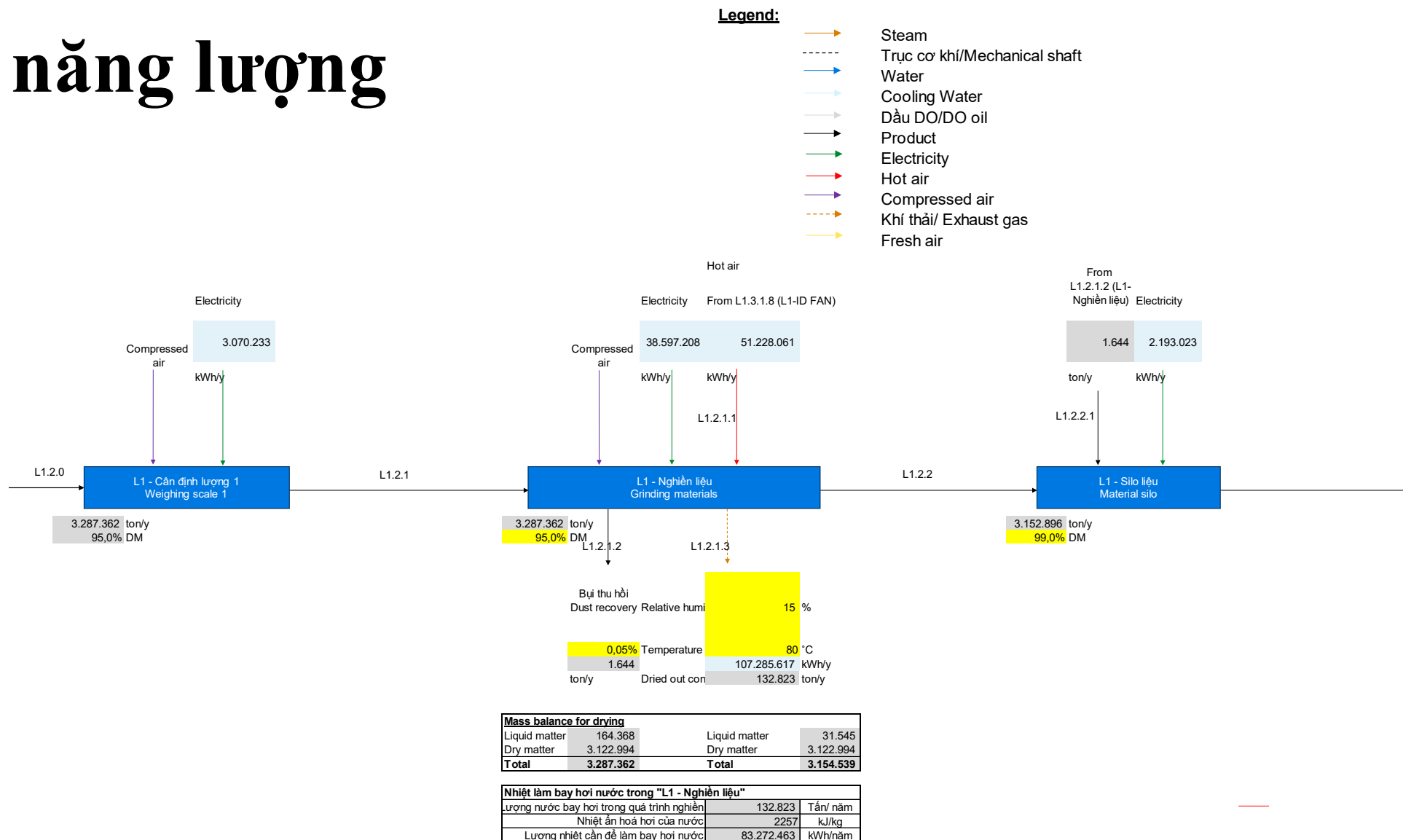
Dây chuyền chính 1&2 - Main product line 1&2

		Raw materials			
		Tota Line 1&2	Line 1	Line 1 - %	Line 2
Đá vôi Limestone	ton/y	5.073.132	2.596.013	51,2%	2.477.118
Đất sét, quặng sắt, silic,... Clay, iron ore, silicon,...	ton/y	1.955.932	692.535	46,8%	1.263.397
Phụ gia tổng hợp, thạch cao,... Synthetic additives, gypsum,...	ton/y	1.290.944	986.538	1	304.406
Than Coal	ton/y	625.958	321.601	51,4%	304.357
Total	ton/y	8.945.966			48,6%



Công đoạn chuẩn bị, tiếp nhận nguyên liệu và xử lý sơ bộ (1)

Sơ đồ năng lượng

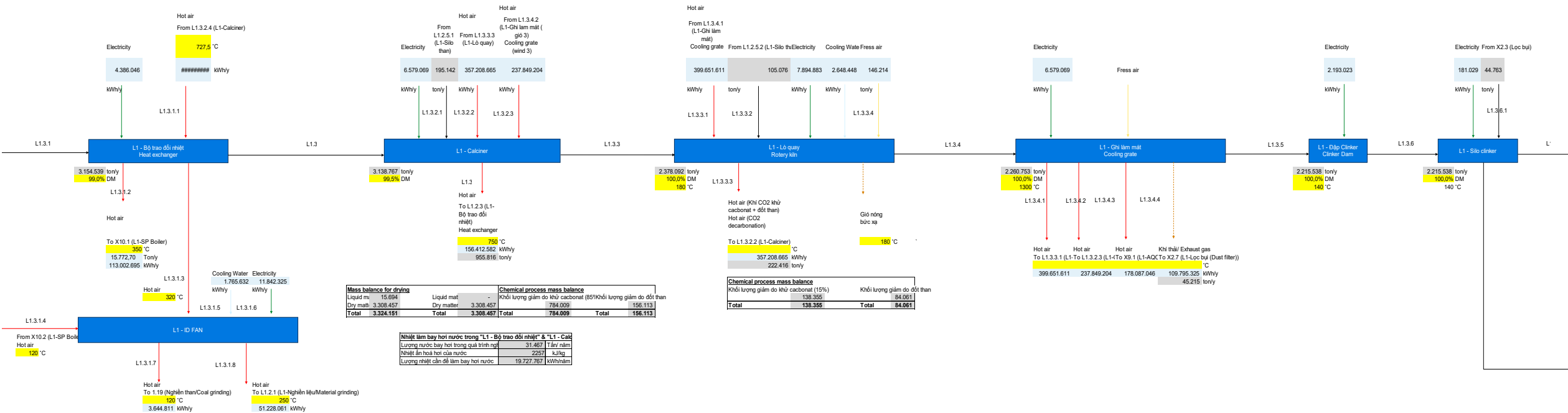


Công đoạn nghiền và đồng nhất nguyên liệu

Sơ đồ năng lượng

Legend:

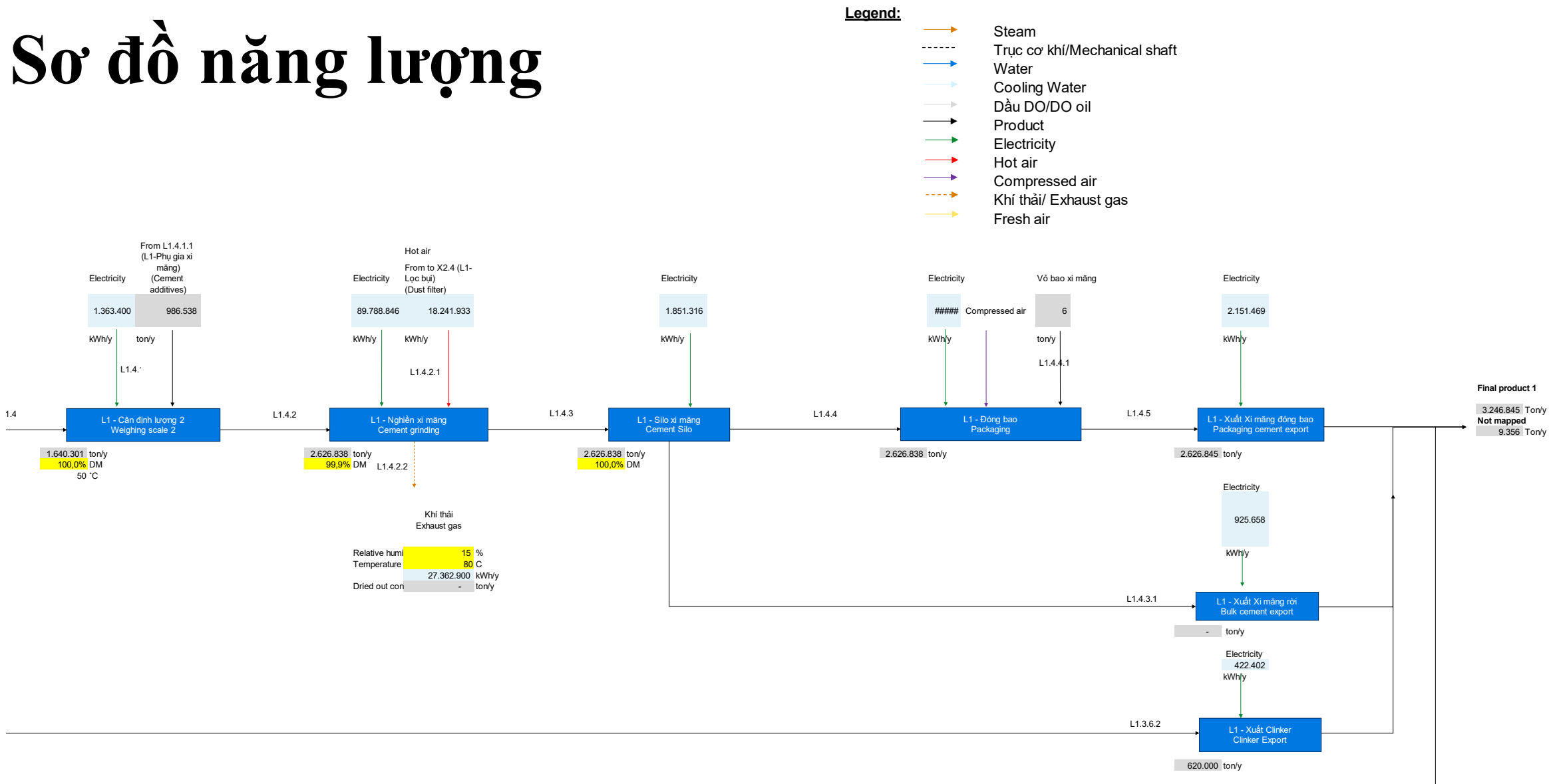
- Steam
- Trục cơ khí/Mechanical shaft
- Water
- Cooling Water
- Dầu DO/DO oil
- Product
- Electricity
- Hot air
- Compressed air
- Khí thải/ Exhaust gas
- Fresh air



Công đoạn nung và làm nguội Clinker

Sơ đồ quy trình sản xuất Dây chuyền 1

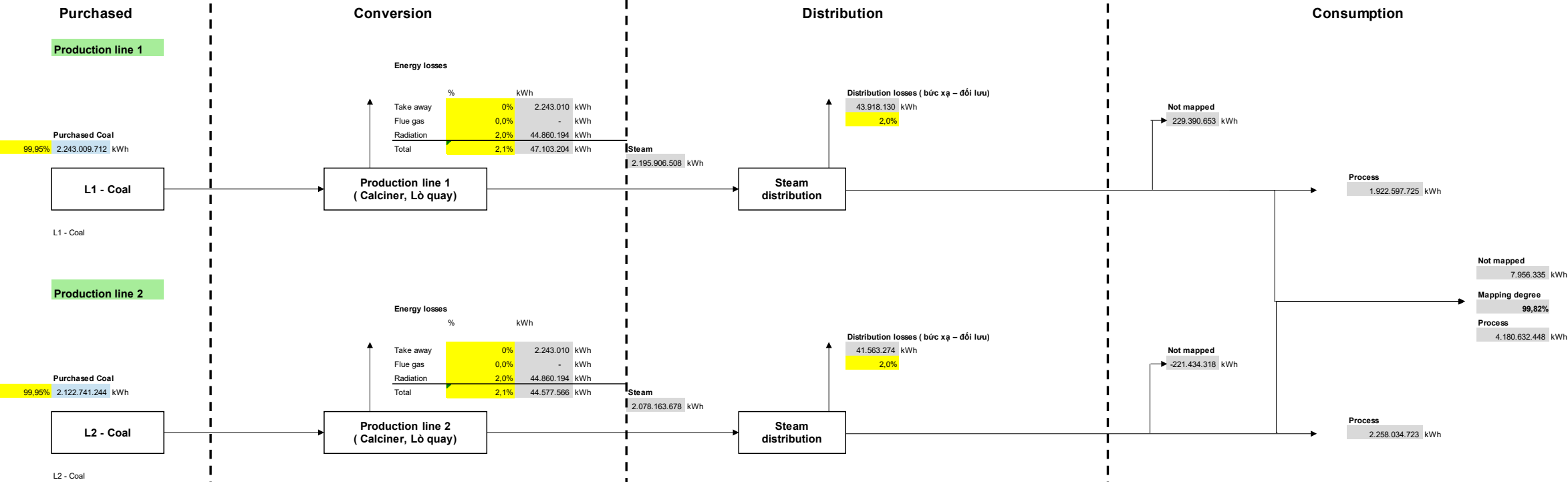
Sơ đồ năng lượng



Công đoạn nghiền xi măng, lưu trữ xi măng, đóng bao

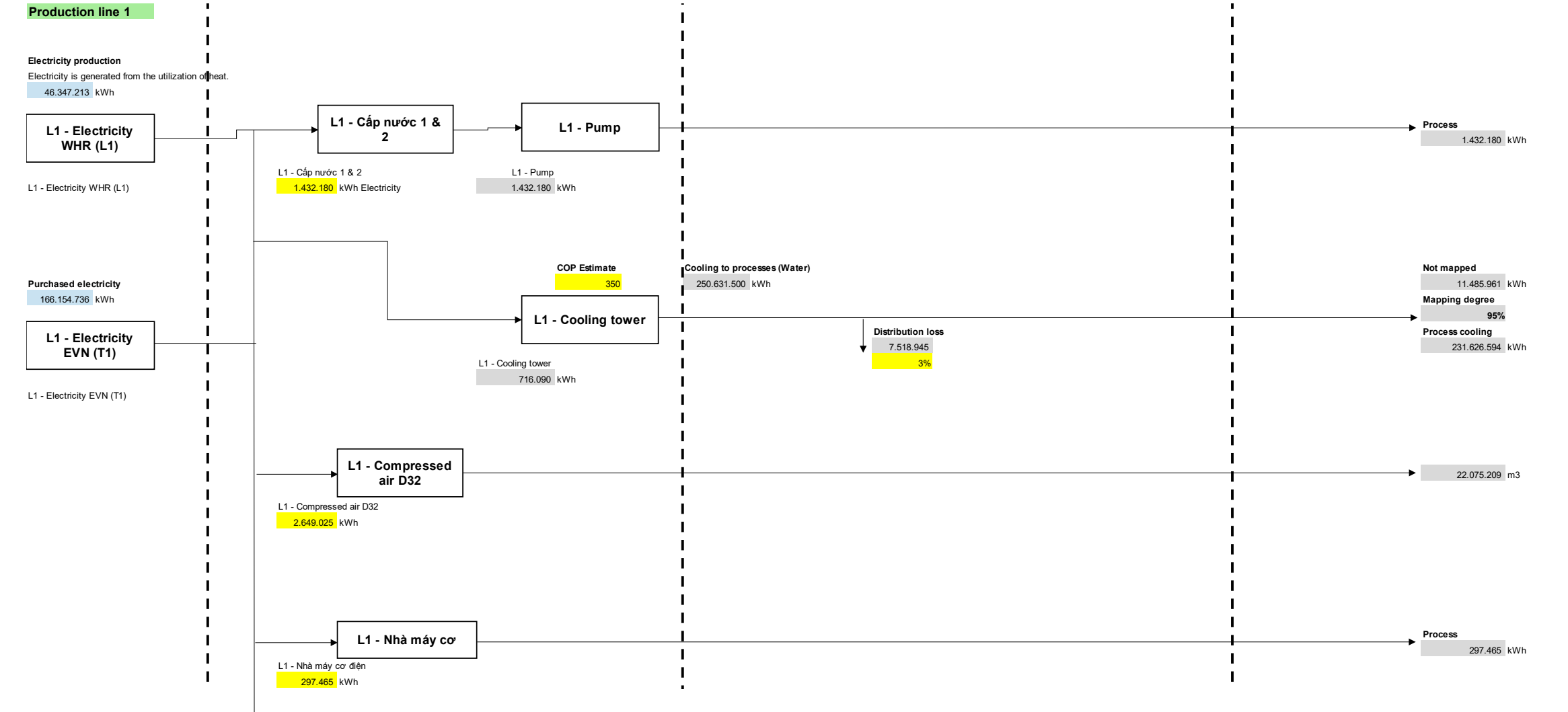
Sơ đồ năng lượng

Utility mapping

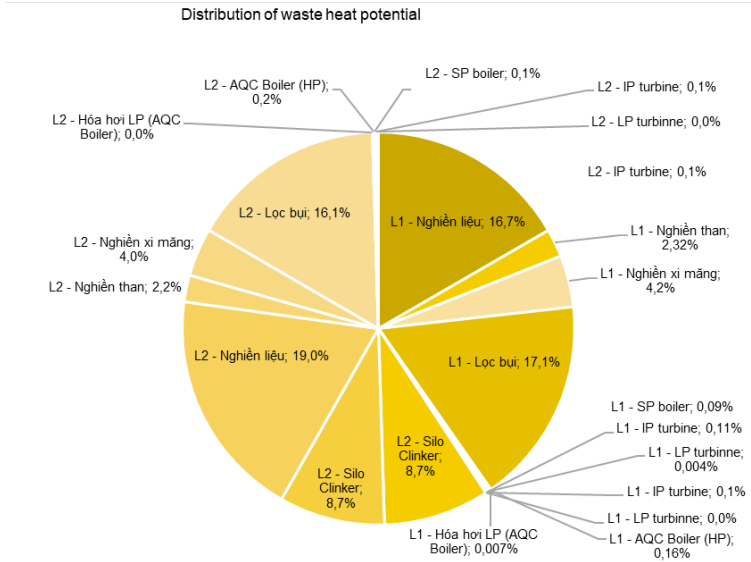
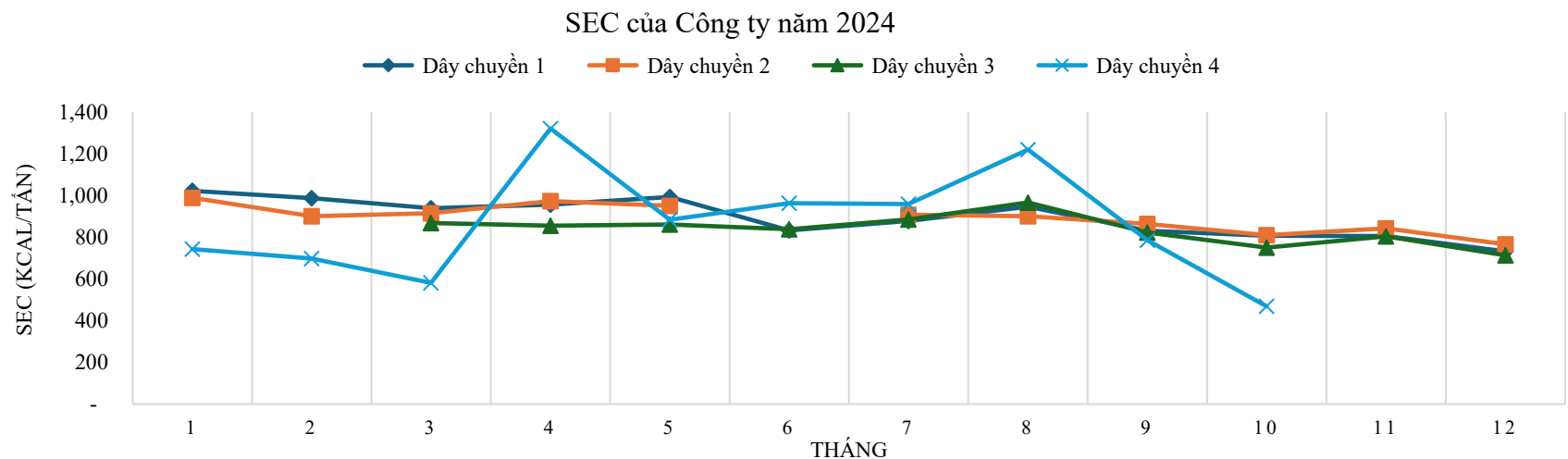


Sơ đồ hệ thống cung cấp nhiệt

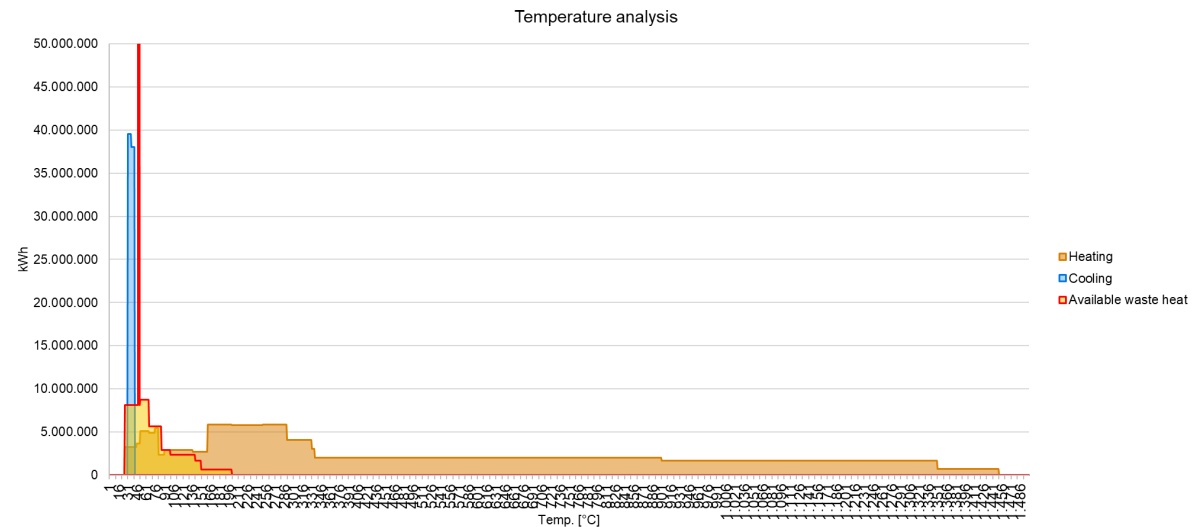
Sơ đồ năng lượng



Tiềm năng TKNL

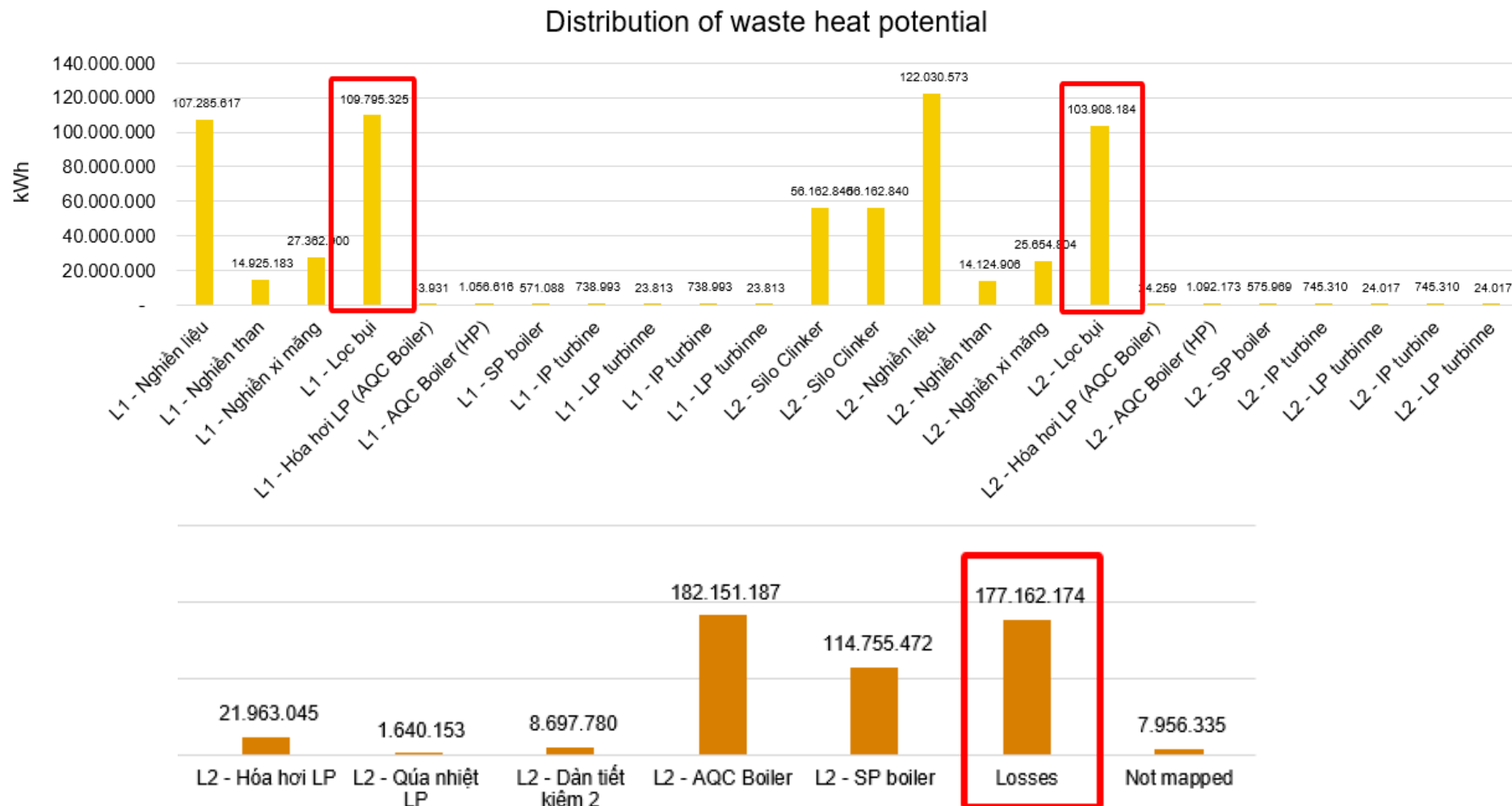


Phân bố tiềm năng nhiệt thải



Nhận diện tiềm năng thu hồi nhiệt thải và tối ưu hóa nhiệt liên quy trình

Tiềm năng TKNL



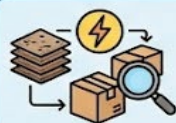
Nhận diện tiềm năng tiết kiệm năng lượng từ sơ đồ năng lượng

Thuận lợi

• SƠ ĐỒ HỖ TRỢ DỰ ÁN •



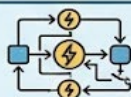
HỖ TRỢ TỪ NHÀ MÁY:



Cung cấp thông tin về nguyên vật liệu đầu vào; Tiêu thụ nhiên liệu, điện; Thành phẩm và tổn thất ở từng công đoạn



Lập bảng cân bằng vật chất



Xây dựng sơ đồ năng lượng chi tiết



Danh sách thiết bị: Tên, vị trí và công suất thiết kế



Tạo điều kiện cho chuyên gia VETS và quốc tế thực hiện các phép đo tại nhà máy



Thể hiện quan tâm triển khai các giải pháp đề xuất và Sẵn sàng đầu tư nếu giải pháp khả thi



HỖ TRỢ TỪ TƯ VẤN QUỐC TẾ



Hướng dẫn lập bản đồ năng lượng



Phát triển ý tưởng giải pháp



Hướng dẫn tính toán các giải pháp



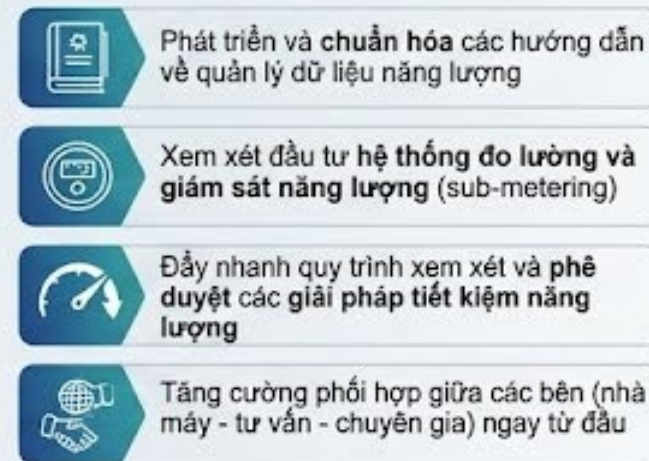
Thách thức

- ❖ Dòng nhiệt trao đổi và thu hồi (WHR) phức tạp, khó xác định chính xác khi lập sơ đồ năng lượng
- ❖ Khó khăn trong chuẩn hóa dữ liệu do sử dụng nhiều đơn vị đo lường khác nhau
- ❖ Khó tách riêng tiêu thụ năng lượng theo từng công đoạn → phải nội suy/ước tính
- ❖ Phân bổ năng lượng giữa các công đoạn mang tính giả định, cần kiểm chứng
- ❖ Sự thay đổi về điều kiện vận hành (phụ tải, nguyên liệu thô) làm biến động các chỉ số KPI
- ❖ Cần nhiều thời gian phối hợp giữa các bộ phận để thu thập và xác minh số liệu

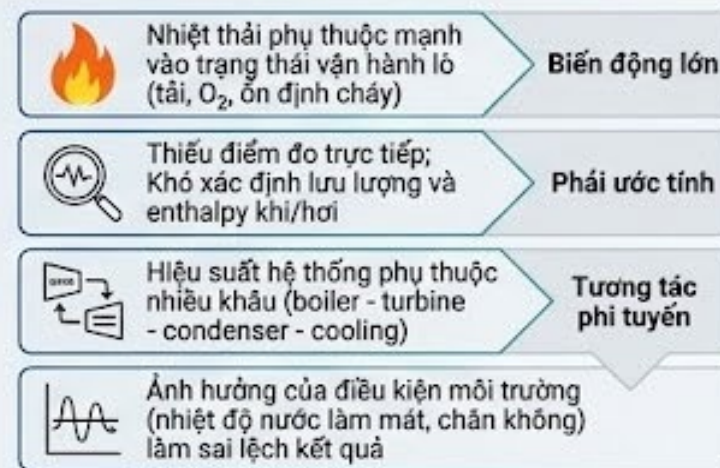
Bài học kinh nghiệm: Tối ưu hóa thu thập và phân tích dữ liệu



Đề xuất chiến lược nâng cao hiệu quả



Tại sao định lượng tiềm năng WHR phức tạp?





Xin chân thành cảm ơn!