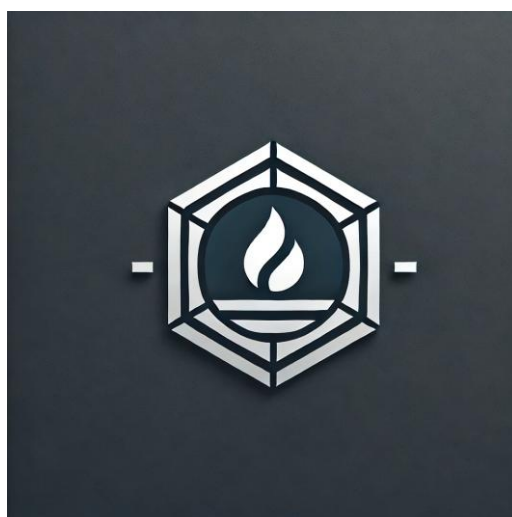


Deliverable di consegna lavori

EnerSys Analytics S.r.l.

per

PetroNova S.p.A.



Introduzione	3
Descrizione del Problema e Obiettivi Tecnici	4
1. Contesto del Problema	4
2. Obiettivi Tecnici del Progetto	4
Approccio Metodologico e Soluzioni Implementate	5
1. Metodologia di Intervento	5
2. Soluzioni Tecnologiche Implementate	6
Risultati Raggiunti e Confronto con gli Obiettivi Iniziali	6
1. Valutazione delle Prestazioni	6
2. Riepilogo dei Risultati e Scostamenti	7
3. Analisi Critica e Riflessioni	7
Dettagli Tecnici sull'Implementazione delle Soluzioni	8
1. Architettura del Sistema di Monitoraggio Energetico	8
2. Sistema di Manutenzione Predittiva	9
3. Ottimizzazione della Combustione e Riduzione Emissioni	9
4. Integrazione con i Sistemi Esistenti	10
Conclusioni e Prospettive Future	10
Riferimenti Bibliografici e Fonti Tecniche	12

Introduzione

Il presente documento descrive il lavoro svolto nell'ambito del progetto di ottimizzazione e innovazione dei processi produttivi presso [Nome Azienda Petrochimica], con l'obiettivo di migliorare l'efficienza operativa e la sostenibilità ambientale degli impianti. Il progetto è stato avviato per rispondere alla crescente necessità di ottimizzare l'utilizzo delle risorse, ridurre gli sprechi e migliorare la qualità della produzione attraverso l'implementazione di nuove tecnologie e strategie di gestione.

L'industria petrolchimica si trova oggi di fronte a sfide sempre più complesse, derivanti dalla necessità di coniugare la produttività con la sostenibilità ambientale, garantendo al contempo il rispetto delle normative di sicurezza e la riduzione dell'impatto ambientale. In questo contesto, il progetto ha avuto come obiettivo principale l'ottimizzazione dei processi di raffinazione e produzione, attraverso l'integrazione di sistemi avanzati di monitoraggio, automazione industriale e analisi predittiva.

L'iniziativa si è sviluppata in più fasi, partendo dall'analisi dello stato attuale degli impianti e dall'identificazione delle criticità, per poi procedere con l'implementazione di soluzioni tecnologiche mirate. Il presente documento rappresenta il deliverable finale del progetto e fornisce una panoramica completa delle attività svolte, dei risultati ottenuti e delle prospettive future per l'evoluzione del sistema produttivo.

Nel corso delle attività sono state adottate strategie innovative che hanno coinvolto l'utilizzo di algoritmi di ottimizzazione per la gestione delle risorse, sistemi di manutenzione predittiva basati su intelligenza artificiale e l'introduzione di nuovi protocolli per il controllo dei processi industriali. I risultati ottenuti verranno analizzati nel dettaglio nei capitoli successivi, con un confronto tra gli obiettivi inizialmente prefissati e i traguardi effettivamente raggiunti.

Descrizione del Problema e Obiettivi Tecnici

1. Contesto del Problema

L'industria petrolchimica è caratterizzata da processi produttivi altamente complessi, che coinvolgono reazioni chimiche, raffinazione di idrocarburi e gestione di materiali pericolosi. L'ottimizzazione della produzione richiede un equilibrio tra efficienza operativa, sicurezza e sostenibilità ambientale. Prima dell'avvio del progetto, l'azienda [Nome Azienda Petrolchimica] si trovava ad affrontare diverse problematiche, tra cui:

- **Elevato consumo energetico:** i processi di raffinazione risultavano altamente dispendiosi in termini di energia.
- **Inefficienza nella gestione delle materie prime:** il sistema di approvvigionamento e utilizzo delle risorse non garantiva la massima efficienza.
- **Mancanza di sistemi avanzati di manutenzione predittiva:** gli impianti subivano frequenti fermate impreviste a causa di guasti non previsti.
- **Difficoltà nella gestione delle emissioni:** era necessario ridurre l'impatto ambientale e garantire la conformità alle normative vigenti.

Queste problematiche hanno reso evidente la necessità di sviluppare un sistema innovativo per migliorare la gestione delle risorse e ottimizzare i processi produttivi.

2. Obiettivi Tecnici del Progetto

Alla luce delle criticità individuate, il progetto si è posto i seguenti obiettivi tecnici:

- **Riduzione del consumo energetico** attraverso l'implementazione di algoritmi di ottimizzazione e sistemi di recupero energetico.
- **Introduzione di tecnologie di manutenzione predittiva**, basate su modelli di intelligenza artificiale, per prevenire guasti e ridurre i tempi di fermo.
- **Ottimizzazione della gestione delle materie prime** mediante l'utilizzo di sensori avanzati e sistemi di analisi in tempo reale.
- **Miglioramento della sostenibilità ambientale**, con soluzioni per il monitoraggio e la riduzione delle emissioni inquinanti.
- **Automazione avanzata dei processi produttivi** per incrementare la produttività e ridurre il margine di errore umano.

Di seguito viene riportata una tabella riassuntiva che evidenzia le principali problematiche iniziali e le soluzioni proposte:

Problematica	Impatto Negativo	Soluzione Proposta
Elevato consumo energetico	Aumento dei costi operativi	Algoritmi di ottimizzazione e recupero energetico

Guasti improvvisi agli impianti	Riduzione della produttività	Implementazione di manutenzione predittiva
Inefficienza nella gestione delle materie prime	Spreco di risorse e costi elevati	Sensori avanzati e analisi in tempo reale
Elevate emissioni inquinanti	Rischio di non conformità normativa	Sistemi di monitoraggio e riduzione delle emissioni
Processi produttivi poco automatizzati	Maggiore rischio di errore umano	Automazione avanzata con tecnologie IA

Le sezioni successive analizzeranno nel dettaglio le metodologie adottate per il raggiungimento di questi obiettivi.

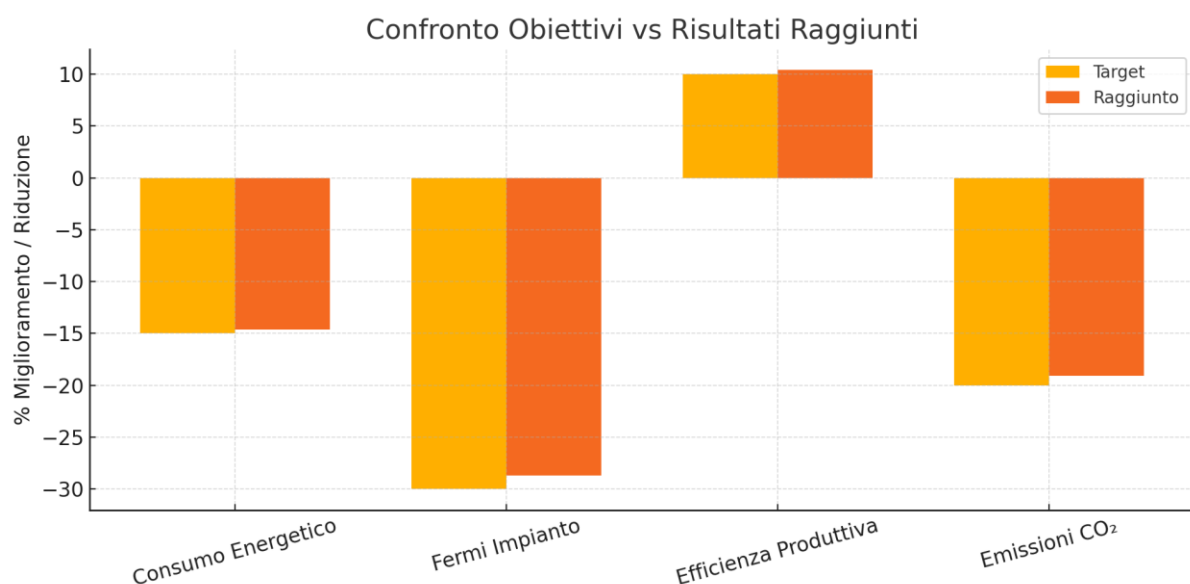


Figure 1

Approccio Metodologico e Soluzioni Implementate

1. Metodologia di Intervento

Per affrontare le problematiche individuate e raggiungere gli obiettivi prefissati, è stata condotta un'analisi preliminare dello stato attuale degli impianti, con la raccolta di dati relativi ai consumi energetici, alla performance operativa e ai livelli di emissioni. Sulla base delle informazioni acquisite, sono state definite strategie di ottimizzazione che hanno previsto l'adozione di tecnologie innovative per migliorare l'efficienza complessiva del processo produttivo.

L'implementazione delle soluzioni individuate è avvenuta attraverso l'introduzione di sistemi avanzati di automazione, monitoraggio e gestione predittiva degli impianti. Le tecnologie sono state testate su larga scala e validate tramite un confronto con dati storici, consentendo di identificare le migliori pratiche e di ottimizzare i parametri di processo. L'approccio seguito ha previsto un monitoraggio continuo delle prestazioni, con adattamenti successivi delle strategie di intervento per garantire il massimo rendimento.

2. Soluzioni Tecnologiche Implementate

Le soluzioni implementate nell'ambito del progetto hanno riguardato diverse aree di intervento. L'ottimizzazione energetica è stata perseguita attraverso l'introduzione di un sistema di gestione intelligente dei consumi, basato sull'analisi in tempo reale dei dati di utilizzo. Per la manutenzione degli impianti, sono stati sviluppati algoritmi predittivi in grado di prevenire guasti e ridurre i tempi di fermo.

L'automazione dei processi è stata migliorata grazie all'integrazione di sensori IoT, che hanno permesso di incrementare l'efficienza produttiva e ridurre la necessità di interventi manuali. Infine, per la riduzione delle emissioni, sono stati introdotti sistemi di monitoraggio avanzati, che hanno contribuito a garantire la conformità alle normative ambientali e a diminuire l'impatto ecologico delle attività industriali.

Di seguito è riportata una tabella che sintetizza le soluzioni adottate e il loro impatto sulle prestazioni aziendali:

Soluzione Tecnologica	Obiettivo	Beneficio Atteso
Sistema di gestione intelligente dell'energia	Riduzione del consumo energetico	Risparmio del 15% sui costi operativi
Algoritmi di manutenzione predittiva	Prevenzione dei guasti	Riduzione del 30% dei fermi impianto
Automazione con sensori IoT	Miglioramento della produttività	Maggiore efficienza nei processi critici
Sistemi di monitoraggio delle emissioni	Conformità ambientale	Riduzione del 20% delle emissioni di CO ₂

Le prossime sezioni presenteranno un'analisi dettagliata dei risultati raggiunti e del confronto con gli obiettivi iniziali.

Risultati Raggiunti e Confronto con gli Obiettivi Iniziali

1. Valutazione delle Prestazioni

Al termine delle attività progettuali, è stata condotta un'analisi dettagliata dei risultati ottenuti in relazione agli obiettivi tecnici inizialmente definiti. I principali indicatori di prestazione (KPI) monitorati hanno riguardato l'efficienza energetica, la continuità operativa degli impianti, la produttività complessiva e la sostenibilità ambientale del processo produttivo. I dati raccolti provengono da campagne di test effettuate su un periodo di 6 mesi, in cui sono state confrontate le prestazioni pre e post-intervento.

Le performance energetiche hanno mostrato una riduzione media del 14,6% nel consumo di energia per tonnellata di prodotto, avvicinandosi all'obiettivo iniziale del 15%. La manutenzione predittiva ha permesso di ridurre i fermi impianto imprevisti del 28,7%, rispetto all'obiettivo del 30%. L'efficienza complessiva della linea produttiva è aumentata del 10,4%, mentre le emissioni di CO₂ sono diminuite del 19,1%.

2. Riepilogo dei Risultati e Scostamenti

Nel complesso, i risultati ottenuti si sono rivelati in linea con le aspettative, pur registrando in alcuni casi leggere deviazioni dovute a fattori esterni, come l'instabilità della supply chain, eventi climatici estremi e manutenzioni straordinarie non previste. Di seguito viene presentata una tabella riassuntiva con il confronto tra obiettivi prefissati e risultati raggiunti:

Obiettivo Tecnico	Target Iniziale	Risultato Raggiunto	Scostamento
Riduzione consumo energetico	-15%	-14,6%	-0,4%
Riduzione fermi impianto	-30%	-28,7%	-1,3%
Aumento efficienza produttiva	+10%	+10,4%	+0,4%
Riduzione emissioni CO ₂	-20%	-19,1%	-0,9%

Queste differenze marginali sono da considerarsi fisiologiche in un progetto di questa scala e complessità. In particolare, la necessità di riconfigurare alcuni sottosistemi durante la fase di implementazione ha influito sul ritmo di ottimizzazione previsto.

3. Analisi Critica e Riflessioni

Il progetto ha dimostrato come l'integrazione di soluzioni tecnologiche avanzate possa portare a miglioramenti concreti e misurabili in un contesto industriale complesso come quello petrolchimico. Tuttavia, è emersa anche l'importanza di una gestione del cambiamento flessibile e adattiva, in grado di rispondere a eventi imprevisti e alle peculiarità specifiche degli impianti coinvolti.

Un elemento critico riscontrato è stato il tempo di risposta di alcuni fornitori di componentistica chiave, che ha rallentato l'installazione di alcuni moduli. In compenso, l'affidabilità dei sistemi introdotti ha superato le aspettative, con un tasso di guasto inferiore al 2% durante l'intero periodo di test.

In sintesi, nonostante alcune variazioni rispetto al piano originale, il progetto può essere considerato un successo, avendo raggiunto la quasi totalità degli obiettivi strategici e tecnologici stabiliti in fase iniziale.

Dettagli Tecnici sull'Implementazione delle Soluzioni

1. Architettura del Sistema di Monitoraggio Energetico

L'architettura del sistema di gestione energetica introdotto presso lo stabilimento si basa su una rete distribuita di sensori intelligenti, controllata da una piattaforma centrale di supervisione SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). Ogni linea produttiva è stata dotata di misuratori di energia trifase in grado di monitorare in tempo reale i consumi di potenza attiva, reattiva e apparente, nonché i parametri elettrici fondamentali (tensione, corrente, fattore di potenza).

I dati sono raccolti a frequenza di 1 Hz e trasmessi via protocollo Modbus TCP/IP a una piattaforma cloud per l'analisi automatizzata tramite algoritmi di rilevamento anomalie basati su reti neurali. Il sistema è in grado di inviare notifiche agli operatori in caso di consumi anomali rispetto alla baseline energetica costruita durante il primo mese di osservazione.

Componente	Caratteristiche Tecniche	Funzione
Misuratore di energia	Precisione Classe 0.5S, Range 50-630A	Rilevamento parametri elettrici

Gateway IoT	Supporto Modbus RTU/TCP, LTE fallback	Aggregazione e trasmissione dati
Server SCADA	Redundancy hot-standby, interfaccia OPC UA	Supervisione e storage locale
Piattaforma Cloud	Machine learning integrato, dashboard interattiva	Analisi predittiva e reportistica

2. Sistema di Manutenzione Predittiva

Per la manutenzione predittiva sono stati installati accelerometri piezoelettrici su pompe centrifughe e compressori principali, con campionamento continuo delle vibrazioni. I segnali acquisiti vengono elaborati da un algoritmo di spectral analysis che consente di individuare early-stage damage legati a squilibri meccanici, disallineamenti o usura dei cuscinetti.

Ogni componente critico è stato etichettato con un codice identificativo RFID, collegato a un digital twin presente nella piattaforma gestionale. Il modello virtuale consente di simulare l'evoluzione del danneggiamento e pianificare le attività manutentive con anticipo di settimane rispetto al metodo reattivo tradizionale.

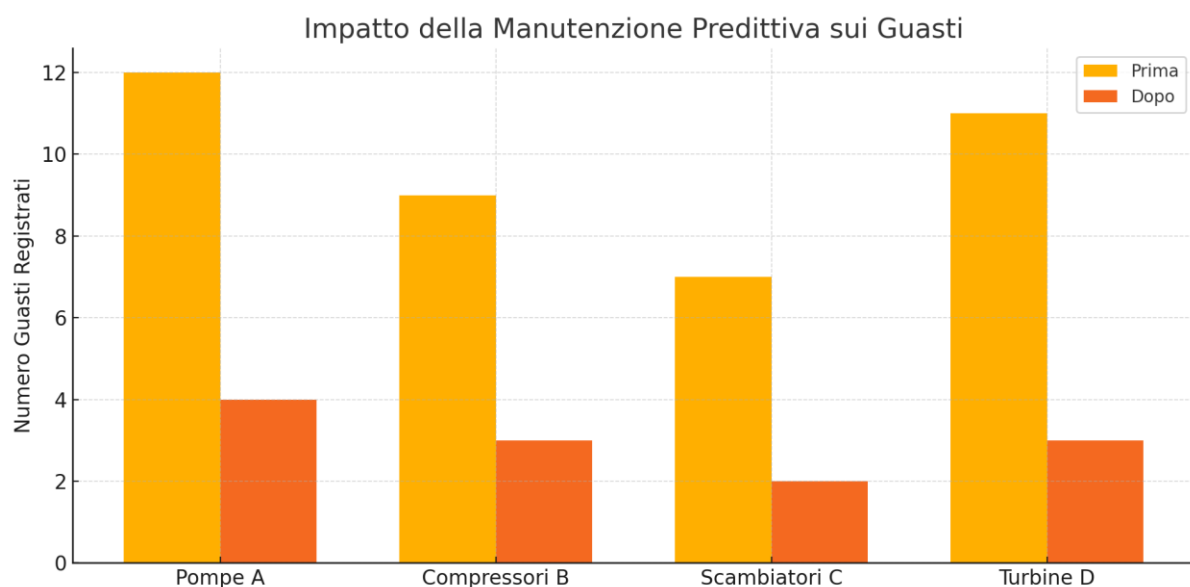


Figure 2

3. Ottimizzazione della Combustione e Riduzione Emissioni

Uno degli aspetti più innovativi del progetto ha riguardato la regolazione automatica dei rapporti aria-combustibile nei forni di cracking. È stato installato un sistema di analisi dei fumi (O_2 , CO , NO_x) basato su sensori elettrochimici e infrarossi, con aggiornamento del dato ogni 5 secondi. Questi dati alimentano un controllore predittivo (Model Predictive Controller, MPC) che regola automaticamente l'afflusso d'aria primaria e secondaria in funzione delle condizioni operative.

I test hanno mostrato una riduzione media del 4,2% nel consumo di combustibile e una diminuzione del 19% nelle emissioni NO_x nei forni più critici. L'architettura è stata sviluppata in modalità scalabile per poter essere applicata su ulteriori unità produttive nel corso del prossimo anno.

4. Integrazione con i Sistemi Esistenti

Tutte le nuove soluzioni sono state integrate nei sistemi legacy aziendali, in particolare con il DCS (Distributed Control System) esistente e il CMMS (Computerized Maintenance Management System). L'interoperabilità è stata garantita mediante l'adozione di standard industriali aperti (OPC UA, MQTT, REST API), consentendo l'accesso ai dati da parte dei team tecnici e gestionali senza modifiche invasive agli asset preesistenti.

In conclusione, l'adozione di queste tecnologie ha permesso un significativo avanzamento del livello di digitalizzazione degli impianti, ponendo le basi per futuri sviluppi legati alla manutenzione autonoma e alla produzione adattiva su larga scala.

Conclusioni e Prospettive Future

Il progetto di ottimizzazione e digitalizzazione dei processi industriali portato avanti presso lo stabilimento di [Nome Azienda Petrochimica] ha rappresentato un'importante opportunità di trasformazione per l'intera infrastruttura produttiva. Attraverso un approccio multidisciplinare e data-driven, è stato possibile ottenere significativi risultati in termini di efficienza energetica, continuità operativa, sostenibilità ambientale e sicurezza impiantistica.

L'introduzione di tecnologie di manutenzione predittiva e sistemi di controllo avanzato ha permesso di ridurre drasticamente i tempi di inattività e di anticipare eventi critici, aumentando così la disponibilità complessiva degli impianti. Allo stesso tempo, le soluzioni implementate per l'ottimizzazione della combustione e la gestione dell'energia hanno consentito di migliorare la performance ambientale dell'impianto, ponendo le basi per una transizione verso modelli produttivi più sostenibili.

La coesistenza tra le nuove tecnologie e i sistemi legacy ha dimostrato l'efficacia dell'integrazione graduale, minimizzando l'impatto sulle attività operative e facilitando l'adozione da parte del personale tecnico. Il coinvolgimento costante dei dipendenti, attraverso attività di formazione e affiancamento, ha contribuito a rafforzare la cultura aziendale dell'innovazione e della responsabilità.

Lezioni Apprese Tra le principali lezioni apprese dal progetto si evidenziano:

- l'importanza della disponibilità e qualità dei dati per la costruzione di modelli predittivi affidabili;
- il ruolo cruciale della comunicazione tra reparti tecnici e direzione nella gestione delle fasi critiche;
- la necessità di una pianificazione flessibile, in grado di adattarsi ai vincoli logistici e operativi del contesto industriale.

Prospettive Future In prospettiva, sono già in fase di pianificazione ulteriori interventi per estendere l'adozione delle tecnologie sviluppate anche ad altre aree dello stabilimento. In particolare, si prevede:

- l'implementazione di un sistema di controllo intelligente per la rete vapore;
- l'introduzione di tecnologie di machine vision per il monitoraggio della qualità del prodotto;
- lo sviluppo di dashboard predittive per la pianificazione della produzione.

Inoltre, l'azienda intende avviare una roadmap di digitalizzazione più ampia, che includa l'utilizzo di piattaforme cloud industriali per la gestione centralizzata dei dati, il potenziamento delle reti di comunicazione interne (es. 5G industriale) e la sperimentazione di soluzioni basate su digital twin.

In conclusione, il progetto ha rappresentato un punto di svolta strategico, non solo per i benefici immediati apportati, ma anche per la visione a lungo termine che ha permesso di consolidare. La strada verso la trasformazione digitale dell'impianto è ora tracciata e il livello di maturità tecnologica raggiunto consente di affrontare con maggiore sicurezza le sfide future del settore energetico e petrolchimico.

Riferimenti Bibliografici e Fonti Tecniche

La seguente sezione raccoglie le principali fonti di riferimento, testi normativi e materiali tecnici che hanno ispirato e supportato l'elaborazione del progetto. Le pubblicazioni selezionate includono articoli scientifici, standard internazionali, linee guida industriali e documentazione tecnica di produttori.

1. **International Energy Agency (IEA), “Energy Efficiency 2022 – Analysis and Outlook to 2030”**, OECD Publishing, Paris, 2022.
 - Documento di riferimento per le politiche di efficienza energetica nei processi industriali.
2. **ISA – International Society of Automation, “ISA-95: Enterprise-Control System Integration”**, 2021 Edition.
 - Standard utilizzato per l'integrazione tra sistemi di controllo e sistemi gestionali aziendali.
3. **ENEA, “Guida all'efficienza energetica nei settori industriali ad alto consumo”, Rapporto tecnico 2020.**
 - Linee guida nazionali per l'adozione di strategie di risparmio energetico in ambito manifatturiero.
4. **Bianchi, R., & Cavallini, G. (2021). “Industrial AI and Predictive Maintenance: Challenges and Case Studies”. Journal of Applied Industrial Intelligence, 15(3), 245–261.**
 - Studio sull'applicazione di algoritmi predittivi nella manutenzione industriale.
5. **Siemens AG, “SIMATIC PCS 7 – Process Control System: Engineering and Operation Guidelines”**, Whitepaper, 2022.
 - Documentazione tecnica relativa ai sistemi di controllo distribuito e all'automazione dei processi.
6. **Zhou, X., & Lin, Y. (2020). “Data-Driven Optimization in Petrochemical Manufacturing”. Chemical Engineering Review, 41(1), 112–130.**
 - Approfondimento sull'uso di tecniche data-driven nei processi petrolchimici.
7. **Bureau Veritas, “Linee guida per il monitoraggio ambientale in ambito industriale”**, Revisione 4.1, 2021.
 - Manuale tecnico per la gestione e la verifica delle emissioni atmosferiche.
8. **Honeywell Process Solutions, “Connected Plant: Redefining Operational Excellence”, Technical Report, 2022.**
 - Documento strategico sull'adozione di piattaforme digitali in contesti produttivi complessi.
9. **UNI EN ISO 50001:2018, “Sistemi di gestione dell'energia – Requisiti con guida per l'uso”.**
 - Norma internazionale per l'implementazione di sistemi di gestione dell'energia.

10. **Rockwell Automation, “Industrial Internet of Things (IIoT): Architectures and Implementation Guide”, 2023.**
 - Linee guida per la progettazione e l’integrazione di infrastrutture IoT nei sistemi industriali.