

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale

In Ingegneria Energetica e Nucleare

TESI DI LAUREA MAGISTRALE

**ANALISI ENERGETICA DEGLI IMPIANTI DI
UN'AZIENDA DEL SETTORE
METALMECCANICO**



Relatore:

Prof. Marco BADAMI

Candidato:

Paolo PITERA'

Marzo 2021

Abstract

Il corso di laurea magistrale "Progettazione termotecnica e uso razionale dell'energia" e nello specifico nei tre corsi "Design of HVAC system and mechanical equipment", "Impiego industriale dell'energia" e "Sistemi per l'illuminazione e il controllo del rumore" avvicina gli studenti alla progettazione di impianti e ai concetti di efficienza e risparmio energetico.

Le aziende italiane hanno enormi possibilità di lavoro nel campo dell'efficienza energetica ed è per questo che l'obiettivo della tesi è analizzare gli impianti di produzione di vettori energetici di area compressa e di acqua calda presso la Società "Perardi e Gresino Srl" ma con la possibilità di replicarle in altre.

L'azienda, nonostante l'attuale clima pandemico, è stata disponibile a far eseguire un tirocinio e successiva tesi in azienda permettendo di concludere il ciclo formativo in un ambiente completamente diverso da quello accademico, dando la possibilità di applicare sul campo quanto appreso negli anni di studio e permettendo di intraprendere un nuovo percorso.

Ringraziamenti

Con grande sollievo di chi mi è vicino sono giunto alla conclusione del mio percorso di studi nonostante i problemi affrontati a causa della particolare situazione familiare in cui mi sono venuto a trovare, il mio ringraziamento non può che andare a tutte le persone che mi hanno supportato e spronato in questi anni aiutandomi a non arrendermi.

Desidero ringraziare il relatore Prof. Marco Badami che mi ha dato la possibilità, durante il suo corso di studi, di conoscere, intraprendere e appassionarmi della gestione e razionalizzazione dei consumi energetici oltre che per la disponibilità mostratami durante tutto il periodo di stesura della tesi.

Ringrazio l'azienda "Perardi e Gresino Srl" per avermi dato l'opportunità di svolgere una tesi in azienda nonostante il periodo pandemico attuale, insieme a tutto il suo personale che mi ha seguito e mi ha permesso di iniziare a conoscere l'ambito lavorativo con tutte le problematiche che non possono essere affrontate in ambito universitario. Un ringraziamento speciale all' Ing. GiangiacoM Mussa, amministratore dell'azienda che ha creduto in me, all' Ing. Ilaria Cavaletto che mi ha seguito durante tutto il periodo del tirocinio e della tesi, aiutandomi, entrambi, a superare le difficoltà e i dubbi.

Ringrazio mio cugino Stefano Bottiglieri senza il quale non avrei trovato l' opportunità di tirocinio e tesi in azienda, mia zia Rita Ruperti il cui supporto è stato fondamentale in tutti questi anni, senza di esso avrei dovuto rallentare di molto il mio percorso di studi e mio cugino Lorenzo Bottiglieri che mi ha reso, con i suoi aneddoti, l'idea di frequenza del Politecnico accessibile e non mitica come era nella mia immaginazione e allo stesso tempo rendendosi un esempio da emulare e cercare di superare.

Ringrazio i miei più cari amici, Edoardo e Stefano, senza il cui supporto avrei superato con difficoltà alcuni momenti cruciali, e i compagni di corsi e di progetti senza i quali le lezioni, lo studio e le progettazioni sarebbero stati meno entusiasmanti e più solitarie, in particolare Alessandra e Simone per l'ultimo anno vissuto quasi in simbiosi.

Un ringraziamento a nonna Carla che con le sue continue domande "Ma quanto finisci?" o "Ma quanti esami ti mancano?" mi ha spronato ad accelerare i tempi, anche se ora è appena diventata bis-nonna di Adriano ed ha distolto un poco l'interesse dal sottoscritto.

Infine, un ultimo, ma non per importanza, ringraziamento alla mamma che nonostante tutti i problemi di salute avuti e tutte le discussioni, in primis la rivalità tra architetti e ingegneri, ha sempre cercato di sostenermi mentre cercava e cerca di combattere un male più grande di lei e difficile da affrontare nonostante il supporto di tutta la famiglia unita.

Indice

Indice	- 4 -
Indice delle tabelle	- 5 -
Indice delle figure	- 6 -
Introduzione	- 8 -
Raccolta dati	- 10 -
Unità di misura	- 11 -
1. Panoramica sociale, economica e ambientale	- 12 -
1.1. Relazione annuale sull'efficienza energetica	- 21 -
1.2. L'industria e l'efficienza.....	- 25 -
2. Gli impianti per la generazione di vettori energetici	- 27 -
2.1. Reti di distribuzione dell'aria compressa	- 27 -
2.2. Impianti termici	- 33 -
2.2.1 <i>Le caldaie a condensazione</i>	- 35 -
2.2.2 <i>Le pompe di calore</i>	- 36 -
2.2.3 <i>I collettori solari</i>	- 38 -
2.3. Sistemi d'illuminazione.....	- 42 -
3. Perardi e Gresino	- 44 -
3.1. Consumi gas naturale	- 49 -
3.1.1 <i>Comparto caldaie</i>	- 52 -
3.1.2 <i>Firma energetica</i>	- 57 -
3.2. Consumi elettrici	- 61 -
3.3. Rete aria compressa	- 69 -
3.4. Impianto di illuminazione.....	- 85 -
Conclusioni	- 90 -
Bibliografia	- 92 -

Indice delle tabelle

Tabella 1 - Unità di misura.....	- 11 -
Tabella 2 - Fabbisogno energetico normalizzato annuo.....	- 50 -
Tabella 3 - Dettaglio spesa anno 2020 gas metano.....	- 50 -
Tabella 4 - Sintesi dei costi del gas naturale Novembre 2020.....	- 51 -
Tabella 5 - Tabella riassuntiva comparto caldaie.....	- 52 -
Tabella 6 - Descrizione delle fasce orarie.....	- 62 -
Tabella 7 - Rappresentazione grafica della suddivisione in fasce.....	- 62 -
Tabella 8 - Consumi elettrici mensili anno 2020.....	- 63 -
Tabella 9 - Dettaglio spesa mensile per l'energia elettrica.....	- 66 -
Tabella 10 - Conguaglio Ottobre 2020.....	- 66 -
Tabella 11 - Sintesi dei costi dell'energia elettrica di Novembre 2020.....	- 67 -
Tabella 12 - Riassunto perdite impianto aria compressa.....	- 76 -
Tabella 13 - Anagrafica compressori.....	- 81 -
Tabella 14 - Stima dei consumi sala compressori.....	- 83 -

Indice delle figure

Figura 1 - Andamento di crescita della popolazione mondiale	- 12 -
Figura 2 - Incremento della popolazione per regioni	- 13 -
Figura 3 - Emissioni pro-capite di CO₂	- 13 -
Figura 4 - Incremento relativo delle emissioni di CO₂ rispetto al 1945	- 14 -
Figura 5 - Emissioni annue di CO₂	- 15 -
Figura 6 - Emissioni pro-capite di CO₂	- 15 -
Figura 7 - Trend energetici italiani	- 16 -
Figura 8 - Mix energetico italiano	- 19 -
Figura 9 - Consumi finali per settore	- 19 -
Figura 10 - Consumo elettrico italiano suddiviso per settori	- 20 -
Figura 11 - Consumo italiano di gas metano suddiviso per settori	- 21 -
Figura 12 - Consumo italiano dei prodotti petroliferi suddivisi per settore	- 21 -
Figura 13 - Intensità energetica primaria di alcuni paesi UE28	- 22 -
Figura 14 - Misure per la riduzione delle emissioni globali di CO₂	- 26 -
Figura 15 - Principali usi industriali dell'aria compressa	- 29 -
Figura 16 - Classi di inquinanti secondo la ISO 8573:2010	- 30 -
Figura 17 - Esempio schema di impianto aria compressa	- 33 -
Figura 18 - Schemi funzionali caldaie a condensazione	- 36 -
Figura 19 - Schema esemplificativo del funzionamento di una pompa di calore	- 37 -
Figura 20 - Mappa dei luoghi idonei al CSP	- 39 -
Figura 21 - Schema impianto a collettore solare a circuito aperto	- 40 -
Figura 22 - Schema impianto a collettore solare a circuito chiuso	- 42 -
Figura 23 - Vista dall'alto degli impianti	- 44 -
Figura 24 - Produzione per settori	- 45 -
Figura 25 - Planimetria aziendale	- 46 -
Figura 26 - Planimetria zona magazzino	- 47 -
Figura 27 - Planimetria area lavorazione	- 48 -
Figura 28 - Andamento dei consumi di gas metano nel quadriennio 2017-2020	- 49 -
Figura 29 - Ripartizione delle componenti di costo	- 51 -
Figura 30 - Denominazione dei reparti produttivi	- 54 -
Figura 31 - Foto e schema aerotermini	- 56 -
Figura 32 - Pannelli radianti a soffitto	- 56 -
Figura 33 - Firma energetica dello stabilimento	- 59 -

Figura 34 - Firma energetica dello stabilimento con anni a confronto	- 60 -
Figura 35 - Andamento dei consumi di energia elettrica nel biennio 2019-2020	- 61 -
Figura 36 - Consumi nazionali del 07 gennaio 2020	- 63 -
Figura 37 - Potenza massima assorbita nel biennio 2019-2020	- 64 -
Figura 38 - Andamento dei consumi di energia elettrica nell'anno 2020	- 64 -
Figura 39 - Ripartizione delle componenti di costo	- 68 -
Figura 40 - Performance Opportunities	- 70 -
Figura 41 - Planimetria aria compressa	- 71 -
Figura 42 - Andamento dei consumi di aria compressa a carico	- 72 -
Figura 43 - Andamento dei consumi di aria compressa durante i fermi	- 73 -
Figura 44 - Pistola d'aria non silenziata con assenza di ugello	- 74 -
Figura 45 - Pistola d'aria compressa con ugello silenziato	- 75 -
Figura 46 - Perdita presso Hx500i	- 78 -
Figura 47 - Ampliamento rete aria compressa capannone nuovo	- 80 -
Figura 48 - Vista della sala compressori	- 82 -
Figura 49 - Vista della sala compressori	- 82 -
Figura 50 - Vista del progetto della linea ABB13	- 85 -
Figura 51 - 150220-07-845 Comfort Panel LED - IP54	- 86 -
Figura 52 - 56333 - 3f CUB LED 150 W CR V	- 86 -

Introduzione

Questo elaborato è il frutto della collaborazione instaurata con l'azienda "Perardi e Gresino S.r.l." presso il quale ho effettuato un tirocinio accademico finalizzato alla stesura della presente tesi di Laurea Magistrale. Durante la stesura mi sono immedesimato nella figura dell'Energy Manager aziendale che ha il compito di gestire tutto ciò che riguarda l'energia all'interno di un'azienda, un ente pubblico o più in generale di una struttura, verificando i consumi, ottimizzandoli e promuovendo interventi mirati all'efficienza energetica e all'uso di fonti rinnovabili.

L'obiettivo di questa tesi è definire gli interventi di efficientamento energetico che possano essere valutati e validati dalla Direzione Aziendale in funzione del risparmio economico, delle tempistiche di rientro dell'investimento e della riduzione dell'impatto ambientale utile anche al miglioramento d'immagine aziendale.

Nel primo capitolo dell'elaborato è stato analizzato l'aumento della popolazione a livello mondiale, che sta comportando e comporterà un aumento dei consumi energetici con variazioni climatiche e sociali non trascurabili, vengono inoltre analizzati i consumi energetici nazionali e si conclude con un'ampia presentazione dei meccanismi di incentivazione nazionali per gli interventi di efficienza attuabili.

Nel secondo capitolo sono descritti i principali impianti di produzione di vettori energetici quali l'aria compressa, l'acqua calda e quelli dei sistemi per illuminazione artificiale; questi ultimi sono quelli su cui è possibile ottenere i maggiori vantaggi economici ed energetici tramite interventi relativamente semplici.

Nel terzo capitolo è stata eseguita la vera e propria analisi dell'azienda: la prima parte è dedicata all'analisi dei consumi di gas metano per la produzione del fluido termovettore necessario al riscaldamento degli ambienti interni, questo impianto è composto da sette caldaie a condensazione, mentre l'apparato distributivo è costituito da un impianto a pavimento nel reparto "NUOVO" e da

impianti ad aerotermini nei reparti restanti. Lo studio prosegue con l'analisi dei consumi elettrici aziendali, i cui utilizzatori principali sono: gli impianti di produzione, l'impianto dell'aria compressa e l'impianto di illuminazione. La prima tipologia di impianto non viene analizzata in quanto la sostituzione di un macchinario di produzione antiquato con uno più moderno ha costi troppo elevati se confrontati ai benefici energetici derivanti, al contrario l'impianto di produzione dell'aria compressa e l'impianto di illuminazione possono, con costi di intervento relativamente ridotti, portare a benefici notevoli. Gli interventi sulla rete distributiva dell'aria compressa richiedono una progettazione ad hoc e soprattutto tempistiche di realizzazione lunghe ma possono portare non solo notevoli benefici economici ma anche maggiore sicurezza sul posto di lavoro.

Raccolta dati

La redazione di un'analisi energetica implica differenti tipologie di dati da gestire:

- Informazioni dalle bollette elettriche e termiche (dati macro), le quali contengono consumi e tariffe contrattuali, sono il punto di partenza ed il punto di arrivo di tutta l'analisi in quanto l'utilizzatore finale dovrà trovare riscontro dei benefici del risparmio energetico proprio nelle stesse. Le bollette necessarie all'analisi sono quelle riferite almeno ad un intero anno solare, ed è necessario correlarle ad ogni utenza di rete, tramite il numero di riferimento POD/PDR, la destinazione d'uso (scuola, ufficio, ecc.), la denominazione e l'indirizzo.
- Informazioni dei consumi energetici (dati di dettaglio mensile per fascia) e da presenza di eventuali altri sistemi di raccolta, come i dati di consumo e di controllo o di dati disponibili da letture, sono necessari per identificare i profili dei consumi da cui sarà possibile derivare gli andamenti anomali o inattesi che potremmo ricondurre ad inefficienze (nelle pubbliche amministrazioni in genere non sono presenti tali sistemi).
- Informazioni dai dati riferiti agli immobili come i layout/planimetrie degli edifici da cui desumere le superfici ed i volumi sono dati che, insieme ai consumi, permettono di calcolare degli indici prestazionali.
- Informazioni relative ad impianti a energia rinnovabili (trattasi di solito di impianti fotovoltaici, più raramente impianti solari termodinamici, minieolici, mini-idroelettrici, geotermici ecc....) dei quali, se presenti, è necessario reperire i dati di consistenza (ad esempio potenza installata di picco per gli impianti fotovoltaici) e l'energia elettrica/termica prodotta; mentre nel caso dell'energia elettrica suddivisa per fasce orarie F1, F2 e F3, oltre alle quote di energia auto consumata (sempre suddivisa per fasce) è necessario reperire anche quelle dell'energia ceduta alla rete.

Unità di misura

Le Unità di Misura utilizzate per i calcoli fanno riferimento al Sistema Internazionale di Misura

Tabella 1 - Unità di misura

Parametro	U.M.
Energia elettrica	kWh
Energia termica	kWh _t
Energia primaria (sia termica, sia elettrica)	tep
Potenza	W
Potenza reattiva	VA
Superficie	m ²
Volume	m ³
Lunghezza, larghezza, altezza, profondità	m
Tensione	V
Corrente elettrica	A
Temperatura	K
Pressione	Pa
Volume specifico	m ³ /kg

1. Panoramica sociale, economica e ambientale

L'incremento della popolazione mondiale secondo il "World Population Prospects 2019" è destinata a crescere fino a raggiungere i 8,5 miliardi nel 2030, i 9,7 miliardi nel 2050 e i 10,9 miliardi entro il 2100, anche se con un rateo di crescita notevolmente ridotto e in continua diminuzione rispetto al primo dopoguerra, comporterà la necessità da parte dell'uomo di raggiungere standard economici e di qualità di vita sempre più alti e di conseguenza l'aumento della domanda di energia mondiale. [1]

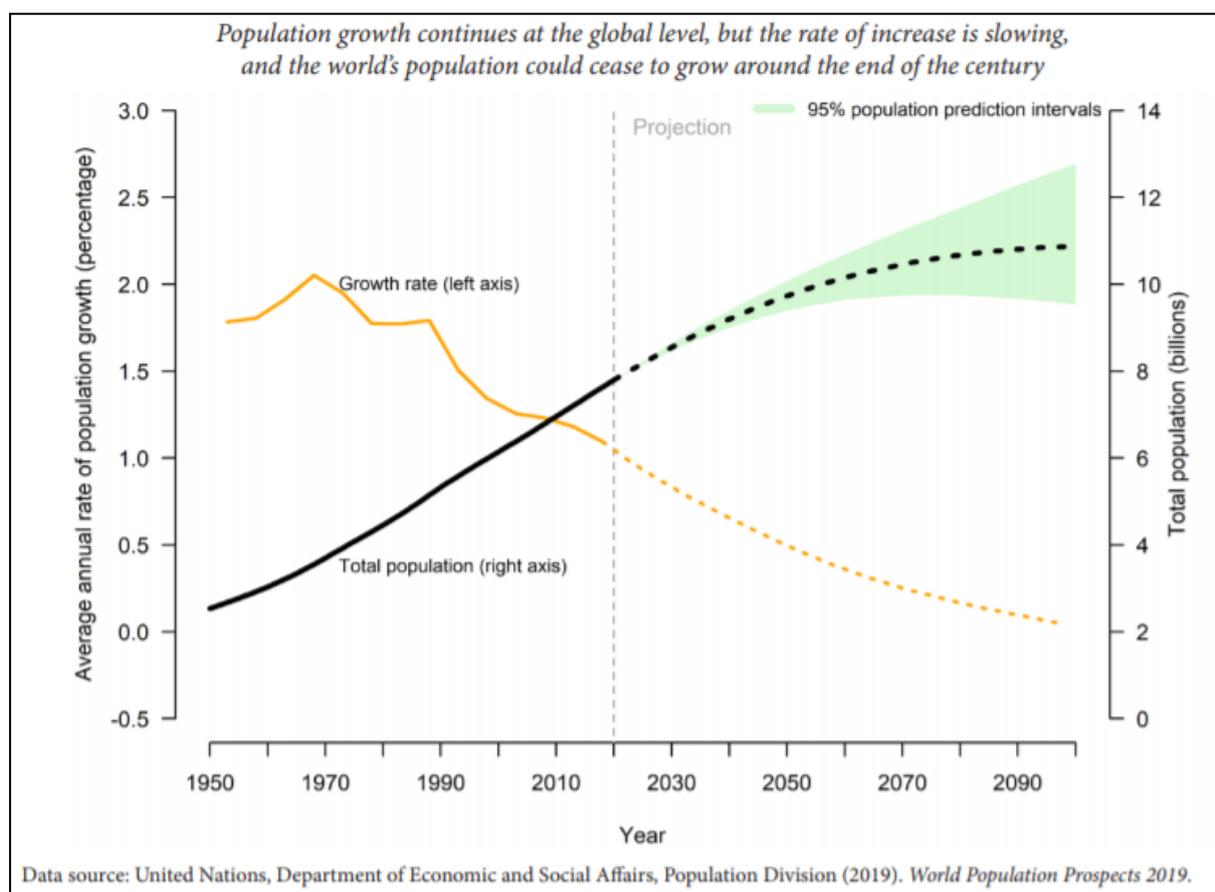


Figura 1 - Andamento di crescita della popolazione mondiale [1]

Le regioni del mondo con la maggior prospettiva di crescita demografica risultano essere i paesi in via di sviluppo, essi infatti, con il miglioramento delle condizioni economiche e sociali, tenderanno a vedere un incremento demografico, a differenza dei paesi che ormai hanno raggiunto il benessere economico.

Region	Population (millions)			
	2019	2030	2050	2100
World	7 713	8 548	9 735	10 875
Sub-Saharan Africa	1 066	1 400	2 118	3 775
Northern Africa and Western Asia	517	609	754	924
Central and Southern Asia	1 991	2 227	2 496	2 334
Eastern and South-Eastern Asia	2 335	2 427	2 411	1 967
Latin America and the Caribbean	648	706	762	680
Australia/New Zealand	30	33	38	49
Oceania*	12	15	19	26
Europe and Northern America	1 114	1 132	1 136	1 120
Least developed countries	1 033	1 314	1 877	3 047
Land-locked Developing Countries	521	659	926	1 406
Small Island Developing States	71	78	87	88

Data source: United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019). *World Population Prospects 2019*.
* excluding Australia and New Zealand

Figura 2 - Incremento della popolazione per regioni [1]

Questo incremento causerà un considerevole aumento nella richiesta energetica di suddetti paesi i quali inizialmente tenderanno a sopperire alle stesse tramite l'utilizzo di fonti energetico convenzionali a basso costo ma ad elevato impatto ambientale, come fece la Cina con il massiccio impiego di centrali a carbone, le quali però sono una fonte di gas serra non trascurabili.

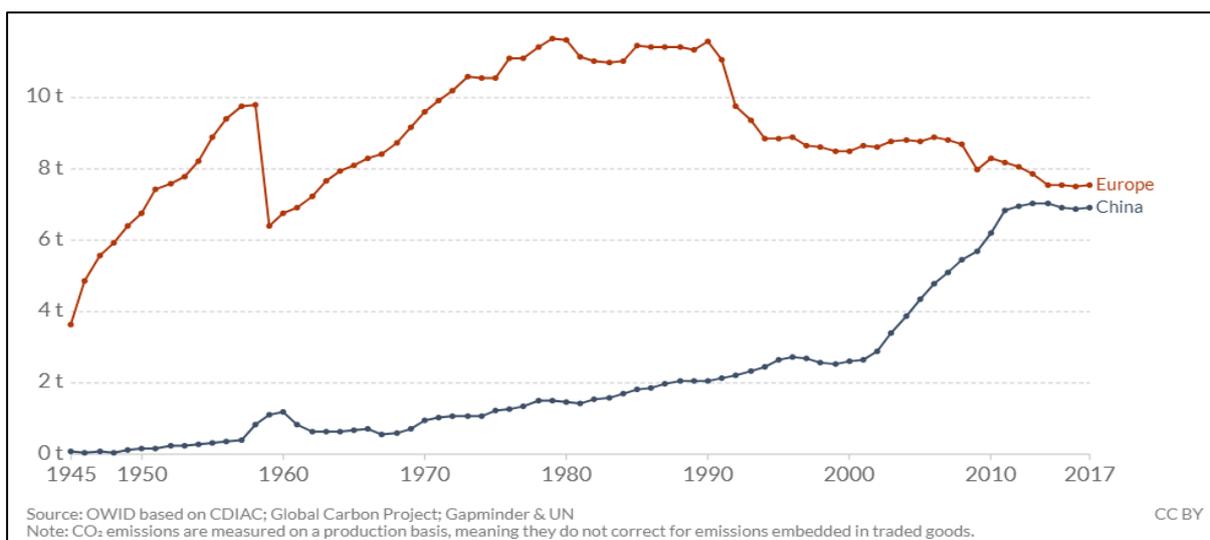


Figura 3 - Emissioni pro-capite di CO₂ [2]

Il grafico sopra riportato permette di analizzare il trend che i paesi in via di sviluppo potrebbero intraprendere in un prossimo futuro mentre i paesi già industrializzati hanno il compito di ridurre le proprie emissioni al fine di mantenere la variazione di temperatura entro il limite di 1,5 °C rispetto al periodo preindustriale; nel grafico successivo si riporta l'aumento relativo delle emissioni rispetto al 1945, da cui è possibile comprendere l'importanza del lavoro che devono svolgere i paesi industrializzati nei prossimi anni.

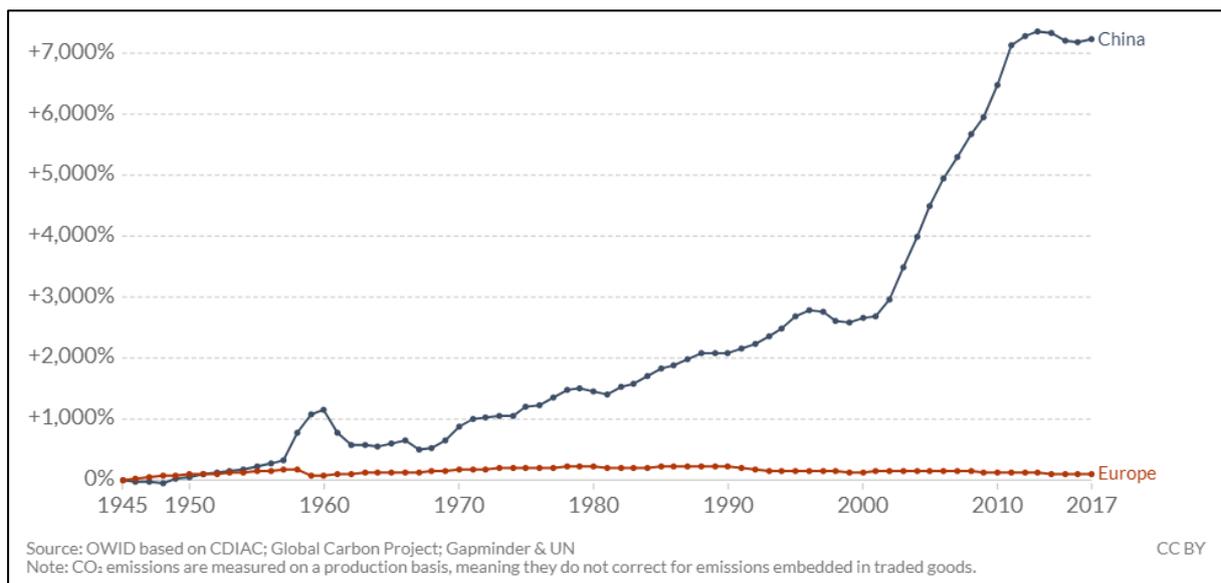


Figura 4 - Incremento relativo delle emissioni di CO₂ rispetto al 1945 [2]

Nonostante la Cina sia uno dei paesi più inquinanti al mondo, a causa della sua numerosa popolazione e alla disparità economiche, culturali e sociali che creano variazioni all'interno del paese stesso creando una divisione tra la Cina rurale e quella industriale, a livello di emissione pro-capite non risulta essere uno dei più inquinanti. Questa informazione permette di fare una riflessione sull'affidabilità dei dati analizzati, infatti, bisogna sempre verificare il contesto in cui l'analisi è effettuata. Nella Figura 5 è possibile visualizzare come i paesi maggiormente inquinanti siano Cina, India e Stati Uniti d'America seguiti dalla Russia. [2]

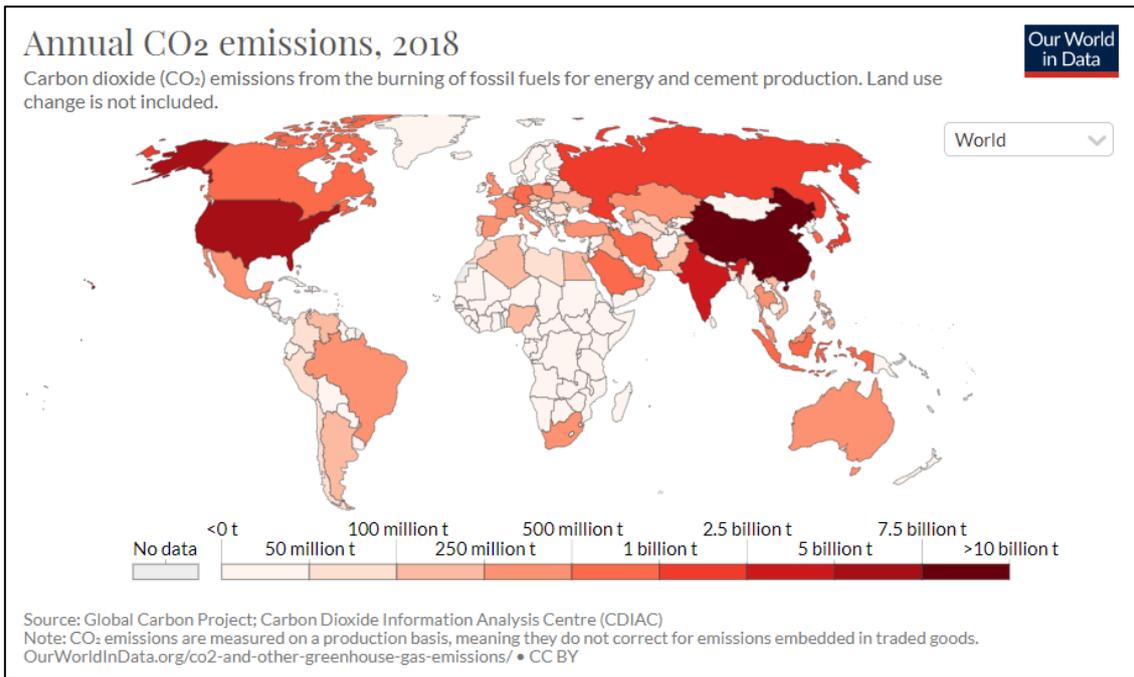


Figura 5 - Emissioni annue di CO₂ [2]

Se invece si analizzano le emissioni pro-capite come è possibile visualizzare in Figura 6 i paesi maggiormente inquinanti risultano essere Emirati Arabi Uniti, Kuwait, Nuova Caledonia e Trinidad e Tobago, dove i primi tre sono produttori di combustibili fossili mentre l'ultimo è il maggior estrattore di nichel al mondo.

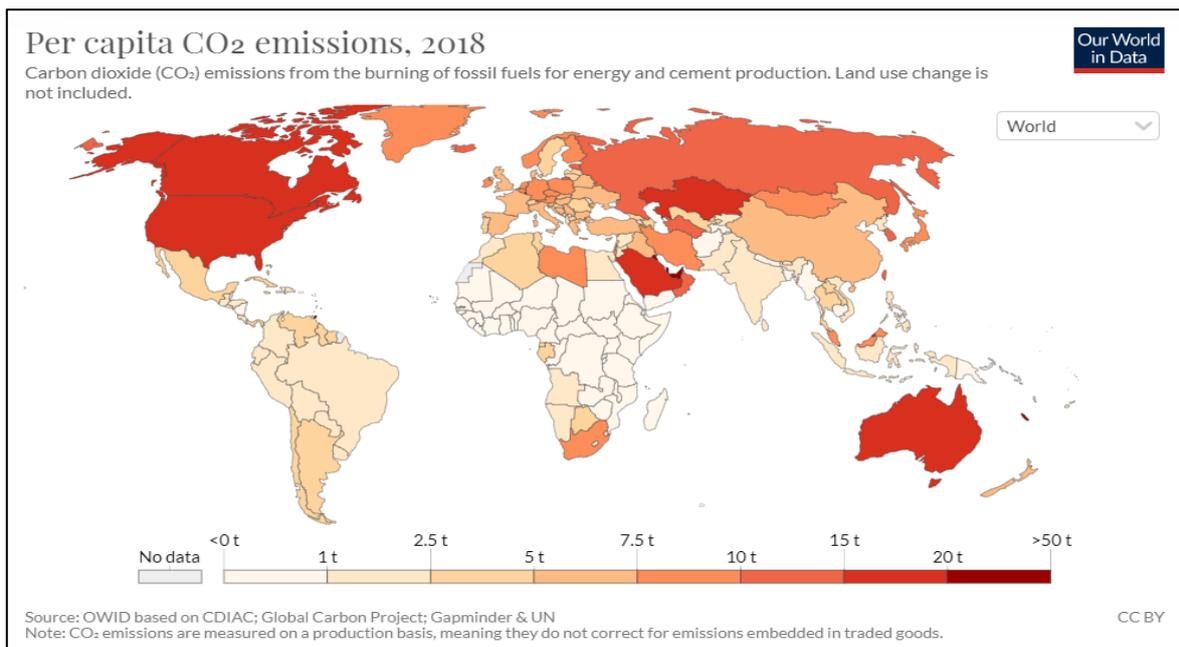


Figura 6 - Emissioni pro-capite di CO₂ [2]

Tornando allo scenario di nostro interesse, l'Europa o ancor più l'Italia, facendo parte dei paesi industrializzati ha il compito e il dovere di ridurre i consumi per permettere alle economie emergenti di svilupparsi, come è stato per noi durante la rivoluzione industriale, ma fornendogli al tempo stesso le migliori tecnologie disponibili da utilizzarsi nelle varie applicazioni al fine di evitare che il loro sviluppo incrementi il danno ambientale creato dai paesi già industrializzati.

L'Italia ha un consumo totale di energia primaria di 150.58 Mtep, dati del 2018 forniti da "IEA" ("International Energy Agency"), un consumo finale di energia elettrica di 315,62 TWh e una emissione di CO₂ di 317,14 Mt. [3] Nella Figura 7 si visualizza come l'andamento dei consumi italiani stia subendo una contrazione negli ultimi quindici anni grazie all'implementazione di politiche energetiche importanti che puntavano alla creazione di un nuovo mix energetico improntato sulle fonti rinnovabili e sulla riduzione dei consumi.

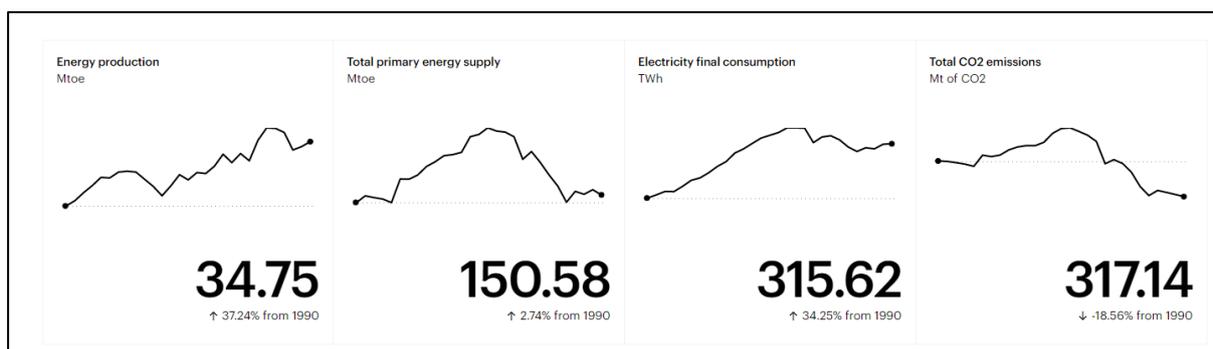


Figura 7 - Trend energetici italiani [3]

Le politiche attuate dal nostro paese nascono dalle richieste dell'“Unione dell'energia”, la quale intende garantire all' Europa e ai suoi cittadini energia sicura sostenibile e a prezzi accessibili; per poter conseguire questo obiettivo la Commissione europea nel 2015 ha presentato una strategia basata su cinque pilastri:

- sicurezza energetica, ottenuta tramite la diversificazione delle fonti energetiche e tramite la solidarietà e la cooperazione tra i paesi;
- un mercato interno dell'energia integrato, per consentire il libero flusso dell'energia all'interno dell'UE mediante infrastrutture adeguate senza ostacoli tecnici o normativi;

- efficienza energetica, per ridurre la dipendenza dalle importazioni, ridurre i consumi e le emissioni e stimolare l'occupazione e la crescita economica;
- decarbonizzazione dell'economia, passando ad un'economia a bassa emissione di carbonio in linea con l'accordo di Parigi;
- ricerca e innovazione, per dare priorità alle tecnologie energetiche pulite.

L'attuale programma venne adottato nel 2014 dal Consiglio europeo e rivisto a dicembre 2018 prevedendo gli obiettivi da raggiungere entro il 2030:

- riduzione delle emissioni dei gas serra del 40% rispetto ai livelli del 1990;
- aumento della quota delle rinnovabili del 32 % nel mix energetico;
- un miglioramento delle efficienze del 32,5 %;
- l'interconnessione di almeno il 15 % dei sistemi elettrici. [4]

Per ottemperare agli obiettivi imposti al nostro paese dobbiamo ridurre il più possibile il consumo di combustibili fossili e l'aumento delle installazioni annue di fonti rinnovabili da 3200 MW a 3800 MW annui. [5]

Tra gli obiettivi introdotti dal nostro governo nel 2017 all'interno del SEN ("Strategia Energetica Nazionale") vi sono:

- Promuovere la diffusione delle fonti rinnovabili tramite:
 - l'incremento dei consumi derivanti dalle fonti rinnovabili al 28 % nel 2030 rispetto al 17,5 % del 2015;
 - l'incremento delle rinnovabili per la produzione elettrica al 55 % nel 2030 rispetto al 33,5 % del 2015;
 - l'incremento delle rinnovabili per la produzione termica al 30 % nel 2030 rispetto al 19,2 % del 2015;
 - l'incremento delle rinnovabili nei trasposti al 21 % nel 2030 rispetto al 6,4 % del 2015.

- favorire gli interventi di efficienza energetica che permettano di massimizzare i benefici di sostenibilità e contenere i costi di sistema tramite:
 - la riduzione dei consumi finali di 10 Mtep/anno;
 - cambio del mix settoriale per favorire il raggiungimento del target di riduzione della CO₂ non-ETS, con focus sul residenziale e trasporti.
- accelerare la de-carbonizzazione del sistema energetico tramite:
 - la chiusura delle centrali termoelettriche a carbone entro il 2025.
- incrementare le risorse pubbliche per la ricerca e lo sviluppo tecnologico in ambito clean energy tramite:
 - il raddoppio degli investimenti da 222 milioni del 2013 a 444 milioni nel 2021.
- continuare a migliorare la sicurezza e adeguatezza dei sistemi energetici e la loro flessibilità:
 - integrando la sempre maggior quantità di fonti rinnovabili, potenziando ed evolvendo le reti e i mercati verso configurazioni smart, flessibili e resilienti;
 - diversificando le fonti e le rotte di approvvigionamento per ridurre gli effetti degli avvenimenti geopolitici dei paesi esportatori di gas;
 - aumentando l'efficienza della spesa energetica grazie all'innovazione tecnologica. [6]

Come si può analizzare in Figura 8 siamo ancora lontani dalla completa decarbonizzazione per la produzione energetica, ma stiamo compiendo passi in avanti, infatti stiamo eliminando le fonti maggiormente inquinanti, il carbone e i prodotti petroliferi, che hanno visto una riduzione percentuale tra il 2008 e il 2019 rispettivamente del 4,78% e del 3,39% portando l'utilizzo del carbone sotto il 10% e dei prodotti petroliferi sotto l'1% rispetto al mix energetico utilizzato. [7]

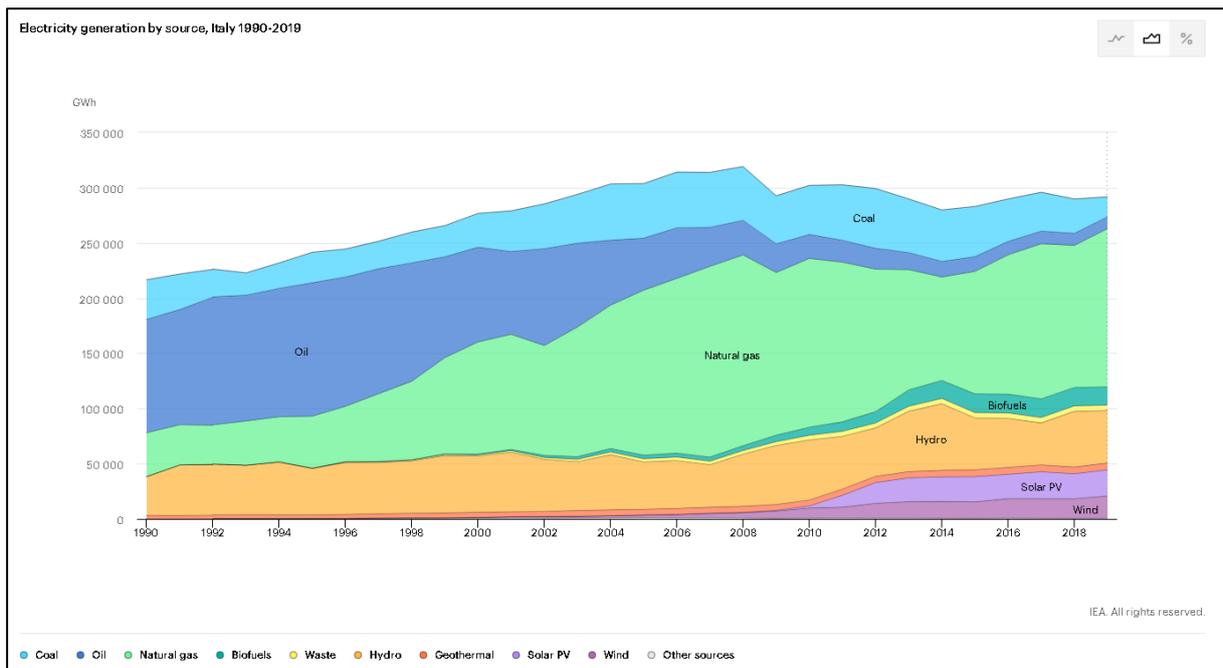


Figura 8 - Mix energetico italiano [3]

Come si può vedere nella Figura 9 nel nostro paese si hanno tre settori con consumi finali di energia equiparabili, il settore residenziale, il settore dei trasporti e il settore industriale, i quali generano circa 80% dei consumi nazionali ma con vettori energetici molto differenti fra loro, infatti, rispettivamente utilizzano maggiormente il gas metano, i prodotti petroliferi e l'energia elettrica.

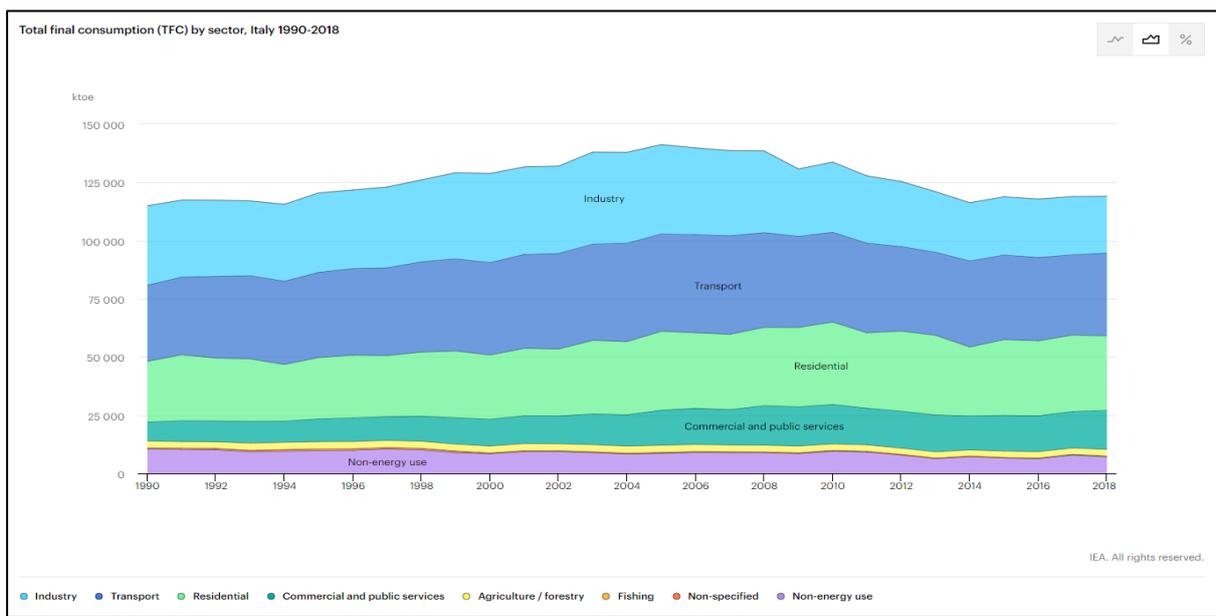


Figura 9 - Consumi finali per settore [3]

In Figura 10 sono riportati i consumi elettrici finali suddivisi per settore di utilizzo al fine di dimostrare le possibilità degli interventi di efficienza energetica, infatti, attuare politiche di sostegno per gli interventi di efficientamento energetico nel settore industriale risulta semplificato rispetto all'ambito residenziale in quanto, essendo minori gli utilizzatori finali, con un minor numero di interventi è possibile ottenere ottimi risultati, inoltre nel campo industriale ci sono i maggiori energivori i quali hanno ogni anno l'obbligo di effettuare interventi per ottemperare agli obiettivi fornitigli dallo stato italiano.

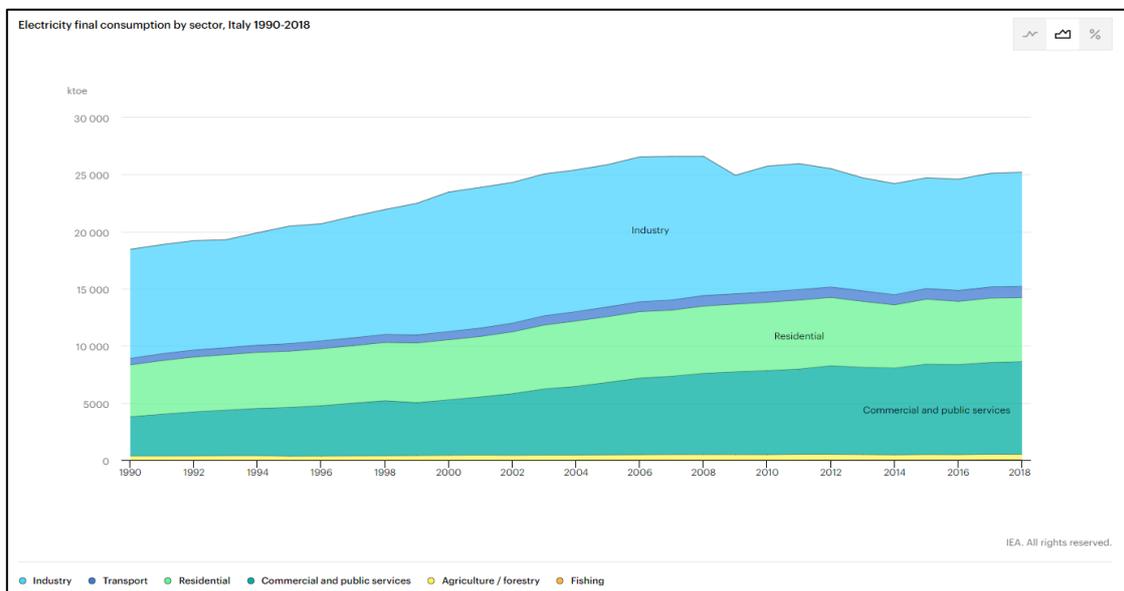


Figura 10 - Consumo elettrico italiano suddiviso per settori [3]

A scopo illustrativo in Figura 11 e 12 sono stati riportati rispettivamente i consumi di gas metano e dei prodotti petroliferi suddivisi per settore.

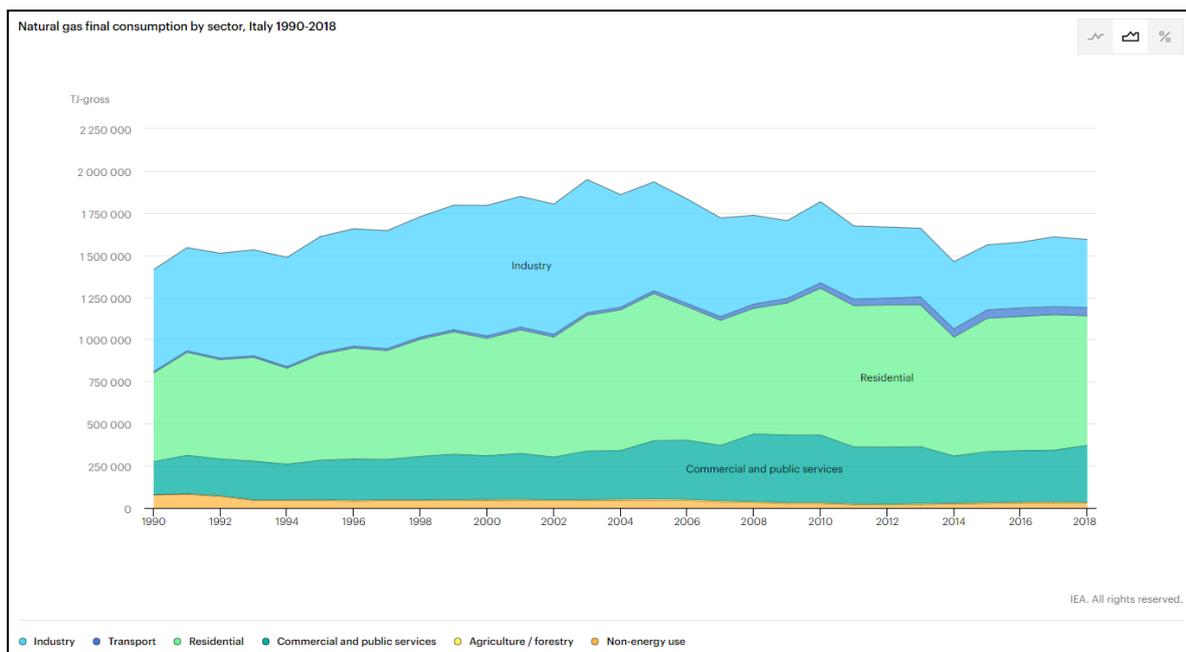


Figura 11 - Consumo italiano di gas metano suddiviso per settori [3]

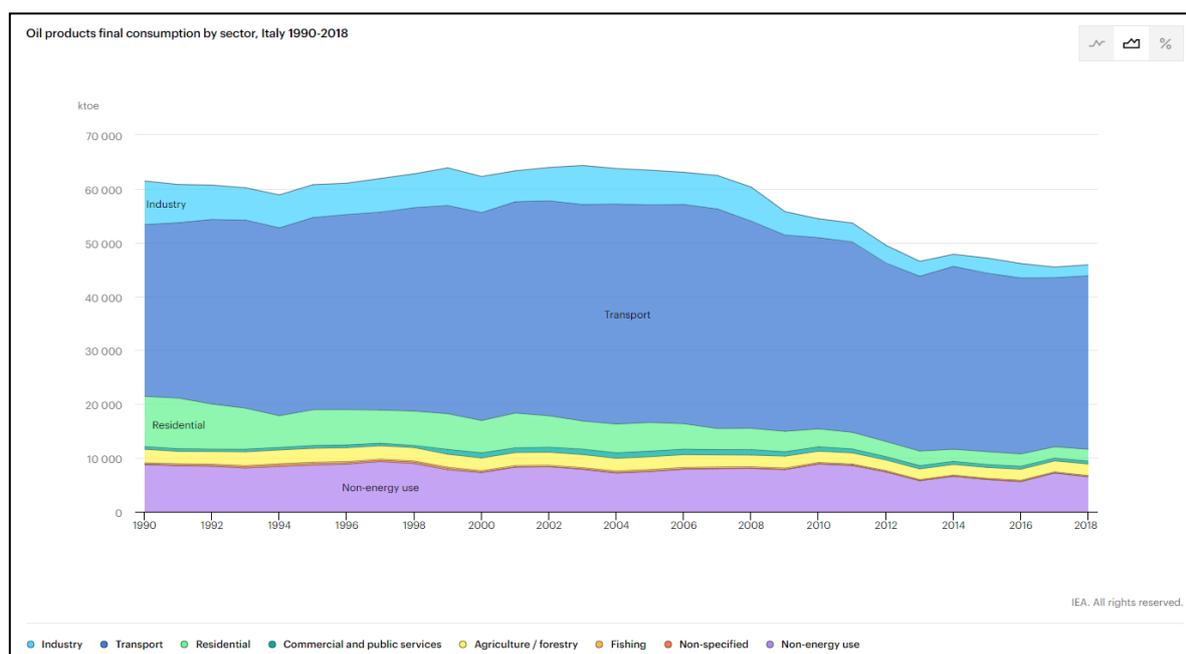


Figura 12 - Consumo italiano dei prodotti petroliferi suddivisi per settore [3]

1.1. Relazione annuale sull'efficienza energetica

Suddetta relazione è redatta ai sensi dell'articolo 24 del paragrafo 1 della direttiva 2012/27/UE, in cui vengono richiamati gli obiettivi di efficienza energetica da raggiungere nell'anno

2020. Come descritto dall' articolo 3 comma 1 del decreto legislativo n. 102 del 2014, gli obiettivi nazionali italiani equivalgono a un risparmio atteso di 20 Mtep/anno di energia primaria e 15,5 Mtep/anno di energia finale. Il consumo atteso in termini di energia primaria per l'anno 2020 è di 158 Mtep e di 124 Mtep di energia finale. Inoltre, tramite i dati Eurostat è possibile analizzare l'intensità energetica cioè l'indicatore grezzo del livello di efficienza energetica nazionale raggiunta nei diversi paesi nei vari anni la quale è il rapporto tra il prodotto interno lordo (PIL) e il consumo interno lordo di energia (CIL) [8]. La Figura 13 sotto riportata individua l'andamento decrescente dell'intensità energetica di alcuni paesi europei, l'Italia con un valore di 91,4 tep/M€ e una diminuzione del 2,4% rispetto al 2017 si conferma inferiore alla media europea che si attesta a 104,5 tep/M€, l'unico paese che attualmente ha un valore inferiore al nostro è il Regno Unito [9].

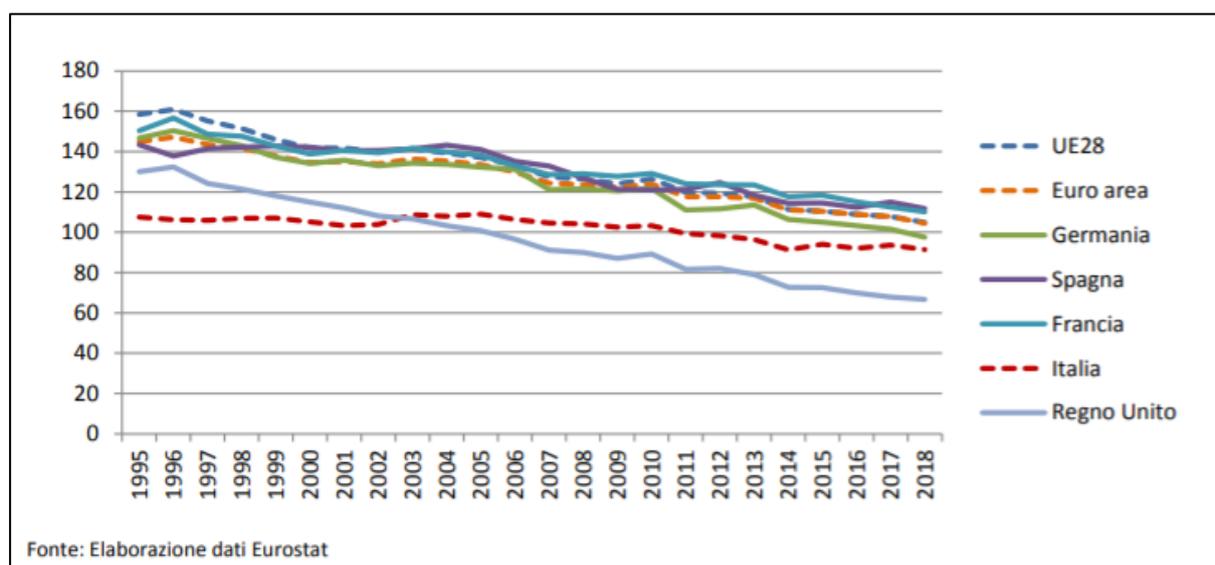


Figura 13 - Intensità energetica primaria di alcuni paesi UE28 [9]

Come dichiarato dal Ministero dello Sviluppo Economico *“l’obiettivo dell’Italia è quello di contribuire in maniera decisiva alla realizzazione di un importante cambiamento nella politica energetica e ambientale dell’Unione europea, attraverso l’individuazione di misure condivise che siano in grado di accompagnare anche la transizione in atto nel mondo produttivo verso il Green New Deal”* [10].

Attualmente, per la promozione dell'efficienza energetica, nel nostro paese sono presenti le seguenti dieci misure:

- il Piano Nazionale Integrato Energia E Clima (PNIEC), in cui vengono stabiliti gli obiettivi nazionali al 2030 sull'efficienza energetica, sulle fonti rinnovabili e sulla riduzione delle emissioni di CO₂, nonché tutte i pilastri della strategia dell'Unione dell'energia dove sono stati fissati come obiettivi vincolanti il risparmio di 51,44 Mtep di energia finale, mentre i meccanismi di incentivi proposti conducono a un risparmio stimato di 57,44 Mtep;
- i Certificati Bianchi sono titoli che certificano il conseguimento di risparmi negli usi finali di energia attraverso interventi e progetti di incremento dell'efficienza energetica; ogni certificato equivale al risparmio di una Tonnellata Equivalente di Petrolio (TEP). Sono il principale meccanismo di incentivazione dell'efficienza energetica nel settore industriale, delle infrastrutture a rete, dei servizi e dei trasporti, ma riguardano anche interventi realizzati nel settore civile, tramite cui il Gestore dei Servizi Energetici riconosce un certificato ogni TEP di risparmio conseguito grazie alla realizzazione dell'intervento;
- le agevolazioni fiscali consistono in detrazioni dall' Irpef (Imposta sul reddito delle persone fisiche) o dall'Ires (Imposta sul reddito delle società) ed è concessa quando vengono eseguiti interventi che aumentano il livello di efficienza energetica degli edifici esistenti, in particolare sulla riduzione del fabbisogno energetico per il riscaldamento, il miglioramento termico dell'edificio, l'installazione dei pannelli solari e la sostituzione degli impianti di climatizzazione invernale [11];
- il conto termico incentiva interventi per l'incremento dell'efficienza energetica e la produzione di energia termica da fonti rinnovabili per impianti di piccole dimensioni. I beneficiari sono principalmente le Pubbliche Amministrazioni, ma anche imprese e privati, che potranno accedere a fondi per 900 milioni di euro annui, di cui 200 destinati alle PA. Grazie al Conto Termico è possibile riqualificare i propri edifici per migliorarne le prestazioni energetiche, riducendo in tal modo i costi dei consumi e recuperando in tempi brevi parte della spesa

sostenuta. Recentemente, il Conto Termico è stato rinnovato rispetto a quello introdotto dal D.M. 28/12/2012, gli interventi che ne permettono l'accesso non sono cambiati, ma è stata semplificata la procedura per richiedere l'incentivo;

- il Fondo Nazionale per l'efficienza energetica che favorisce gli interventi necessari per il raggiungimento degli obiettivi nazionali di efficienza energetica, promuovendo il coinvolgimento di istituti finanziari, nazionali e comunitari, ed investitori privati sulla base di un'adeguata condivisione dei rischi. Gli interventi per cui è possibile richiedere l'intervento del fondo sono la riduzione dei consumi di energia nei processi industriali, la realizzazione e l'ampliamento di reti per il teleriscaldamento, l'efficientamento di servizi ed infrastrutture pubbliche, inclusa l'illuminazione pubblica e la riqualificazione energetica degli edifici [12];
- il Programma di Riqualificazione Energetica degli edifici della Pubblica Amministrazione Centrale (PREPAC) che ha come obiettivo quello di conseguire la riqualificazione energetica di almeno 3% annuo della superficie utile climatizzata [13];
- l'Ecobonus automotive per la mobilità sostenibile, oltre ad incentivare la transizione verso l'elettrico e i veicoli a ridotte emissioni, ha l'obiettivo di supportare il settore dell'automotive fortemente colpito dall'emergenza Covid-19. Vengono forniti incentivi per le fasce di emissione 0-20 g/km, 21-60 g/km e 61-135 g/km [14];
- il Programma triennale di informazione e formazione (PIF) è una campagna nazionale promossa dal Ministero dello Sviluppo Economico e realizzata dall'Agenzia Nazionale per l'Efficienza Energetica dell'ENEA, in applicazione dell'art.13 del D.lgs. 102/2014, finalizzata a promuovere un uso più consapevole ed efficiente dell'energia e fornire gli strumenti e le opportunità per realizzarli in modo di accelerare il processo di transizione energetica nel nostro Paese. La campagna "ITALIA IN CLASSE A" prevede una serie di attività di formazione e informazione rivolte alla Pubblica Amministrazione, alle grandi e piccole medie imprese, agli Istituti bancari, alle famiglie e agli studenti che sono state svolte dal 2016 al 2020 su tutto il territorio nazionale [15];

- la nuova Politica di coesione promuove interventi di efficienza energetica richiedendo alle Regioni e agli Stati membri di incanalare gli investimenti comunitari verso quattro settori chiave per la crescita economica e la creazione di nuovi posti di lavoro: ricerca e innovazione, tecnologie dell'informazione e della comunicazione (TIC), potenziamento della competitività delle piccole e medie imprese (PMI) e sostegno a favore della transizione verso un'economia a basso tenore di carbonio [16];
- il piano Nazionale d'Impresa 4.0 è un insieme di misure ed agevolazioni che hanno il principale obiettivo di favorire gli investimenti per l'innovazione e per la competitività delle imprese. Con Impresa 4.0 s'intende il processo industriale generato dalla "quarta rivoluzione industriale", cioè le trasformazioni apportate dalle tecnologie digitali applicate alla progettazione, produzione e distribuzione di prodotti industriali a livello globale, la quale contraddistingue il processo evolutivo che porterà l'industria delle cose e dei servizi verso la totale automatizzazione e interconnessione. Quindi la visione di Impresa 4.0 è che la produzione industriale non è più solo una sequenza di passi e fasi separate, ma i suoi processi sono inescindibilmente connessi al digitale. La connessione tra oggetti attraverso internet, assicurata oggi da sensori e attuatori sempre più piccoli e performanti (ovvero dispositivi in grado di collegare la componente digitale con quella meccanica) porta anche le industrie manifatturiere ad essere sempre più coinvolte in attività di servizio e rende il confine tra manifattura e servizi ogni giorno meno netto [17].

1.2. L'industria e l'efficienza

Come descritto nei capitoli precedenti il fine ultimo di tutte queste politiche implementate da livello globale a livello nazionale hanno lo scopo ultimo di mantenere la variazione di temperatura media al di sotto di +2°C rispetto alla livello preindustriale, infatti tale variazione sarebbe un disastro ambientale al quale non si potrebbe più riporre rimedio, quindi si può capire l'importanza di tutte le azioni intraprese negli ultimi anni e che verranno effettuate in futuro.

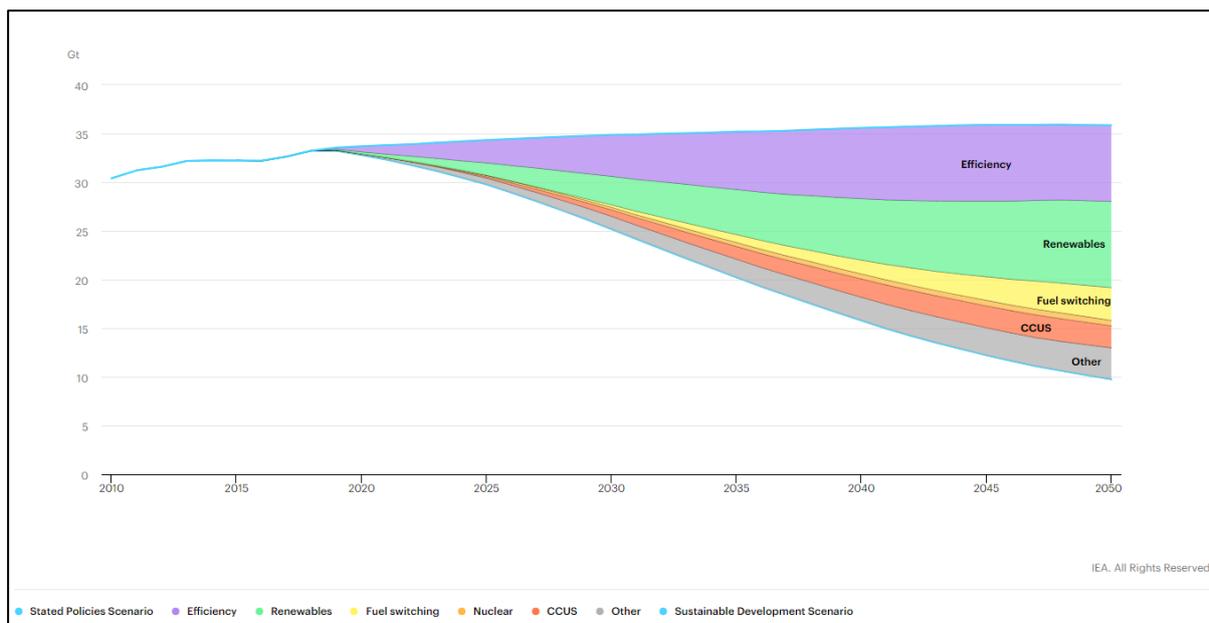


Figura 14 - Misure per la riduzione delle emissioni globali di CO₂ [3]

Come mostrato in Figura 14 gli interventi che comporterebbero maggiore riduzione delle emissioni di CO₂ globali sono l'aumento della produzione da fonte rinnovabile e gli interventi di efficienza; gli interventi di efficienza energetica permettono di ottenere una riduzione della quantità di CO₂ immediata ma generano progressi limitati verso un'economia carbon free mentre la ricerca di nuove fonti energetiche, come ad esempio la fusione nucleare potrebbe permettere di compiere un notevole avvicinamento verso questo lodevole obiettivo. Affinché le ricerche abbiano il tempo necessario per sviluppare nuove tecnologie affidabili e pronte all'utilizzo i suddetti interventi sono una soluzione tampone da utilizzare nell'immediato e dunque indispensabili. Nel settore industriale italiano, soprattutto in quello manifatturiero, ad eccezione delle applicazioni biomedicali, uno dei maggiori vettori energetici sfruttati in maniera non opportuna è l'aria compressa, nonostante sia uno dei vettori maggiormente incidenti sul consumo delle aziende. Nelle PMI (Piccole Medie Imprese) in molti casi non si ha idea di quanto la sala compressori influenzi i consumi ma soprattutto di quanta ne venga sprecata tramite perdite e utilizzi impropri. Questa tesi verterà sull'analisi degli impianti di produzioni di vettori energetici della società "Perardi e Gresino Srl".

2. Gli impianti per la generazione di vettori energetici

Nel settore industriale vi sono normalmente diverse tipologie di impianti:

- impianti di produzione che sono l'insieme di macchinari necessari per la produzione dei beni;
- gli impianti di trasformazione dei vettori energetici come le centrali termiche e le sale compressori;
- gli impianti di illuminazione fondamentali per il confort visivo.

Sebbene gli impianti di produzione di vettori energetici non comportino un utile diretto per le società sono direttamente responsabili del funzionamento degli impianti, soprattutto gli impianti di produzione dell'aria compressa risultano essere il cuore delle aziende senza il quale la produzione aziendale sarebbe inattiva.

Di seguito viene riportata una breve descrizione generale sugli impianti di generazione di vettori energetici e di illuminazione.

2.1. Reti di distribuzione dell'aria compressa

La rete dell'aria compressa, se progettato adeguatamente, è un sistema semplice ed efficiente per il trasporto di uno dei vettori energetici più utilizzati all'interno degli impianti industriali, infatti, viene anche considerato come la "quarta utility". Essa è presente in qualunque tipo di sito industriale, da quelli piccoli ai più grandi, il suo utilizzo comprende qualunque tipologia di macchinario sia piccoli che grandi ed in molti casi suddetto vettore è di così vitale importanza che senza non può essere eseguita l'attività produttiva.

Dal punto di vista pratico l'aria compressa non è una sostanza pura, infatti, al suo interno presenta vari contaminanti di diversa natura e stato fisico: liquidi (acqua e oli) e solidi (polveri).

Tra questi l'acqua, in particolare, è presente nell'aria atmosferica in forma di vapore acqueo e quando l'aria viene compressa ne provoca la condensazione che passa quindi allo stato liquido il quale può causare corrosione e danneggiare il prodotto finale.

Nei compressori lubrificati inevitabilmente l'aria si contamina con l'olio ma anche l'aria prodotta da compressori non lubrificati può contenere tracce di olio aspirate dall'atmosfera, in entrambi i casi l'olio presente nell'aria compressa può essere allo stato liquido, aerosol, vapore.

La quantità di particelle solide presenti nell'atmosfera si possono stimare attorno ad un valore di 150 milioni per ogni metro cubo, tra queste i solidi con dimensioni minori di dieci micron non possono essere trattenuti da filtri in aspirazione quindi vengono immesse nel circuito aria compressa.

Nelle applicazioni industriali l'aria compressa è utilizzata in diversi ambiti e la tipologia di utilizzo condiziona le scelte progettuali dai sistemi filtranti ai sistemi di abbattimento e trattamento.

La principale scelta progettuale è data dalla presenza o meno di olio all'interno dell'aria stessa, questa scelta viene eseguita in base alla tipologia di utilizzo dell'aria; in Figura 15 si riportano i principali utilizzi dell'aria compressa.

ARIA PER USO GENERICO PRIVA DI OLIO	ARIA DI ELEVATA QUALITA' PRIVA DI OLIO
> Protezione generale di reti ad anello	> Soffiaggio di materie plastiche, a es. contenitore in PET
> Prefiltrazione per essiccatori d'aria ad adsorbimento	> Lavorazione di pellicole
> Automazione di impianti	> Strumentazione critica
> Logistica aerea	> Applicazioni pneumatiche avanzate
> Utensili pneumatici	> Interruttori ad aria compressa
> Strumentazione generale	> Camere di decompressione
> Stampaggio di metalli	> Produzione di cosmetici
> Fucinatura	> Laser e sistemi ottici
> Assemblaggio industriale in generale (senza tubazioni esterne)	> Robotica
> Trasporto pneumatico motori ad aria	> Verniciatura a spruzzo
> Officine (utensili)	> Cuscinetti pneumatici
> Officine meccaniche (gonfiaggio pneumatici)	> Spurgo di condotti
> Sistemi di termoregolazione	> Apparecchiature di misura
> Pistole di soffiaggio	> Pretrattamento per generazione di gas on-site
> Attrezzature di calibrazione	
> Miscelazione di materie prime	
> Sabbiatura / pallinatura	

Figura 15 - Principali usi industriali dell'aria compressa [19]

La norma di riferimento per la qualità dell'aria è la ISO 8573 che raggruppa gli standard internazionali relativi alla qualità (o purezza) dell'aria compressa ed è suddivisa in nove parti, di cui la parte 1 specifica i requisiti di qualità per l'aria compressa mentre le parti 2-9 i metodi di prova per i vari contaminanti. La ISO 8573-1 è il documento principale della serie ISO 8573, poiché specifica il livello di contaminazione ammesso in ogni metro cubo di aria compressa ed elenca i contaminanti principali come particolato solido, acqua e olio. I livelli di purezza per ogni contaminante vengono riportati nella Figura 16.

TABELLA 1: CONTAMINAZIONE ISO 8573:2010							
Classe ISO 8573-1 2010	Particolato solido				Acqua		Olio
	Numero massimo di particelle per m ³			Concentrazione massa mg/m ³	Punto di rugiada in pressione	Concentrazione liquido g/m ³	Olio totale (aerosol liquido e vapore) mg/m ³
	0,1-0,5 micron	0,5-1 micron	1-5 micron				
0	In base alle specifiche dell'utilizzatore o del fornitore dell'apparecchiatura e più restrittivo rispetto alla classe 1						
1	≤ 20.000	≤ 400	≤ 10	-	≤ -70°C	-	≤ 0,01
2	≤ 400.000	≤ 6.000	≤ 100	-	≤ -40°C	-	≤ 0,1
3	-	≤ 90.000	≤ 1.000	-	≤ -20°C	-	≤ 1
4	-	-	≤ 10.000	-	≤ +3°C	-	≤ 5
5	-	-	≤ 100.000	-	≤ +7°C	-	-
6	-	-	-	0 < Cp ≤ 5	≤ +10°C	-	-
7	-	-	-	5 < Cp ≤ 10	-	Cw ≤ 0,5	-
8	-	-	-	-	-	0,5 < Cw ≤ 5	-
9	-	-	-	-	-	5 < Cw < 10	-
X	-	-	-	Cp > 10	-	Cw > 10	> 5

Figura 16 - Classi di inquinanti secondo la ISO 8573:2010 [19]

In conformità alla norma ISO8573-1, per specificare la purezza dell'aria occorre sempre indicare la norma seguita dalla classe di purezza scelta per ogni contaminante, solido, acqua ed olio totale. Come indicato nella figura sopra riportata, per la classe 0 viene richiesto che l'utilizzatore ed il produttore dell'apparecchiatura concordino il livello di contaminazione come parte scritta di una specifica sulla qualità dell'aria, tali livelli di contaminazione devono essere misurabili con le apparecchiature ed i metodi di prova previsti dalla ISO 8573 parti 2-9, inoltre, per essere conforme allo standard devono essere riportati in tutta la documentazione.

Gli impianti per la produzione e la distribuzione dell'aria compressa sono tra gli impianti di stabilimento e di cantiere più importanti, infatti l'aria rappresenta il fluido per l'azionamento di macchine e utensili, per il trasporto di materiali, per l'azionamento di servocomandi e per sistemi di regolazione.

Per l'azionamento degli utensili si preferisce utilizzare l'aria compressa per ragioni di sicurezza e per avere utensili più semplici ed economici o con impieghi particolari, anche se le tubazioni dell'aria riducono la maneggevolezza ed il loro rendimento è talora piuttosto basso (rendimenti complessivi

intorno al 10%) e si opera con pressioni di 4÷8 bar. Pressioni non molto superiori si utilizzano invece per l'azionamento di servocomandi, mentre nel campo della regolazione si utilizzano pressioni più basse circa 3÷15 psi (0,2÷1 bar). [19]

Nelle applicazioni industriali la rete dell'aria compressa rappresenta un servizio generale e, come l'impianto elettrico ed idrico, dev'essere opportunamente dimensionato ed installato. Il tipo di impianto può variare con l'uso e le applicazioni, ma in ogni caso bisogna soddisfare le seguenti esigenze: minimizzare le perdite di pressione tra il compressore e gli utilizzatori, minimizzare le perdite di aria, garantire una buona separazione della condensa se l'impianto non ha essiccatori, garantire la buona resistenza strutturale di tutti i componenti utilizzati (valvole, serbatoi, tubi, ecc.). I primi tre punti sono di tipo funzionale e sono di pertinenza del progettista dell'impianto, mentre l'ultimo punto, che coinvolge la protezione dell'impianto contro il pericolo di scoppi, coinvolge anche gli Enti di sicurezza preposti.

Gli impianti di aria compressa sono tipicamente composti da vari componenti quali:

- i compressori, cuore pulsante di suddetto impianto e responsabili della generazione dell'aria compressa, di cui esistono due famiglie principali: i dinamici e i volumetrici composti rispettivamente da compressori centrifughi e assiali i quali sfruttano fenomeni aerodinamici per aumentare la pressione del fluido, e compressori alternativi e volumetrici che generano l'aumento della pressione tramite la riduzione del volume in cui è presente il fluido;
- gli essiccatori, i quali hanno il compito fondamentale di eliminare il vapore acqueo presente nell'aria compressa la quale causerebbe la corrosione dei componenti degli utilizzatori finali arrecando un aumento del rischio aziendale;
- i sistemi filtranti, elementi fondamentali per mantenere in salute e in condizioni di massima efficienza i compressori e gli utilizzatori, permettono di rimuovere le particelle solide presenti in aria e normalmente sono posizionati sulla tubazione di ingresso dell'aria

per evitare l'ostruzione del compressore stesso, esiste poi una seconda tipologia di filtro che può essere presente ed installata dopo il compressore e funge da separatore di oli e condensa;

- i serbatoi che hanno la funzione di immagazzinare l'aria in punti strategici per migliorare il rendimento dell'impianto e di rendere possibile il funzionamento dei compressori con tipologia di regolazione on/off. Negli impianti con un elevato consumo orario la dimensione di suddetti serbatoi è elevata e la loro funzione diventa di attenuazione dei picchi di consumo;
- l'intercooler che è il componente dedicato alla realizzazione dell'interrefrigerazione (in inglese intercooling), la quale è una particolare tecnica finalizzata a diminuire il lavoro del compressore. l'intercooling consiste nel frazionare la compressione dove ad una prima compressione segue un raffreddamento isobaro, dopodiché l'aria viene compressa nuovamente. Suddetta riduzione del lavoro di compressione non è gratuita ma è ottenuta a scapito dell'aumento del calore entrante nel ciclo;
- il recuperatore di calore ha la funzione di recuperare l'energia termica che viene generata nella compressione specialmente nei compressori volumetrici i quali, a causa della tipologia di compressione, generano un elevata quantità di calore e richiedono un intercooler per migliorare l'efficienza di compressione; il calore recuperato può essere sfruttato in altri modi come ad esempio il riscaldamento di acqua calda sanitaria da utilizzare all'interno dello stesso stabilimento.
- i sistemi di controllo hanno la funzione di monitorare e gestire la rete di aria compressa al fine di mantenere efficiente l'impianto e possono essere valvole di chiusura di un ramo, sistemi di misura della pressione e della portata;
- gli utilizzatori sono tutti i punti in cui viene consumata l'aria compressa, che siano macchinari o pistole d'aria compressa. [20]

In figura 17 è riportato uno schema esemplificativo di una rete di aria compressa in cui sono raggruppati le componenti tipiche della rete.

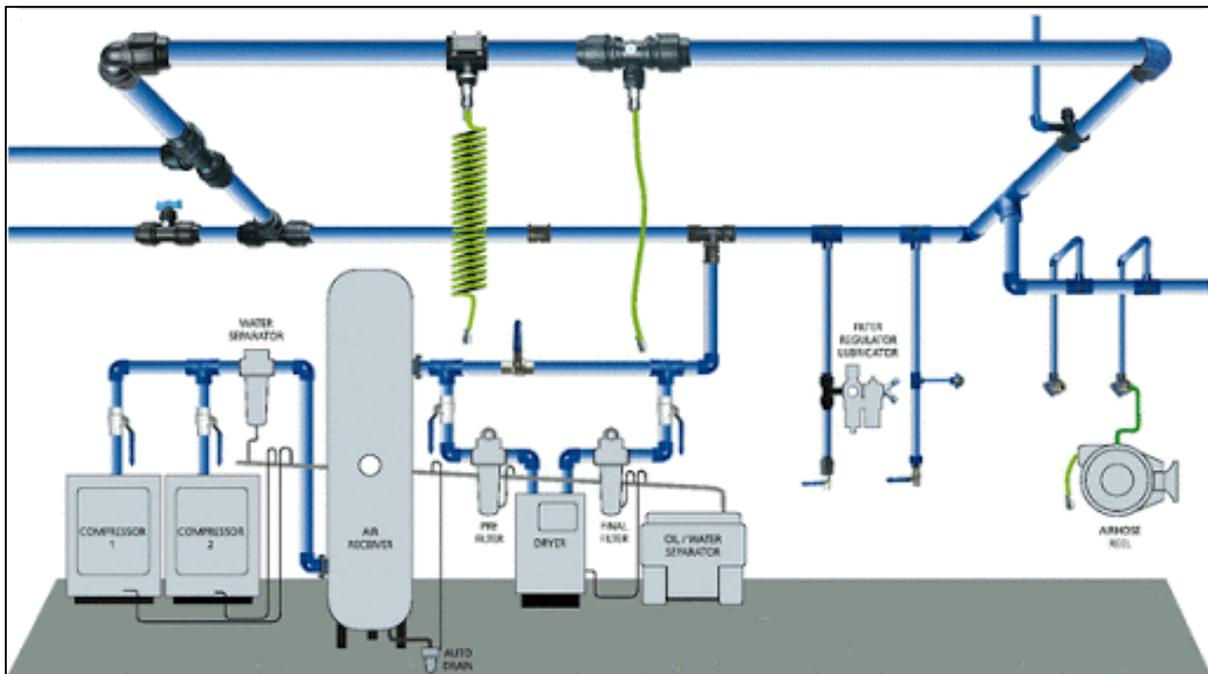


Figura 17 - Esempio schema di impianto aria compressa [20]

2.2. Impianti termici

Gli impianti termici sono definiti nella legge 90/2013 come un “impianto tecnologico destinato ai servizi di climatizzazione invernale o estiva degli ambienti, con o senza produzione di acqua calda sanitaria, indipendentemente dal vettore energetico utilizzato, comprendente eventuali sistemi di produzione, distribuzione e utilizzazione del calore nonché gli organi di regolarizzazione e controllo e gli impianti individuali di riscaldamento. Non sono considerati impianti termici apparecchi quali: stufe, caminetti, apparecchi di riscaldamento localizzato ad energia radiante, suddetti apparecchi, se fissi, sono tuttavia assimilati agli impianti termici quando la somma delle potenze nominali del focolare degli apparecchi al servizio della singola unità immobiliare è maggiore o uguale a 5 kW. Inoltre, non sono considerati impianti termici i sistemi dedicati esclusivamente alla produzione di acqua calda sanitaria al servizio di singole unità immobiliari ad uso residenziale ed assimilate”. Nelle attività industriali gli

impianti termici hanno due obiettivi principali: fornire il calore necessario al processo produttivo e il calore richiesto per mantenere il comfort termico interno.

Per gli impianti termici è richiesta la compilazione di un libretto di impianto che deve essere presentato al catasto regionale degli impianti termici il quale, tramite codice univoco dell'impianto, stabilisce un legame inequivocabile tra edificio ed impianto stesso. Suddetto libretto deve essere conservato dal responsabile dell'impianto e deve essere trasmesso per via telematica al catasto regionale degli impianti termici.

Inoltre, il decreto del Presidente della Repubblica 74/2013 prevede che gli impianti termici siano sottoposti a controlli periodici per assicurare il mantenimento di elevati livelli di sicurezza e delle prestazioni dell'impianto al fine di poter programmare ed effettuare eventuali interventi di manutenzione necessari. La predisposizione delle istruzioni relative al controllo periodico degli impianti ai fini della sicurezza con l'indicazione dei controlli da effettuare e della relativa frequenza è un compito dell'installatore per i nuovi impianti e del manutentore per gli impianti esistenti. Tali soggetti devono tenere conto delle istruzioni fornite dai fabbricanti dei singoli apparecchi e componenti, ove disponibili.

Gli interventi di controllo e manutenzione devono essere eseguiti a regola d'arte, da operatori abilitati secondo il Decreto Ministeriale 37/2008 e da quant' altro previsto dalla normativa vigente per la qualificazione professionale di tale categoria. L'operatore, al termine dell'intervento, ha inoltre l'obbligo di effettuare un controllo di efficienza energetica (sono esclusi gli impianti alimentati a fonti rinnovabili) sugli impianti termici di climatizzazione invernale di potenza termica utile nominale maggiore di 10 kW e sugli impianti di climatizzazione estiva di potenza termica utile nominale maggiore di 12 kW.

I controlli di efficienza energetica a cura dell'istallatore devono inoltre essere effettuati:

- all'atto della prima messa in esercizio dell'impianto;
- nel caso di sostituzione degli apparecchi del sottosistema di generazione;

- per interventi che non rientrano tra quelli periodici, ma tali da poter modificare l'efficienza energetica.

Nei casi in cui è obbligatorio effettuare il controllo di efficienza energetica il rendimento di combustione non deve essere inferiore ai valori riportati nell'allegato B del Decreto del Presidente della Repubblica 74/2013, se tali prescrizioni non risultano rispettate dovranno essere effettuati tutti gli interventi necessari per ricondurre i valori nei limiti previsti oppure dovrà essere sostituito il sistema di generazione entro 180 giorni dalla data del controllo. [21]

2.2.1 Le caldaie a condensazione

Attualmente a livello normativo la tecnologia minima richiesta per l'installazione di un nuovo impianto o di ammodernamento di un vecchio impianto è la caldaia a condensazione la quale è una tecnologia ormai consolidata, infatti la prima risale al 1961, tuttavia è solo dal 26 settembre 2015 che vi è l'obbligo di immettere sul mercato solo caldaie a condensazione anche se non vi è nessun obbligo di sostituzione finché sono rispettati i limiti normativi imposti per legge.

La caldaia a condensazione permette di ottenere una quantità di calore superiore rispetto a una caldaia tradizionale in quanto è costruita in maniera tale da recuperare la quota di calore latente presente nei fumi in uscita. Nonostante lo schema funzionale delle caldaie a condensazione sia relativamente semplice permette di incrementare il rendimento della caldaia di circa il 15% rispetto a una tradizionale ad altro rendimento, infatti, una caldaia tradizionale ha rendimenti che si attestano intorno al 90-93 % mentre quelle a condensazione si attestano tra il 105-109 %. Il principio di funzionamento di queste caldaie si basa sulla riduzione della temperatura di uscita dei fumi permettendo di estrarre una quantità superiore di energia dal combustibile.

In Figura 18 sono riportati due tipologie di schemi di impianto di caldaie a condensazione, dove 1 rappresenta l'entrata del gas, 2 l'entrata dell'aria, 3 l'uscita dei fumi, 4 l'acqua di ritorno dai radiatori, 5 l'acqua di mandata ai radiatori e 6 lo scarico della condensa. Nelle caldaie a condensazione, avendo temperature dei fumi inferiori alla temperatura di rugiada (56 °C) a differenza delle caldaie tradizionali

le quali grazie all'elevata temperatura dei fumi in uscita non necessitano di un elettroventilatore per espellerli in quanto sfruttano il fenomeno del tiraggio, il fenomeno di tiraggio statico non è più sufficiente all'espulsione dei fumi e richiedono il sussidio di un ventilatore, ulteriore differenza è la necessità di utilizzare materiali costruttivi resistenti alla corrosione.

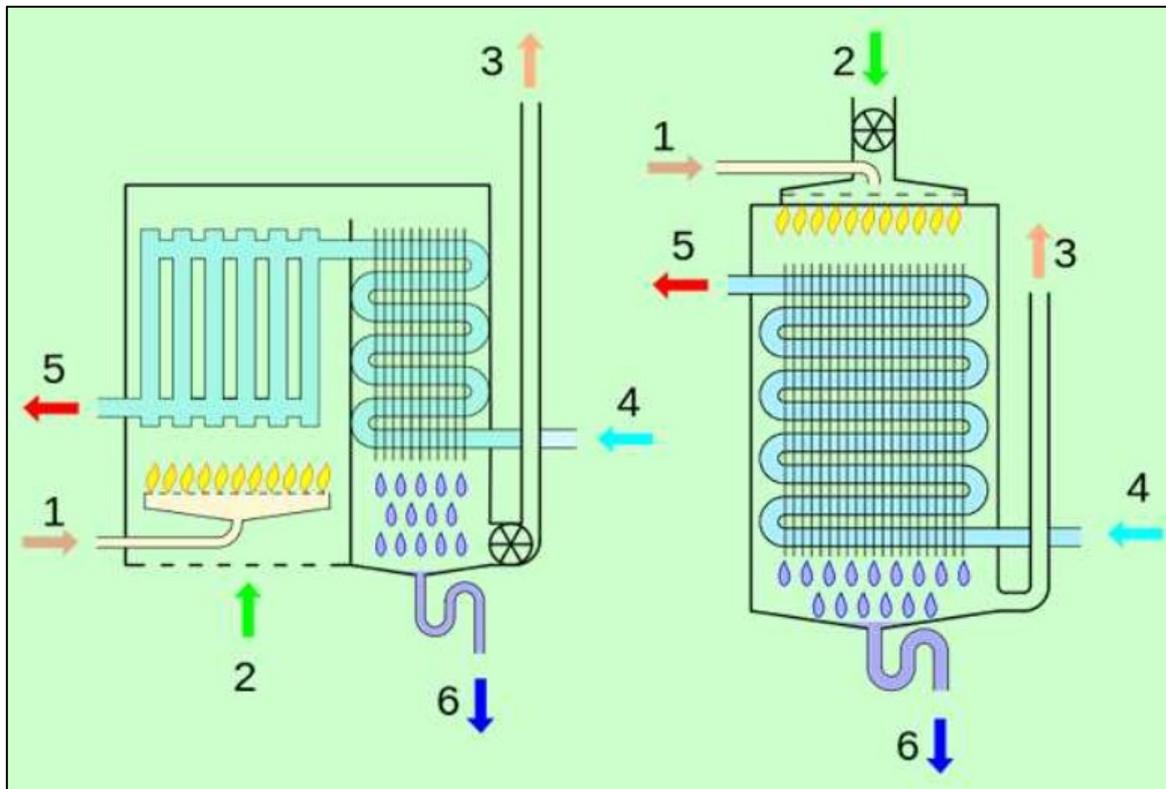


Figura 18 - Schemi funzionali caldaie a condensazione [23]

Altre tecnologie installabili negli impianti termici per aziende e privati sono il solare termico e le pompe di calore, due tecnologie che permettono di ridurre o annullare i consumi di carburanti fossili sfruttando tecnologie alternative per la produzione di calore. [22]

2.2.2 Le pompe di calore

La pompa di calore è un dispositivo che consente di trasferire calore da un sistema con una certa temperatura ad un sistema a temperatura superiore, in questo modo si rende utile per il riscaldamento l'energia derivante dal raffreddamento di qualsiasi sistema più freddo di quello da riscaldare. Questo non solo non contrasta con il primo principio della termodinamica dal momento che

la quantità di calore che arriva al sistema a più alta temperatura è fornita a spese del sistema a più bassa temperatura, ma neanche con il secondo principio, in quanto è vero che il calore tende a trasferirsi spontaneamente da un corpo più caldo ad uno più freddo però è possibile, fornendo lavoro, invertire il senso del trasferimento del calore dal più freddo verso il più caldo.



Figura 19 - Schema esemplificativo del funzionamento di una pompa di calore

Le pompe di calore sfruttano quel calore che normalmente è considerato calore non utilizzabile, ovvero uno "scarto", ma l'ambiente naturale è ricco di questa forma di calore infatti è presente nell'acqua, nell'aria e nel terreno. Ognuna di queste fonti di calore comporta vantaggi e svantaggi differenti ad esempio l'aria ha come vantaggio principale la semplicità d'installazione, infatti con la creazione di un apposito impianto ne permette l'installazione sui singoli tetti, cioè luoghi in cui si ha elevata areazione, gli svantaggi sono la necessità di sbrinamento e la sorgente fredda a temperatura variabile. L'acqua ha come vantaggi scambiatori ad efficienza maggiore rispetto a quelli ad aria, come la sorgente fredda a temperatura costante e la non necessita di sbrinamento, ma ha come svantaggi che gli impianti hanno una maggiore complessità e richiedono delle autorizzazioni per la realizzazione in quanto possono avere un elevato impatto ambientale. L'ultimo ma non meno

importante è il terreno il quale presenta gli stessi vantaggi dell'acqua ma come svantaggio un elevato costo realizzativo del campo sonde. [23]

Le pompe di calore sono suddivise in tre categorie principali:

- a compressione, possono essere alimentate da un motore elettrico o da un motore a gas;
- ad assorbimento le quali sfruttano la solubilità e l'elevata affinità tra due sostanze, di cui una funziona da refrigerante e l'altra da assorbente, per realizzare un ciclo dove l'energia introdotta è prevalentemente termica e il lavoro meccanico è pari a circa l'1% del calore introdotto nel generatore;
- ad adsorbimento il cui funzionamento è basato sulla capacità di alcuni solidi porosi (es. zeoliti, gel di silice, ecc.) di assorbire reversibilmente vapori non dannosi per l'ambiente (es. acqua).

La norma di riferimento per le pompe di calore con compressore elettrico è la "UNI EN 14511:2018" e si suddivide in 4 parti:

- 1) termini e definizioni;
- 2) condizioni di prova;
- 3) metodi di prova;
- 4) requisiti.

Il grande svantaggio della tecnologia delle pompe di calore rimangono i costi di installazione che richiedono ancora oggi un elevato investimento iniziale per questo motivo, nonostante gli incentivi, molte aziende preferiscono l'installazione di caldaie a condensazione. [24]

2.2.3 I collettori solari

L'ultima tecnologia per la produzione di vettori termici è il collettore solare i quali sono tubi a vuoto o piani vetrati per la produzione di acqua calda, è un semplice scambiatore di calore che ha lo scopo di trasferire l'energia radiante del sole a un fluido termovettore.

Suddetti impianti vengono classificati in due tipologie differenti:

- ad alta temperatura, con temperature maggiori di 250 °C, sono i sistemi a concentrazione, anche detti CSP, questi impianti richiedono una radiazione diretta normale maggiore di 2000 kWh/m² per cui possono essere installati solo in determinate zone del mondo come mostrato in Figura 20. Questa tipologia di impianti permette di produrre energia elettrica tramite la fornitura di calore ad alta temperatura ad un impianto basato su un normale ciclo termodinamico. I vantaggi di questi impianti sono l'elevata efficienza, la possibilità di produrre in continuo grazie all'integrazione di sistemi di accumulo termici giornalieri e l'integrazione con gli impianti tradizionali. Di contro gli svantaggi sono la necessità di ampi spazi per l'installazione dell'impianto, la necessità di impianti che possano seguire il movimento solare e l'utilizzo della sola componente diretta. La Figura 20 evidenzia un ulteriore problema in quanto suddetti impianti richiedono elevate quantità di acqua per il raffreddamento dei condensatori circa 3-4 litri ogni kWh prodotto mentre i posti ideali per l'istallazione risultano essere le zone più aride del pianeta.

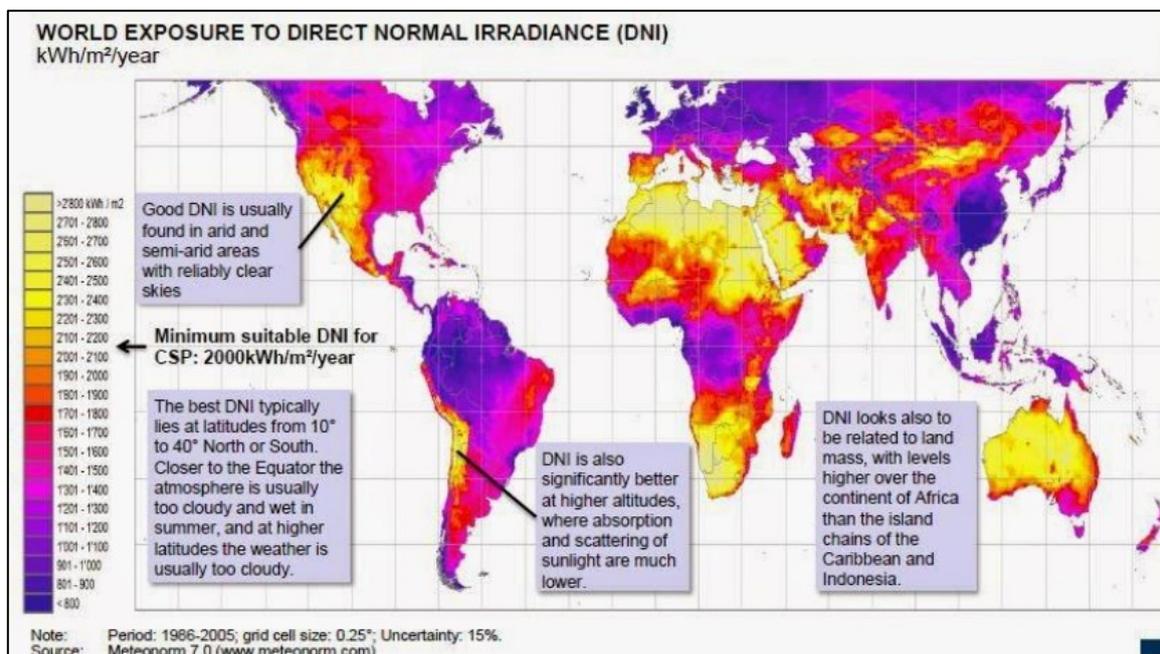


Figura 20 - Mappa dei luoghi idonei al CSP [23]

- a bassa temperatura, con temperature minori di 120 °C, questi impianti vengono utilizzati principalmente per la produzione di acqua calda sanitaria (ACS) e per il riscaldamento degli ambienti. Questa tipologia di impianti si suddivide in impianti a circolazione naturale o forzata in funzione della presenza o meno di una pompa di circolazione, quelli maggiormente in uso sono quelli a circolazione forzata. Questi ultimi possono essere ulteriormente suddivisi in circuiti chiusi o aperti, quelli a circuito aperto sono quelli a maggiore efficienza e minor costo di investimento dovuto all'assenza di uno scambiatore di calore ma richiedono una maggiore manutenzione e sono maggiormente soggetti a guasti principalmente dovuti al freddo e alle incrostazioni.

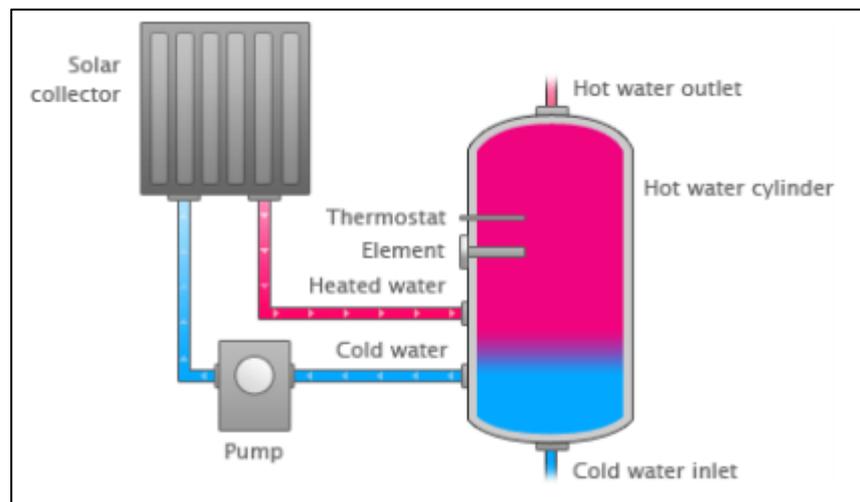


Figura 21 - Schema impianto a collettore solare a circuito aperto [23]

Al contrario gli impianti a circuito chiuso richiedono maggiore costo di investimento e soprattutto la presenza di uno scambiatore che causa una riduzione dell'efficienza complessiva del sistema, ma non sono soggetti a guasti dovuti ad usura o congelamento, nonostante gli svantaggi sono quelli maggiormente installati soprattutto per i ridotti costi di manutenzione. Le principali componenti di questa tipologia di impianto sono:

- il collettore solare il quale ha il compito di trasformare la radiazione solare in energia termica;

- la pompa di circolazione che ha il compito di mettere e mantenere in movimento il fluido termovettore per evitare il fenomeno di stagnazione e causare problemi al collettore stesso;
- il sistema ausiliario che ha lo scopo di supportare l'impianto solare in caso di un maggiore fabbisogno o in presenza di lunghi periodi di assenza di radiazione diretta e normalmente è costituito da una caldaia a gas;
- gli scambiatori che devono permettere lo scambio termico tra il fluido termovettore e l'acqua calda sanitaria dove in caso di presenza di un sistema ausiliario vi è la necessità di un secondo scambiatore;
- il vaso di espansione che deve permettere le variazioni di volume del fluido dovute alla variazione di temperatura tra mandata e ritorno del circuito;
- l'accumulo termico che ha lo scopo di garantire la presenza di acqua calda anche nei periodi notturni o in quelli con assenza di radiazione sufficiente al riscaldamento del fluido, essi sono generalmente dimensionati per sopperire al fabbisogno di due o tre giorni, in caso di prolungamento entra in azione il sistema ausiliario. [23]

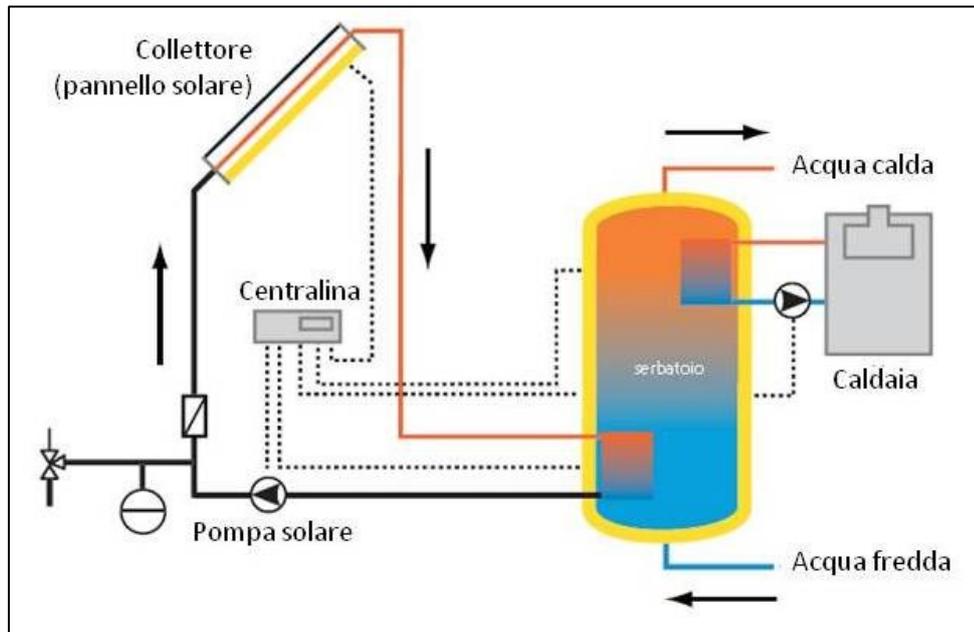


Figura 22 - Schema impianto a collettore solare a circuito chiuso

2.3. Sistemi d'illuminazione

I sistemi d'illuminazione sono sistemi fondamentali per il benessere visivo negli ambienti interni ed esterni in quanto per gli utenti si riflette sia nell'ambito della sicurezza sul lavoro sia sulla salute visiva.

Le normative nell'ambito dell'illuminazione sono molteplici:

- **UNI EN 12665-2004:** Luce e illuminazione. Termini fondamentali e criteri per i requisiti illuminotecnici;
- **UNI EN 12464-1-2011:** Luce e illuminazione. Illuminazione dei posti di lavoro – Parte 1: Posti di lavoro in interni;
- **UNI 10530-1997:** Principi di ergonomia della visione. Sistemi di lavoro ed illuminazione;
- **UNI 10840-2007:** Locali scolastici. Criteri generali per l'illuminazione artificiale e naturale;
- **UNI EN 1838-2013:** Illuminazione d'emergenza;
- **UNI EN ISO 9241-6-2001:** Requisiti ergonomici per il lavoro di ufficio con videoterminali (VDT). Parte 6: Guida sull'ambiente di lavoro.

La norma principale per la progettazione nei posti di lavoro in interni è la UNI EN 12464-1-2011, la quale specifica tutti i requisiti necessari alle esigenze di comfort visivo e di prestazione visiva. Essa descrive i parametri principali che caratterizzano l'ambiente luminoso:

- la distribuzione delle luminanze;
- l'illuminamento;
- la direzione della luce;
- la variabilità della luce;
- la resa dei colori e il colore apparente della luce;
- l'abbagliamento;
- lo sfarfallamento.

Le sorgenti di luce possono essere classificate in tre famiglie principali: ad incandescenza, a scarica di gas, a stato solido. Della prima famiglia fanno parte le lampade a incandescenza e le alogene ma dal 2009 hanno cominciato a proibire la vendita delle lampade a incandescenza con potenza maggiore di 100 W fino a quando nel 2012 è stata proibita la vendita per tutte le potenze secondo la direttiva europea "Energy Using Products -2005/32/EC"; le lampade alogene invece sono andate fuori mercato avendo perso la sfida tecnologica con le lampade a scarica di gas. Della famiglia a scarica di gas fanno parte tutte le tipologie in cui la radiazione luminosa è provocata dagli urti reciproci di particelle, cariche elettricamente di un gas o un vapore, queste tipologie sono tutt'ora sul mercato visto il basso costo di produzione, l'elevata durata e le ottime prestazioni. Della famiglia a stato solido fanno parte i LED (Light Emitting Diodes) i quali sono di gran lunga la tecnologia più interessante e recente, infatti rappresentano il sistema di illuminazione più efficiente e con la vita utile maggiore di qualsiasi altra tecnologia che secondo prove di laboratorio risulta essere compresa tra 6 e 10 anni. Il difetto dei LED è causato dai costi mediamente più elevati anche se negli ultimi anni sono notevolmente diminuiti e quindi grazie all'efficienza luminosa elevata risulta essere la tecnologia di maggiore interesse nel caso in cui si predisponga una nuova installazione o la sostituzione di un sistema esistente.[25][26]

3. Perardi e Gresino

La seguente trattazione si occuperà di analizzare gli impianti produttivi della società “Perardi e Gresino Srl”, in seguito denominata “PEG”, situata in Via del Maglio, 1/A, 10083 Favria TO, costituita da una zona uffici, una zona produttiva e una zona magazzino.



Figura 23 - Vista dall'alto degli impianti

L'azienda fondata nel 1954 produce componenti per autoveicoli da 65 anni, nel 1998 ha installato la prima linea completamente automatizzata e dotata di robot e da allora ha continuato ad investire in nuove linee robotizzate cercando di seguire lo sviluppo delle nuove tecnologie presenti sul mercato e le necessità dei clienti.

Nella foto aerea, Figura 23, sono visibili diverse tipologie di tetti in quanto l'azienda si è ampliata nel tempo portando alla costruzione di nuovi capannoni per permettere la trasformazione e l'installazione di nuove linee; questi ampliamenti hanno però portato a delle imperfezioni nella progettazione della rete di aria compressa che saranno analizzate nei capitoli seguenti.

I principali settori lavorativi della “PEG” sono quello automobilistico, dei trasporti pesanti su ruote ovvero i veicoli commerciali e camion per un totale del 52% degli ordini e quello agricolo per una percentuale del 27% oltre al 10% per pezzi utilizzati nel settore delle costruzioni.

L’applicazione principale dei prodotti della società all’interno di suddetti settori sono i motori (volani, pulegge, anelli e spaziatori) ed è specializzata nella lavorazione ad alta precisione di ghisa lamellare, ferro duttile e acciaio per macchinari, lavorazioni che vengono effettuate per asportazione a freddo del materiale grezzo; nel 2015 la società aveva all’attivo oltre 1000 prodotti di cui 600 tipi di volani.

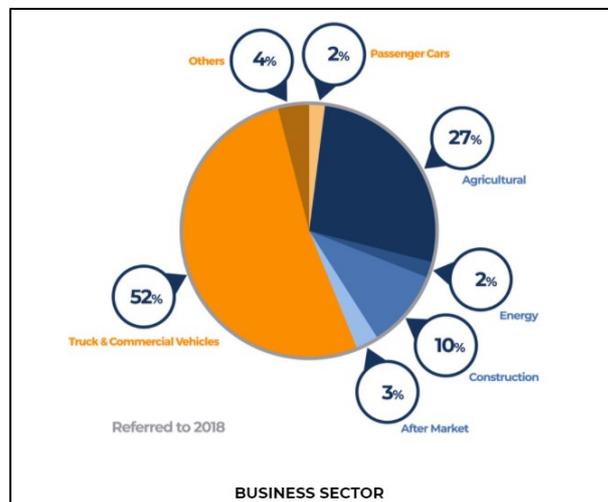


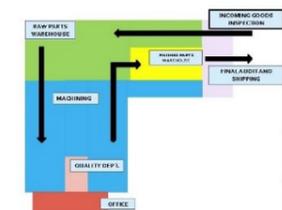
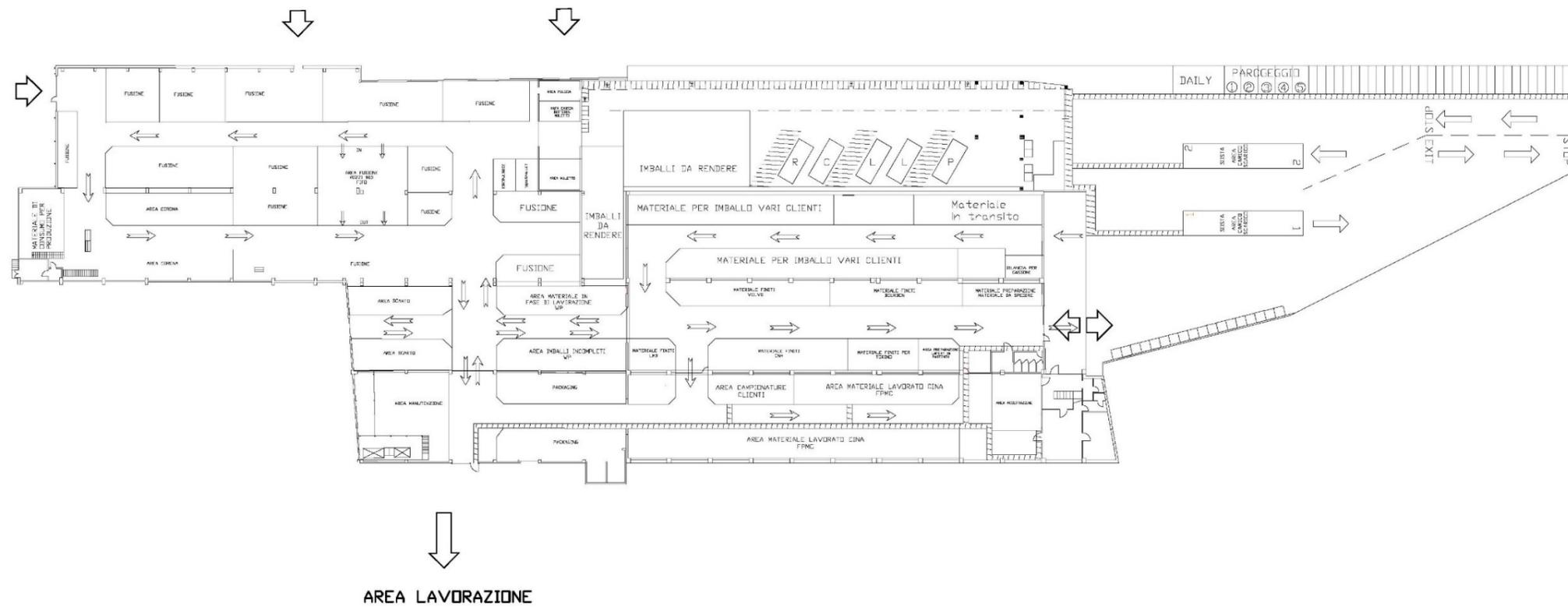
Figura 24 - Produzione per settori

L’organico della “PEG” è composto da 105 dipendenti che lavorano su tre turni da 7 ore e mezzo, 5 giorni e mezzo a settimana per 50 settimane annue per un totale di circa 6200 ore lavorative annue e un fatturato annuo di circa 39 mln €.

Nella Figura 25 è rappresentato il layout dello stabilimento, dalla superficie di circa 10.000 m², con la disposizione dei macchinari produttivi e dei servizi generali. Nelle Figure 26 e 27 sono riportate rispettivamente la zona di magazzino e la zona di lavorazione con indicati gli impianti produttivi.



Figura 25 - Planimetria aziendale



PERARDI E GRESINO S.R.L.
 LAYOUT AREA MAGAZZINO
 REV.020 del 10/2020 U.T.

Figura 26 - Planimetria zona magazzino



Figura 27 - Planimetria area lavorazione

3.1. Consumi gas naturale

I consumi di gas naturale della società in oggetto sono desunti dalle bollette di fornitura e nel grafico seguente si riportano gli andamenti dei consumi mensili di gas naturale in Sm³ nel quadriennio 2017 – 2020.

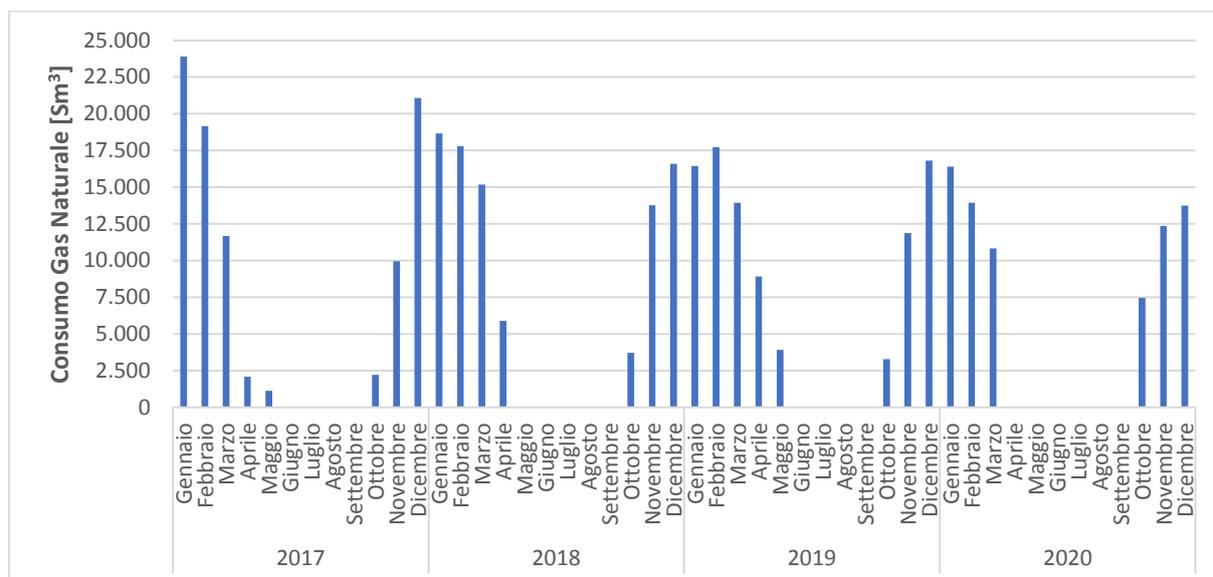


Figura 28 - Andamento dei consumi di gas metano nel quadriennio 2017-2020

Come si può notare l'andamento dei consumi rimane pressoché costante durante il periodo analizzato con picchi nei mesi invernali in quanto il gas viene utilizzato solo ed esclusivamente per il riscaldamento mentre nei mesi tra maggio e settembre il consumo risulta nullo; si evidenzia inoltre una riduzione dei consumi dal 2017 ad oggi dovuto l'accentramento delle aree produttive, alcune zone di lavorazione sono state adibite a zone magazzino e per tanto non riscaldate.

Questa diminuzione può essere analizzata tramite il FEN (Fabbisogno Energetico Normalizzato) il quale permette di calcolare il consumo normalizzandolo sui gradi giorno e sul volume riscaldato; la metodologia di calcolo di progetto viene descritta nel D.P.R. 412/1993 – ART.8 – Commi ½, la quale valuta il calcolo del fabbisogno tramite le dispersioni e gli apporti gratuiti ma avendo a disposizione i consumi di gas naturale si può risalire direttamente ai consumi energetici aziendali, inoltre, bisogna considerare che le macchine utilizzate per le lavorazioni generano una quantità di calore non

trascurabile. Per l'analisi sono stati utilizzati 35.000 m³ come volume riscaldato e 183 giorni come durata della stagione di riscaldamento, inoltre, è da considerare che l'invecchiamento delle caldaie può aver influenzato il calcolo portando ad un aumento del fabbisogno nel 2019. In Tabella 2 sono riportati i risultati che confermano la chiusura di una zona avvenuta tra il 2017 e il 2018.

Tabella 2 - Fabbisogno energetico normalizzato annuo

Anno	Energia stagionale [GJ]	FEN [J/GGm³]
2017	125,9	1.556,8
2018	111,0	1.467,2
2019	107,3	1.490,4

Di seguito si analizza l'anno 2020 in quanto conviene analizzare sempre l'ultimo anno solare completo e controllare che sia allineato con i precedenti.

Tabella 3 - Dettaglio spesa anno 2020 gas metano

Mese	Sm³	Spesa totale [€]	Spesa materia prima [€]
Gennaio	16.384	8.167,87	4.474,55
Febbraio	13.933	6.674,27	3.716,94
Marzo	10.823	5.128,00	2.850,91
Aprile	0	50,23	6,96
Maggio	0	50,23	6,96
Giugno	0	50,23	6,96
Luglio	0	50,23	6,96
Agosto	0	50,23	6,96
Settembre	0	50,23	6,96
Ottobre	7.449	3.453,97	1.953,23
Novembre	12.347	5.746,33	3.264,01
Dicembre	13.748	6.392,69	3.633,60
Totale	74.684	35.864,51	19.935,00

Il costo totale annuo del gas metano al netto dell'IVA risulta pari a 35.864,51 €, di cui 19.935,00 € riguardanti la spesa per la materia prima. Rapportando tali costi rispetto al consumo in Sm³ si ottengono rispettivamente un costo medio totale al netto dell'IVA di 0,47 €/Sm³ e un costo medio per l'acquisto della materia prima di 0,26 €/Sm³, i quali risultano essere in linea con il mercato corrente relativi alla fornitura industriale.

Tabella 4 - Sintesi dei costi del gas naturale Novembre 2020

SPESA ENERGIA			
Spesa per la materia gas naturale	0,26435 €/Sm ³	12.347 Sm ³	3.264,01 €
	Tot. Spesa energia		3.264,01 €
			0,26 €/Sm ³
TRASPORTO E GESTIONE DEL CONTATORE			
Quota fissa			40,95 €
Quota variabile			1.220,13 €
	Tot. Trasporto e contatore		1.261,08 €
			0,102 €/Sm ³
ONERI DI SISTEMA			
Oneri di sistema			467,38 €
	Tot. Oneri di sistema		467,38 €
			0,037 €/Sm ³
IMPOSTE			
Imposta erariale usi industriali			154,31 €
Addizionale regionale industriale			77,16 €
	Tot. Imposte		231,47 €
			0,019 €/Sm ³
TOTALE FORNITURA DI GAS E IMPOSTE			
	Tot. Fornitura di gas e imposte		5.223,94 €
			0,423 €/Sm ³
IVA			
10% su Imponibile di 5.223,94 €			522,39 €
	Tot. IVA		522,39 €
			0,042 €/Sm ³
Totale bolletta			
	Tot. Bolletta		5.746,33 €
			0,465 €/Sm ³

La ripartizione dei costi rispetto al totale della bolletta è evidenziata nel grafico sotto riportato, dove è possibile notare come la componente relativa alla spesa per la materia prima sia molto significativa incidendo per il 57% sul costo totale.

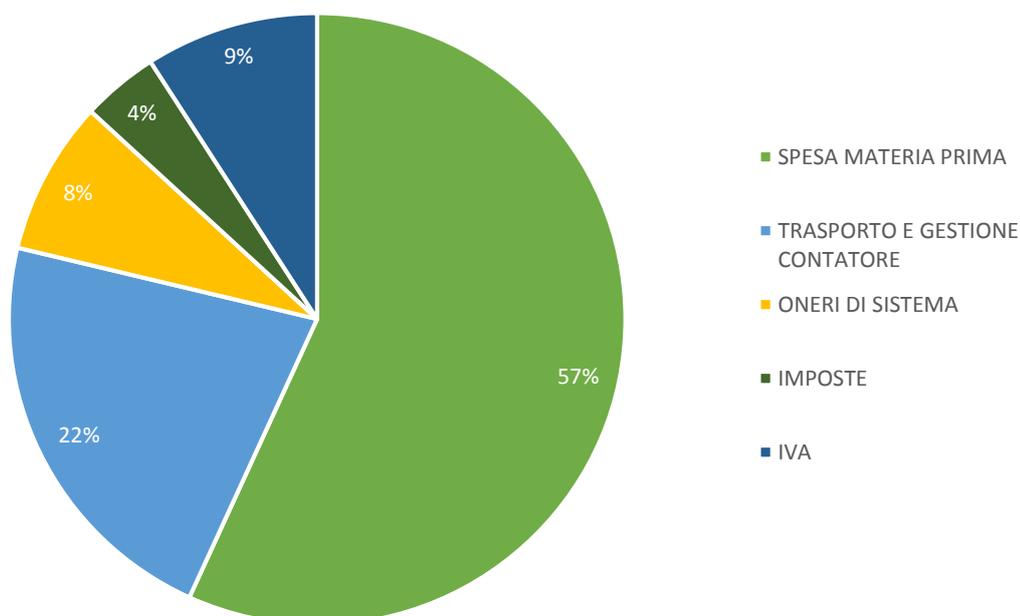


Figura 29 - Ripartizione delle componenti di costo

3.1.1 Comparto caldaie

Attualmente il locale caldaie è composto da sette caldaie, per una potenza termica utile pari a 740,27 kW, di cui due sono attualmente in fase di dismissione in quanto mal funzionanti; come precedentemente descritto la diminuzione delle zone riscaldate ha ridotto la potenza termica necessaria per il riscaldamento portando ad un possibile sovradimensionamento dell'impianto stesso. Tutte le caldaie sono a condensazione e con un rendimento termico utile a potenza nominale del 97,5 %, di seguito si riporta la tabella riassuntiva della sala caldaie.

Tabella 5 - Tabella riassuntiva comparto caldaie

Fabbricante	Modello	Data di installazione	Potenza utile [kW]	Rendimento termico utile [%]
BALTUR	SUPER GENIO MC115	15/01/2008	108	97,5
BALTUR	SUPER GENIO MC115	15/01/2008	108	97,5
BALTUR	SUPER GENIO MC115	15/01/2008	108	97,5
BALTUR	SUPER GENIO MC115	15/01/2008	108	97,5
BALTUR	SUPER GENIO MC115	15/01/2008	108	97,5
BALTUR	SUPER GENIO MC115	15/01/2008	108	97,5
BALTUR	SUPER GENIO MC115	15/01/2008	108	97,5
BALTUR	SUPER GENIO MC115	18/02/2009	108	97,5

Nonostante l'età delle caldaie sia ormai vicina alla vita utile la sostituzione delle stesse con un nuovo comparto da una prima analisi preliminare non evidenzia nessuna convenienza economica in quanto il preventivo per la sostituzione di ogni singola caldaia, esclusa l'IVA, risulta pari a 5.900,00 € portando il costo complessivo per la sostituzione delle cinque caldaie necessarie è di circa 30.000 €. Il preventivo di spesa risulta quindi essere all'incirca pari al costo annuale della spesa del gas, producendo un risparmio stimato, tramite l'ipotesi di mantenimento del fabbisogno costante, approssimativamente del 10% cioè circa di 3.000 € annui e per un simple pay-back di 10 anni, che,

essendo anche il tempo stimato di vita utile di una caldaia, rende questa sostituzione economicamente assolutamente non sostenibile.

La seconda criticità riscontrata nell'impianto di riscaldamento è la disposizione degli apparecchi ventilanti addetti al riscaldamento della zona di lavorazione, gli aerotermi. Gli aerotermi sono attualmente situati nei reparti denominati "ROBOT", "2" e "1", mentre nel reparto "NUOVO" essendo quello più recente, ovvero realizzato nel 2008, è stato inserito l'impianto radiante a pavimento. Gli aerotermi sono disposti principalmente nel reparto "1" in quanto esso inizialmente era uno dei due capannoni esposti verso l'ambiente esterno, ma avendo ora costruito il "nuovo capannone" il "reparto 1" non deve più sopperire alle dispersioni con l'ambiente esterno. Il "reparto robot" invece risulta confinato sia con l'ambiente esterno che con un magazzino non riscaldato ed essendoci un sistema di collegamento tra i due locali, tramite un portone saliscendi che viene aperto e chiuso al passaggio dei muletti, necessiterebbe di una maggior potenza termica installata in modo da sopperire alle varie dispersioni generate.

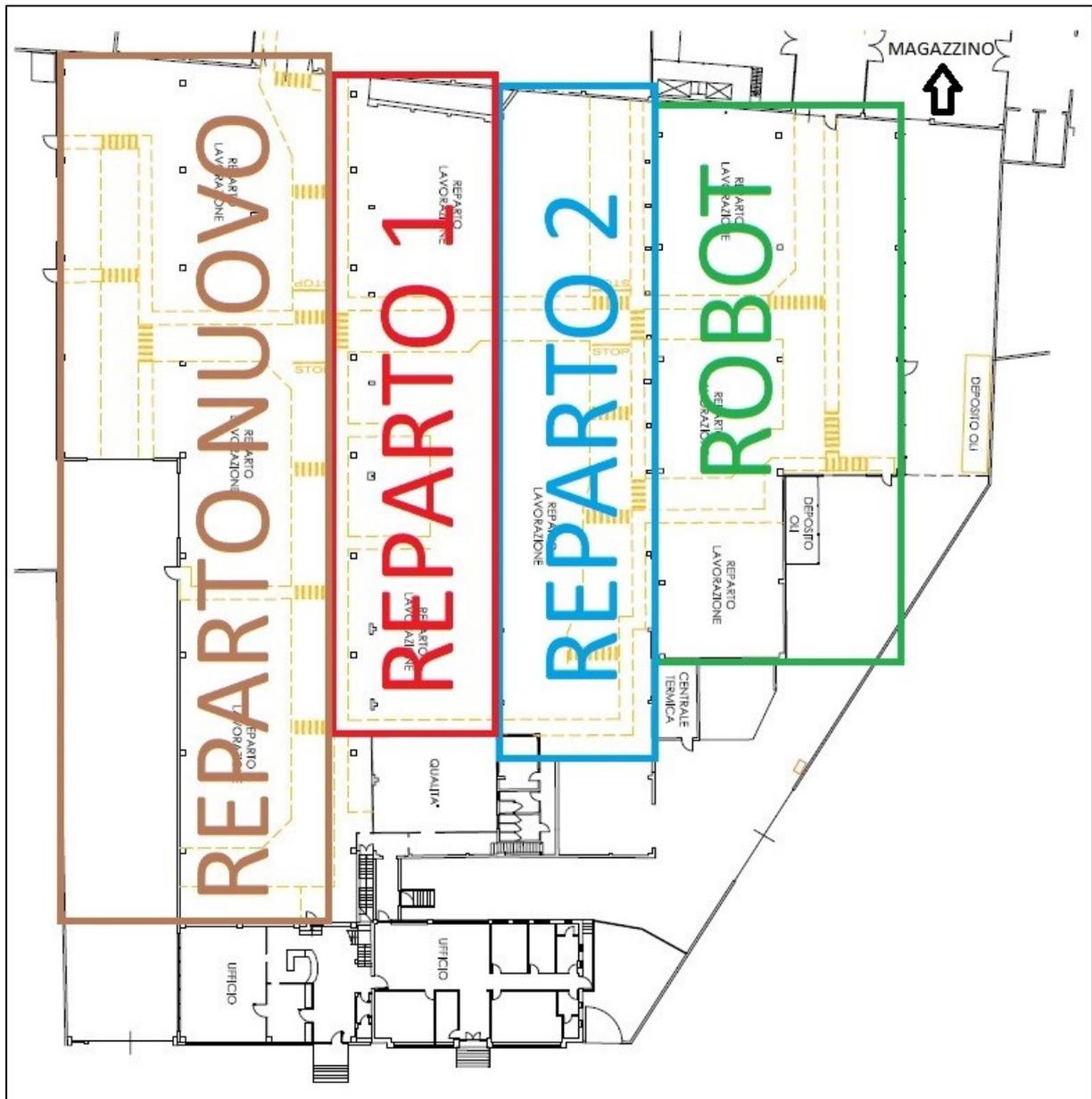


Figura 30 - Denominazione dei reparti produttivi

La riprogettazione di tutto l’impianto è stata presa in considerazione dalla direzione aziendale al fine di ridurre i consumi e migliorare il comfort, ma essendo un periodo invernale l’impianto è ovviamente in funzione e deve mantenere a temperature ottimali gli ambienti adibiti alla lavorazione, pertanto le modifiche allo stesso potranno essere prese in considerazione solo nella prossima primavera, in ogni caso l’analisi effettuata ha evidenziato come:

- gli aerotermini sono una soluzione semplice ed efficace, sono costituiti da una batteria di scambio termico, una ventola e un filtro, e il loro principio di funzionamento è simile a quello di un radiatore in cui lo scambio termico non è la convezione naturale ma forzata grazie alla presenza del ventilatore. Questa soluzione è semplice ma negli ambienti con alta presenza di oli richiede un'elevata manutenzione per poter funzionare correttamente; nelle aziende in cui si hanno lavorazioni di asportazione a freddo, come in quella analizzata, la mancanza di una corretta manutenzione e pulizia causa un elevato accumulo di oli e residui sugli aerotermini, rischiando di bloccarne il funzionamento;
- I problemi principali nell'uso di sistemi convenzionali in ambienti industriali sono legati alla elevata volumetria e al bisogno di accentramento di calore in alcune zone specifiche e non in altre; l'elevata altezza di questi ambienti causa continue dispersioni ed accumulo di calore in zone deserte creando stratificazione termica oltre agli elevati tempi nel riscaldamento degli ambienti, infine la movimentazione dell'aria che può causare spostamento di polveri e pulviscoli all'interno dei locali industriali, causando disagi e potenziale inquinamento;
- le soluzioni attuabili e più innovative negli ambienti industriali sono le sorgenti radianti, tra queste alcune sono già presenti nell'azienda ma non risultano applicabili a tutto il layout aziendale, come ad esempio il pavimento radiante, perché l'installazione richiederebbe lo spostamento di tutte le isole produttive con il conseguente blocco delle lavorazioni; una soluzione simile sono le pedane radianti ma a causa della presenza di oli e del passaggio dei muletti all'interno delle zone produttive anche questa soluzione non risulta attuabile. Una soluzione potrebbe essere l'installazione a soffitto di sorgenti radianti, vedi Figura 32, la quale potrebbe risultare fattibile in quanto eliminerebbe il problema del blocco della produzione, ma per effettuare tale cambiamento è necessario contattare uno studio di progettazione e verificarne la fattibilità tecnologica ed economica. [27] [28]

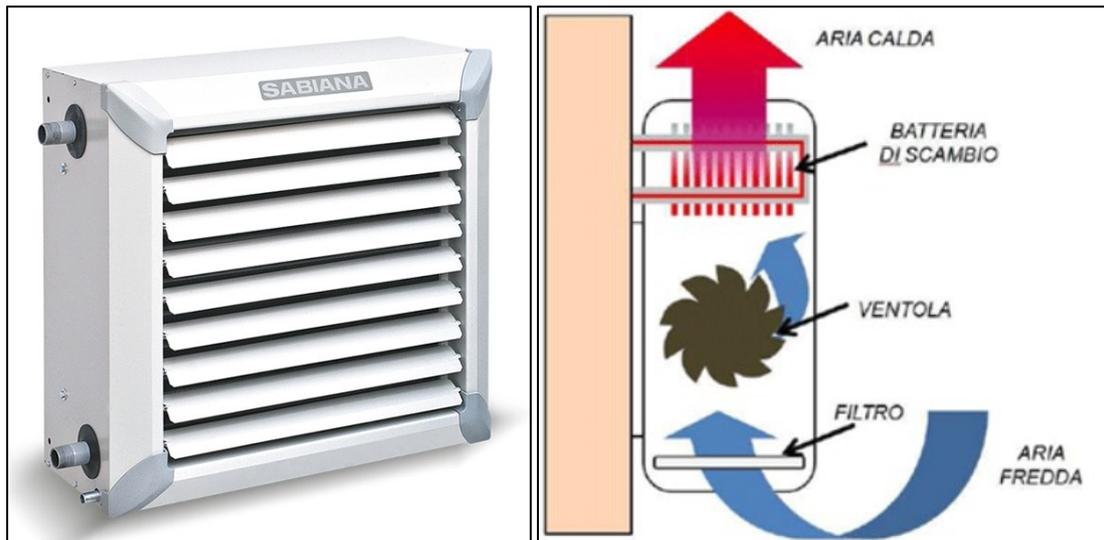


Figura 31 - Foto e schema aerotermini [27]



Figura 32 - Pannelli radianti a soffitto [28]

Per effettuare l'analisi di spesa del risparmio energetico, sopra riportata, sull'implementazione di caldaie di nuova generazione sono stati eseguiti i seguenti calcoli:

- definizione del carico termico tramite il consumo annuo di gas metano e il rendimento nominale delle caldaie:

$$fabbisogno\ di\ energia\ termica\ annua = Sm^3 * PCI * \eta_{th\ vecchie\ caldaie}$$

- determinazione del nuovo consumo di gas metano tramite:

$$Sm^3 = \frac{\text{fabbisogno annuo di energia termica annua}}{PCI * \eta_{th \text{ nuove caldaie}}}$$

- determinazione della nuova spesa annua per il riscaldamento:

$$\text{Spesa annua futura} = Sm^3 * \frac{\text{€}}{Sm^3}$$

- determinazione del risparmio annuo:

$$\text{Risparmio annuo} = \text{Spesa annua attuale} - \text{Spesa annua futura}$$

- determinazione del Pay-back:

$$SPB = \frac{\text{Investimento}}{\text{Risparmio annuo} + TEE}$$

Come già evidenziato l'intervento di sostituzione con caldaie a condensazione non solo risulta una soluzione non economicamente sostenibile ma per tale adeguamento energetico non vengono neanche forniti Certificati bianchi o TEE (Titoli di Efficienza Energetica) in quanto non è uno degli interventi incentivabili con suddetta metodologia, i quali attualmente risultano essere l'installazione delle pompe di calore, caldaie e stufe a biomassa, solare termico, scaldacqua a pompa di calore e impianti ibridi a pompa di calore.

3.1.2 Firma energetica

La firma energetica rappresenta uno strumento grafico che relaziona i consumi del generatore di calore di un edificio e la variazione climatica esterna, è uno strumento utile sia nella riprogettazione degli edifici sia nel monitoraggio degli stessi; la sua costruzione è relativamente semplice e la sua rappresentazione chiara e di semplice lettura permette a chiunque di poterla costruire e analizzare.

Per la costruzione della firma energetica sono necessari solo due dati: i consumi reali o previsti e la temperatura esterna dell'aria nel periodo di lettura, ma sono molte le informazioni che si ottengono:

- la potenza di progetto per il riscaldamento, ACS o raffrescamento;

- il grado di isolamento e la qualità dell'involucro;
- la verifica dell'efficienza del generatore e la validazione della progettazione;
- la proiezione dei consumi e determinazione di eventuali anomalie nella conduzione del generatore;
- i problemi di regolazione dell'impianto;
- il malfunzionamento della centrale termica.

Esistono tre tipologie di firme energetiche in funzione della base temporale su cui sono eseguite:

- base oraria, permette la massima precisione ma le variazioni sono influenzate da ulteriori fattori oltre quelli climatici;
- base settimanale, dati di facile rilevazione e ben correlata col clima ma richiede un elevato sforzo nel raccoglimento dei dati;
- base mensile, facilità di esecuzione e limitato impiego di risorse, la precisione risultante del grafico non è la migliore. [29]

L'analisi effettuata è stata eseguita su base mensile con lo scopo di verificare la potenza termica necessaria per la stagione invernale in corso.

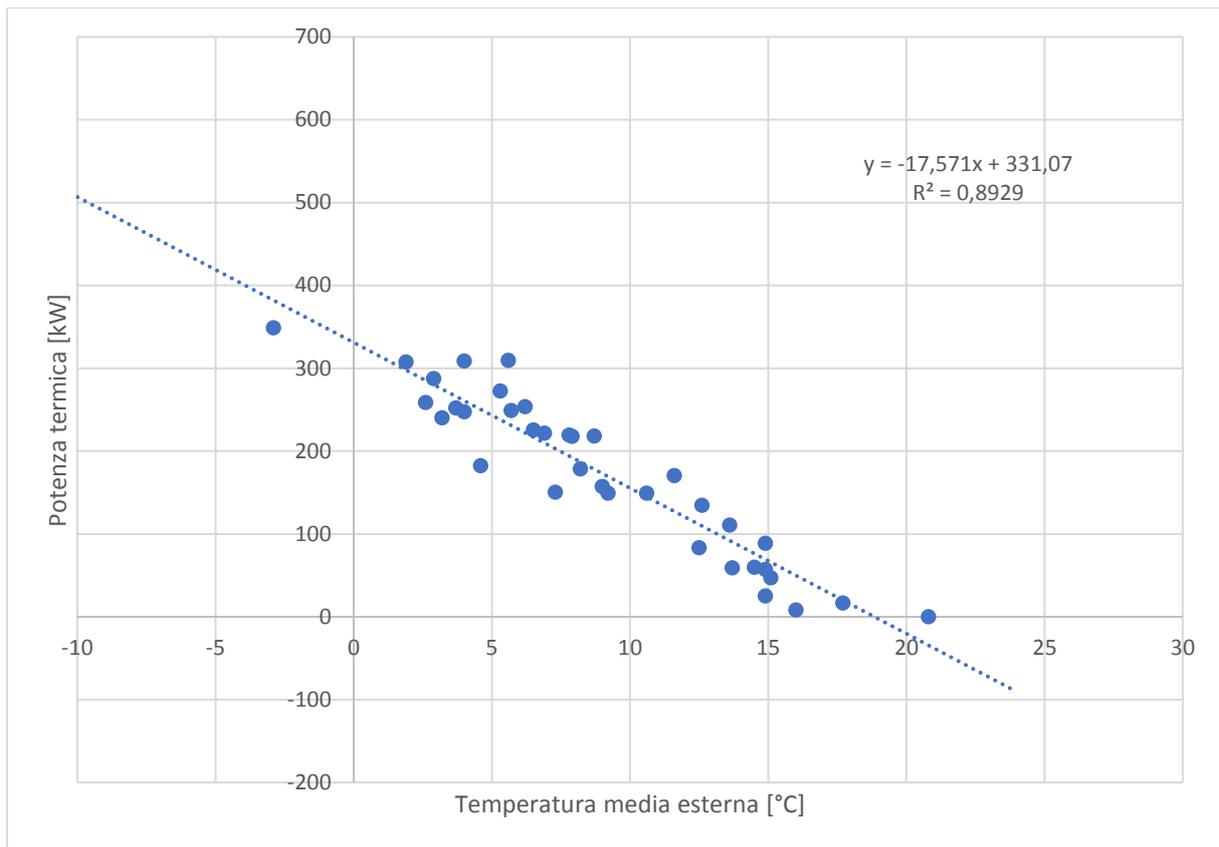


Figura 33 - Firma energetica dello stabilimento

La potenza termica di progetto è risultata essere 471,6 kW e può essere fornita dalle 5 caldaie a condensazione da 100 kW_{th} presenti nello stabilimento, la temperatura media degli ambienti interni risulta essere di 20,8 °C, quindi superiore alla temperatura di comfort ottimale negli ambienti interni lavorativi durante la stagione invernale. Per analizzare eventuali scostamenti di funzionamento dell'impianto è stata eseguita un'ulteriore analisi analizzando singolarmente ogni anno, da suddetta analisi non sono stati riscontrati scostamenti dei consumi, come evidenziato in Figura 34.

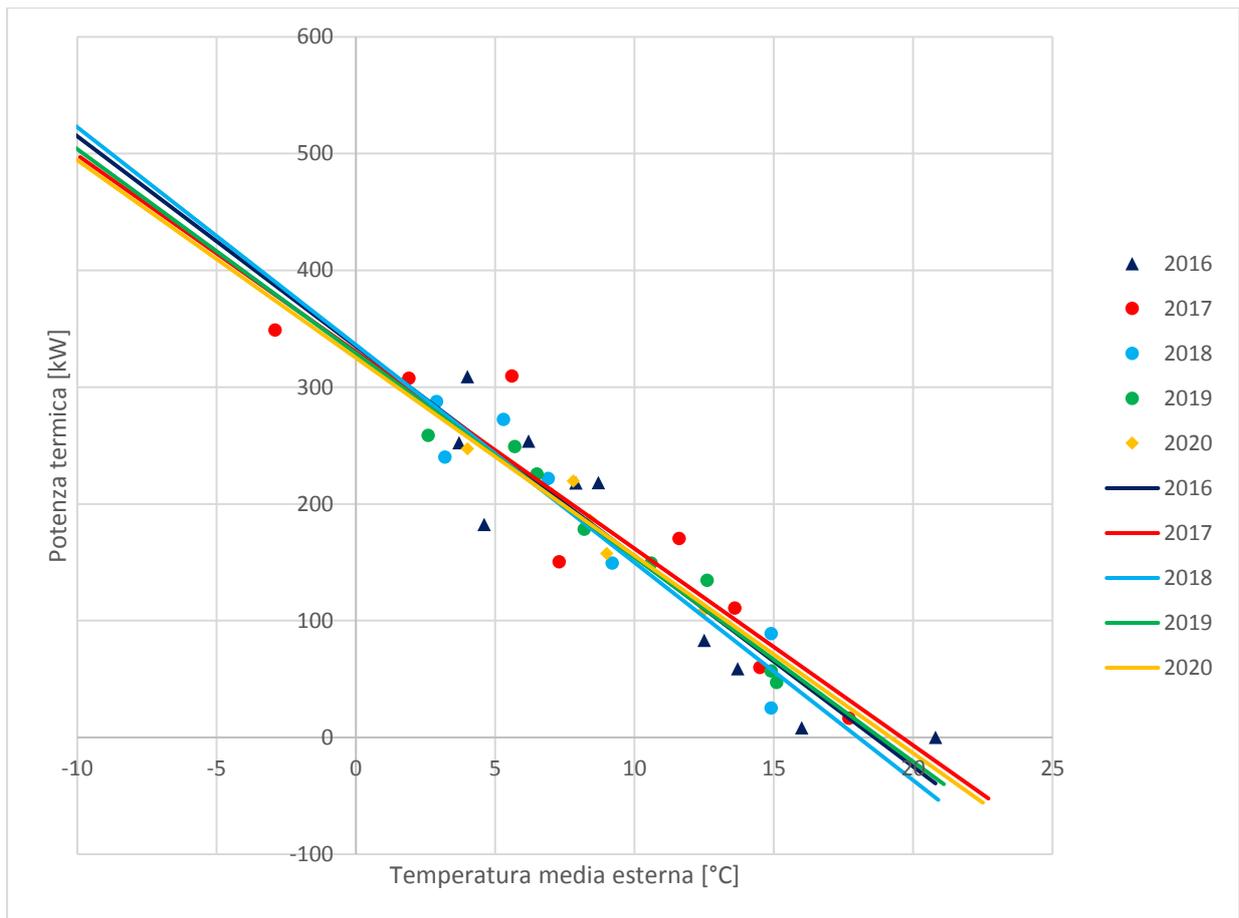


Figura 34 - Firma energetica dello stabilimento con anni a confronto

Per le analisi sopra riportate sono stati presi in considerazione solo i mesi di utilizzo di metano per il riscaldamento, da ottobre ad aprile, eliminando i mesi da maggio a settembre in cui il riscaldamento è spento.

3.2. Consumi elettrici

La raccolta dati dei consumi elettrici della “PEG” è avvenuta tramite l’analisi delle bollette elettriche in cui è stato possibile trovare i consumi mensili totali e la sua suddivisione in fasce, il costo medio della bolletta e il costo dell’energia primaria.

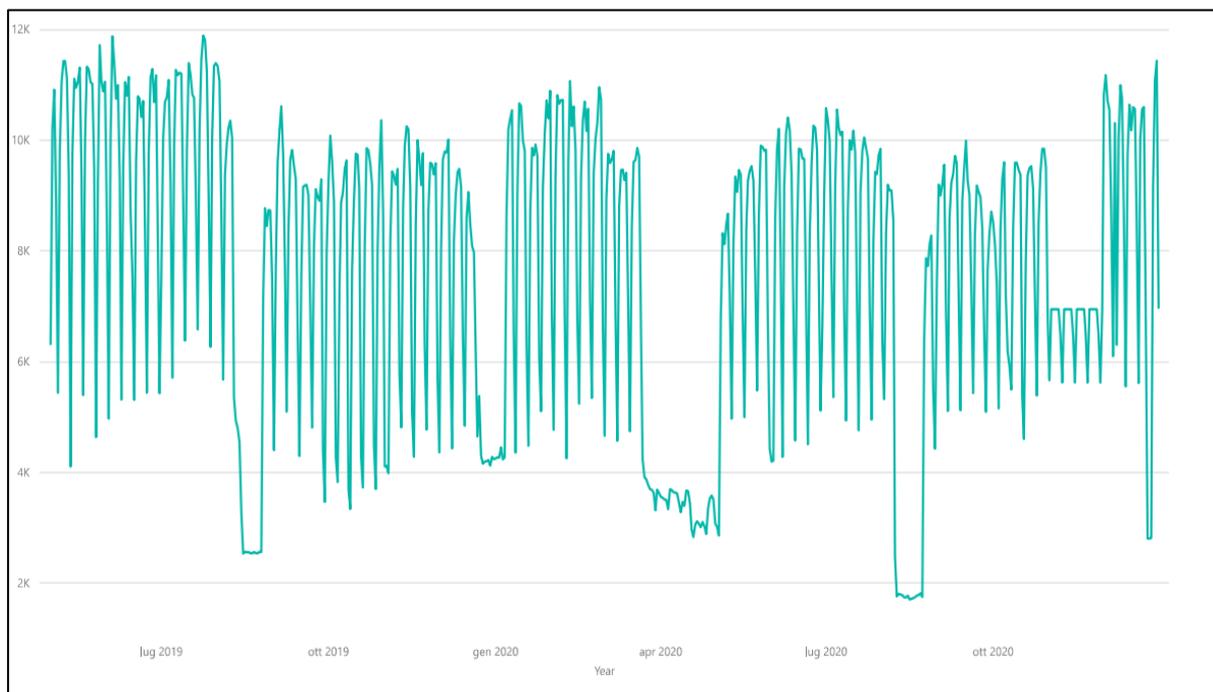


Figura 35 - Andamento dei consumi di energia elettrica nel biennio 2019-2020

Al fine di analizzare al meglio i consumi energetici viene riportata la suddivisione in fasce orarie descritta nella delibera N° 181/06 dall’AEEG (Autorità per l’Energia e il Gas), suddetta distinzione è stata possibile grazie all’introduzione dei nuovi contatori elettronici in grado di rilevare i consumi di bassa tensione suddivisi per fasce e al quarto d’ora per la media tensione.

Tabella 6 - Descrizione delle fasce orarie

Fascia	Descrizione
F1 (ore di punta)	Dalle ore 08:00 alle 19:00 dal lunedì al venerdì festività nazionali escluse, rappresentano le ore in cui tutte le attività sono aperte e quindi i consumi nazionali sono maggiori.
F2 (ore intermedie)	Dalle 07:00 alle 08:00, dalle 19:00 alle 23:00 dal lunedì al venerdì e dalle ore 07:00 alle 23:00 il sabato, festività nazionali escluse, rappresentano le ore in cui i carichi iniziano a salire (ore mattutine) e a scendere (ore serali).
F3 (ore fuori punta)	Dalle 00:00 alle 7:00 e dalle 23:00 alle 24:00 dal lunedì al sabato oltre a tutte le ore della giornata della domenica e festivi, rappresentano le ore in cui il sistema elettrico è meno sotto pressione.

Tabella 7 - Rappresentazione grafica della suddivisione in fasce

Delibera AEEG N° 181/06																								
Ore	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Giorno	F3	F2	F1	F2	F2	F2	F2	F3																
Lunedì	F3	F2	F1	F2	F2	F2	F2	F3																
Martedì	F3	F2	F1	F2	F2	F2	F2	F3																
Mercoledì	F3	F2	F1	F2	F2	F2	F2	F3																
Giovedì	F3	F2	F1	F2	F2	F2	F2	F3																
Venerdì	F3	F2	F1	F2	F2	F2	F2	F3																
Sabato	F3	F2	F3																					
Domenica	F3																							

A seconda della fascia oraria si ha una variazione dei costi della materia prima, grazie a questo i grossisti possono proporre ai clienti finali offerte differenti tra fascia mono-oraria o bi-oraria, ovviamente la convenienza di queste due offerte va valutata in funzione della distribuzione dei consumi dell'utenza analizzata. [30]

Analizzando i dati statistici e i dati giornalieri italiani si può trovare una spiegazione alla variazione dei costi, infatti questa variazione è dovuta alla forma della curva di carico la quale presenta un'accentuazione dei consumi, quindi di richiesta, nelle ore diurne in cui tutte le attività produttive effettuano il prelievo dell'energia necessaria al funzionamento delle proprie attività e questo causa un aumento dei costi in fascia F1 più evidente nelle utenze domestiche mentre la fascia F3 è meno cara

in quanto nelle ore notturne i carichi sono ovviamente ridotti; l'energia elettrica in eccesso di suddetta fascia viene utilizzata per l'attivazione delle pompe per il riempimento dei bacini idrici come serbatoi energetici. La Figura 36 riporta la curva di carico del 07/12/2020 e viene inserita a scopo rappresentativo del fenomeno sopra descritto.

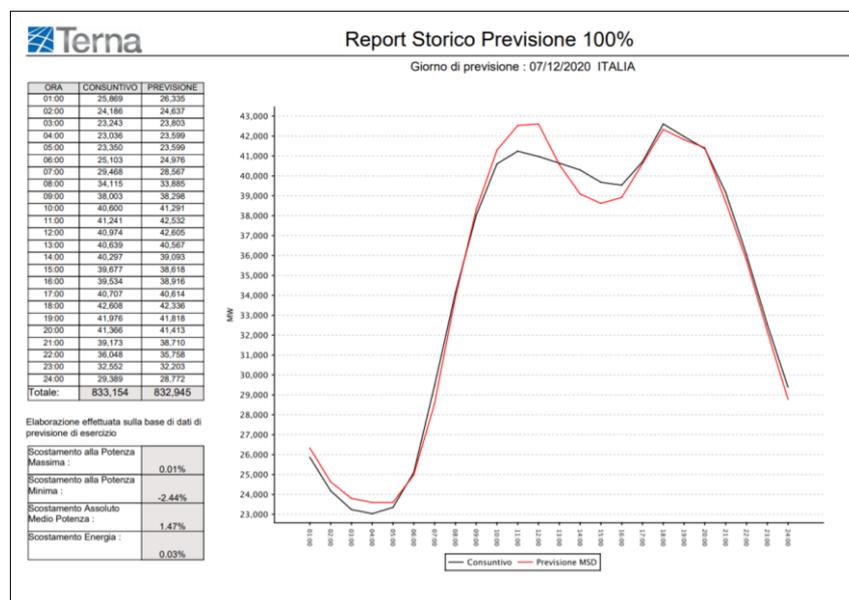


Figura 36 - Consumi nazionali del 07 gennaio 2020

Per una diagnosi più approfondita è stato poi necessario analizzare i dati di consumo di un singolo anno solare, il 2020, con la suddivisione dei consumi in fasce F1, F2 e F3.

Tabella 8 - Consumi elettrici mensili anno 2020

MESE/ANNO	F1 [kWh]	F2 [kWh]	F3 [kWh]	Totale
<i>gennaio-20</i>	95.566,05	57.293,25	94.839,6	247.699
<i>febbraio-20</i>	100.588,65	65.159,4	94.296,45	260.045
<i>marzo-20</i>	81.493,8	50.953,05	80.948,7	213.396
<i>aprile-20</i>	34.478,24	21.052,4	45.711,56	101.242
<i>maggio-20</i>	91.709,76	58.886,22	86.414,37	237.010
<i>giugno-20</i>	95.834,44	60.202,44	89.035,41	245.072
<i>luglio-20</i>	110.188,32	66.377,64	97.019,84	273.586
<i>agosto-20</i>	53.861,52	32.370,99	54.420,97	140.653
<i>settembre-20</i>	96.532,50	60.688,47	90.340,46	247.561
<i>ottobre-20</i>	95.283,46	62.415,72	91.964,39	249.664
<i>novembre-20</i>	76.291,90	48.636,84	74.990,08	199.919
<i>dicembre-20</i>	105.679,80	60.764,34	104.965,03	271.409

Sul portale del distributore fornitore di energia all'azienda è possibile scaricare la potenza massima assorbita mensilmente della stessa, di cui si è riportato un grafico rappresentativo in Figura 37.

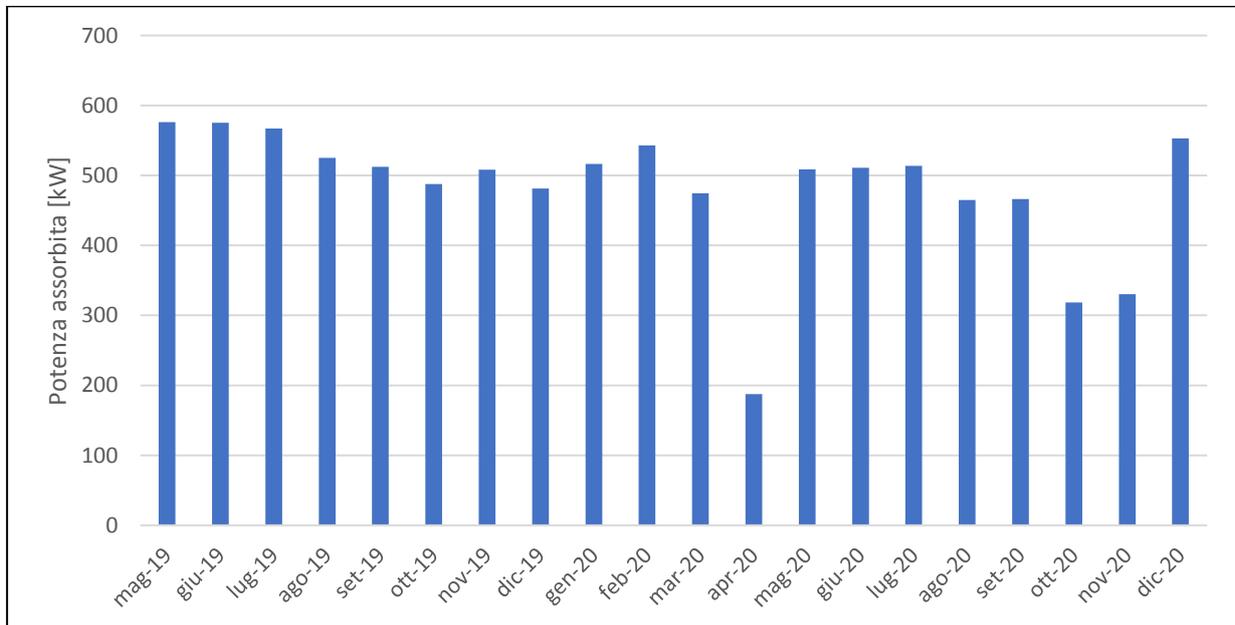


Figura 37 - Potenza massima assorbita nel biennio 2019-2020

Per poter analizzare al meglio i consumi aziendali vengono riportati i consumi riferiti al 2020.

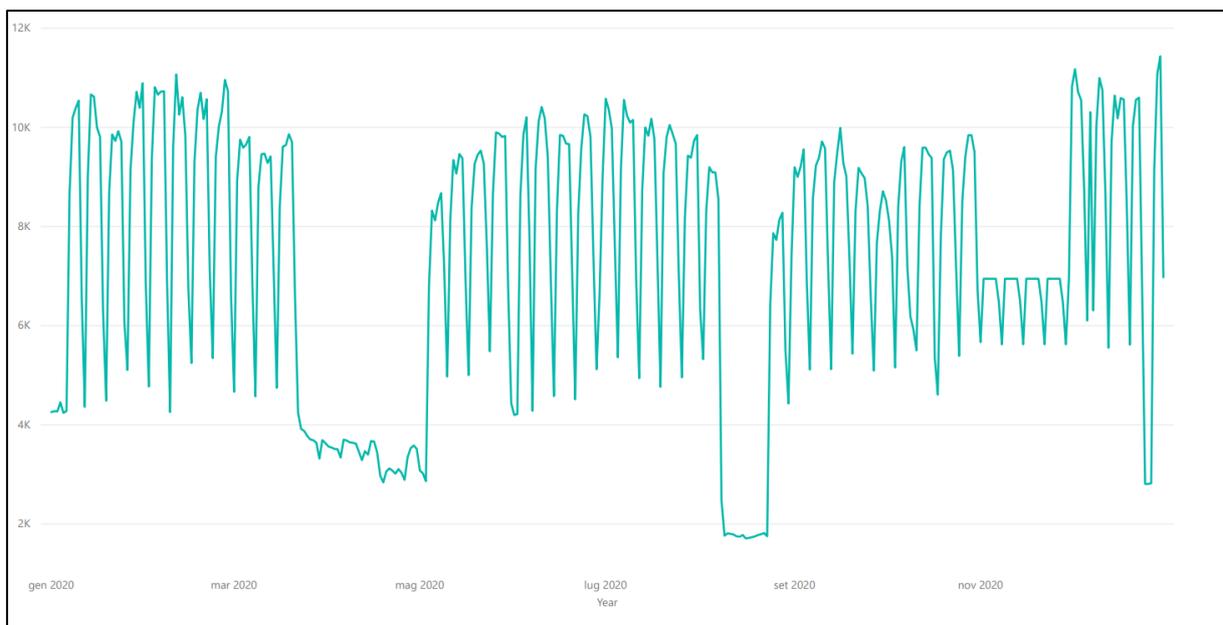


Figura 38 - Andamento dei consumi di energia elettrica nell'anno 2020

L'andamento dell'anno 2020 appena concluso è da considerarsi anomalo, in quanto, a causa della pandemia mondiale dovuta al Covid-19 ci sono state gravi ripercussioni a livello nazionale che hanno portato alla chiusura di tutti gli stabilimenti produttivi per tutto il mese di aprile causando quella diminuzione dei consumi visibile nella figura precedente ma è anche l'ultimo anno solare completo di cui sono disponibili i dati di consumo e questo giustifica la scelta del periodo preso in analisi. Come si può notare in Figura 38 i consumi relativi al mese di novembre risultano anomali ma la causa è da ricercarsi nelle stime errate del distributore in quanto un impianto produttivo non può avere un consumo giornaliero così netto e senza variazioni, pertanto le cause non sono da ricercarsi all'interno della struttura aziendale. Lo stesso errore di stima da parte del distributore si era già verificato nel mese di ottobre 2020, come si può chiaramente vedere in tabella 8, quando il valore della bolletta era relativamente ridotto ma la società distributrice ha poi opportunamente rettificato il valore tramite un conguaglio nella bolletta di novembre 2020 ed ha aggiornato i dati di consumo sul loro sito. Questo conguaglio (vedi tabella 9) ha riportato il valore della spesa totale nella bolletta di novembre 2020 in linea con gli altri mesi ma nello stesso tempo ad oggi non c'è ancora stata una rettifica della lettura fatta per il mese di novembre stesso.

Di seguito, vengono riportati i costi complessivi dell'energia elettrica aziendale per l'anno 2020, suddivisi in costo totale della bolletta e costo della materia prima, il costo complessivo annuo al netto dell'IVA è stato di 421.578,02 €, di cui 200.842,84 € riguardanti la spesa per la materia prima, la quale comprende sia la quota relativa alla quota consumata che quella relativa alle perdite di rete (pari al 3,8%).

Tabella 9 - Dettaglio spesa mensile per l'energia elettrica

Mese	Consumo totale [kWh]	Spesa totale [€]	Spesa materia prima [€]
Gennaio	247.699,00	39.903,69	17.633,43
Febbraio	260.044,00	41.874,92	18.553,07
Marzo	213.396,00	34.700,04	15.198,04
Aprile	101.242,00	16.275,04	7.157,06
Maggio	237.010,00	38.494,62	16.906,01
Giugno	245.071,00	40.954,71	18.774,71
Luglio	273.586,00	45.853,02	21.471,70
Agosto	140.654,00	24.821,67	11.005,82
Settembre	247.561,00	41.507,13	19.411,96
Ottobre	201.548,00	33.267,49	15.305,82
Novembre	199.919,00	41.322,03	18.843,72
Dicembre	271.409,00	44.898,01	20.581,54
Totale	2.687.254,00	421.578,02	200.842,84

Tabella 10 - Conguaglio Ottobre 2020

SPESA ENERGIA				
Dati conguaglio Ottobre 2020				
Energia F1	0,0607 €/kWh	18.189 kWh	1.103,76 €	
Energia F2	0,0615 €/kWh	13.234 kWh	813,89 €	
Energia F3	0,0540 €/kWh	16.697 kWh	901,64 €	
		Tot. Energia	2.819,30 €	
Perdite F1	0,0607 €/kWh	691 kWh	41,94 €	
Perdite F2	0,0615 €/kWh	503 kWh	30,93 €	
Perdite F3	0,0540 €/kWh	634 kWh	34,26 €	
		Tot. Perdite	107,13 €	
Dispacciamento ARG e A.E.E.G.S.I.			646,27 €	
Dispacciamento ART. 48 e 78			91,31 €	
		Tot. Dispacciamento	737,58 €	
		Tot. Spesa Energia	3.664,01 €	
TRASPORTO E GESTIONE CONTATORE E ONERI DI SISTEMA				
Quota variabile	0,0542 €/kWh	48.115 kWh	2.609,51 €	
Penale ER entro il 75% F1	0,00253 €/kVArh	-5.397,33 kVArh	-13,66 €	
Penale ER entro il 75% F2	0,00253 €/kVArh	-3.442,94 kVArh	-8,71 €	
Quota fissa	103,09 €/cliente/mese	0	0,00 €	
Quota potenza	4,2980 €/kW	165,01 kW	709,20 €	
		Tot. Trasporto	3.296,34 €	
IMPOSTE				
Imposte			360,86 €	
		Tot. Imposte	360,86 €	
ALTRE PARTITE				
Altre partite			0 €	
		Tot. Conguaglio	7.321,21 €	

Si è scelto inoltre di riportare la bolletta di novembre 2020 per visualizzare la modalità con cui viene eseguito il conguaglio.

Tabella 11 - Sintesi dei costi dell'energia elettrica di Novembre 2020

SPESA ENERGIA				
Energia F1	0,0607 €/kWh	76.292 kWh	4.630,92 €	
Energia F2	0,0615 €/kWh	48.637 kWh	2.991,18 €	
Energia F3	0,0540 €/kWh	74.990 kWh	4.049,46 €	
		Tot. Energia	11.671,56 €	
Perdite F1	0,0607 €/kWh	2.899,10 kWh	175,98 €	
Perdite F2	0,0615 €/kWh	1.848,21 kWh	113,66 €	
Perdite F3	0,0540 €/kWh	2.849,62 kWh	153,88 €	
		Tot. Perdite	443,52 €	
Dispacciamento ARG e A.E.E.G.S.I.			2.685,28 €	
Dispacciamento ART. 48 e 78			379,35 €	
		Tot. Dispacciamento	3.064,63 €	
		Tot. Spesa Energia	15.179,71 €	0,073 €/kWh
TRASPORTO E GESTIONE CONTATORE E ONERI DI SISTEMA				
Quota variabile	0,0542 €/kWh	199.919,00 kWh	10.842,61 €	
Penale ER entro il 75% F1	0,00253 €/kVArh	5.397,64 kVArh	13,51 €	
Penale ER entro il 75% F2	0,00253 €/kVArh	3.404,79 kVArh	8,61 €	
Quota fissa	103,09 €/cliente/mese	1	103,09 €	
Quota potenza	4,2980 €/kW	330,27 kW	1.419,50 €	
		Tot. Trasporto	12.387,32 €	0,060 €/kWh
IMPOSTE				
Imposte			2.498,99 €	
		Tot. Imposte	2.498,99 €	0,012 €/kWh
ALTRE PARTITE				
Altre partite			178,25 €	
		Tot. Altre partite	178,25 €	
IVA				
Vendita IVA al 10 %			3.756,55 €	
		Tot. IVA	3.756,55 €	0,018 €/kWh
		Tot. Bolletta	41.322,03 €	0,016 €/kWh

La ripartizione dei costi rispetto al totale della bolletta di novembre viene riportata nel grafico seguente.

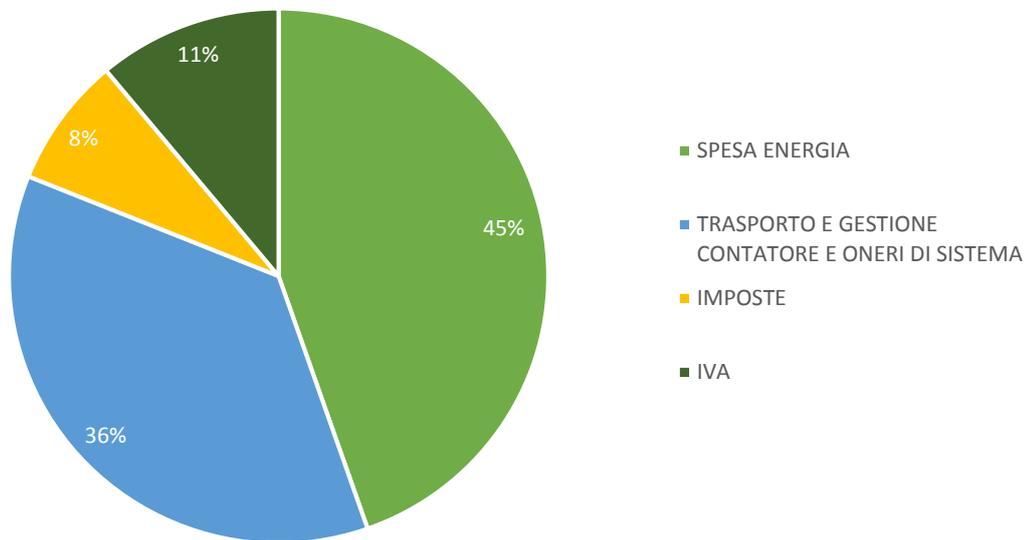


Figura 39 - Ripartizione delle componenti di costo

Dal grafico è possibile notare come la componente relativa alla spesa dell'energia incida per il 45 % sul totale e la seconda quota più significativa sia imputabile agli oneri di sistema sulla quale ad incidere maggiormente è la quota relativa variabile.

Rapportando i costi totali di consumo al kWh si ottengono rispettivamente il costo medio della bolletta al netto dell'IVA pari a 0,16 €/kWh e il costo della materia prima pari a 0,075 €/kWh. Questi costi risultano essere in accordo con il prezzo corrente di mercato che si attesta per le attività industriali a un costo medio di 0,15 – 0,17 €/kWh.

3.3. Rete aria compressa

Per l'efficientamento dei sistemi di aria compressa bisogna eseguire un'analisi complessiva, sia di produzione che di utilizzo, in quanto efficientare un sistema il cui utilizzo non è ottimale comporta una diminuzione del risparmio stimato. Dall'altro canto migliorare semplicemente gli utilizzi può comportare un notevole risparmio senza richiedere necessariamente un elevato costo di intervento, infatti molti interventi sono a costo zero ma richiedono tempo per la formazione dell'operatore.

L'analisi del sistema parte dalla determinazione delle condizioni e dai parametri operativi per poi proseguire con la determinazione delle richieste attuali e future dei processi produttivi ed infine si analizzano le tipologie di interventi da eseguire introducendo sistemi di controllo per il monitoraggio futuro di tutto il sistema.

La roadmap per gli interventi di efficienza del sistema di aria compressa seguita è costituita da cinque punti chiave:

- 1) analisi della richiesta di aria compressa;
- 2) potenziali usi inappropriati dell'aria compressa;
- 3) ricerca delle perdite nel sistema di distribuzione;
- 4) analisi delle cadute di pressione;
- 5) analisi del sistema di controllo.

Di seguito si riporta uno schema esemplificativo di un sistema di aria compressa, con tutti i possibili interventi di efficienza, la planimetria della rete distributiva principale esistente e in seguito l'analisi effettuata seguendo in punti sopra individuati.

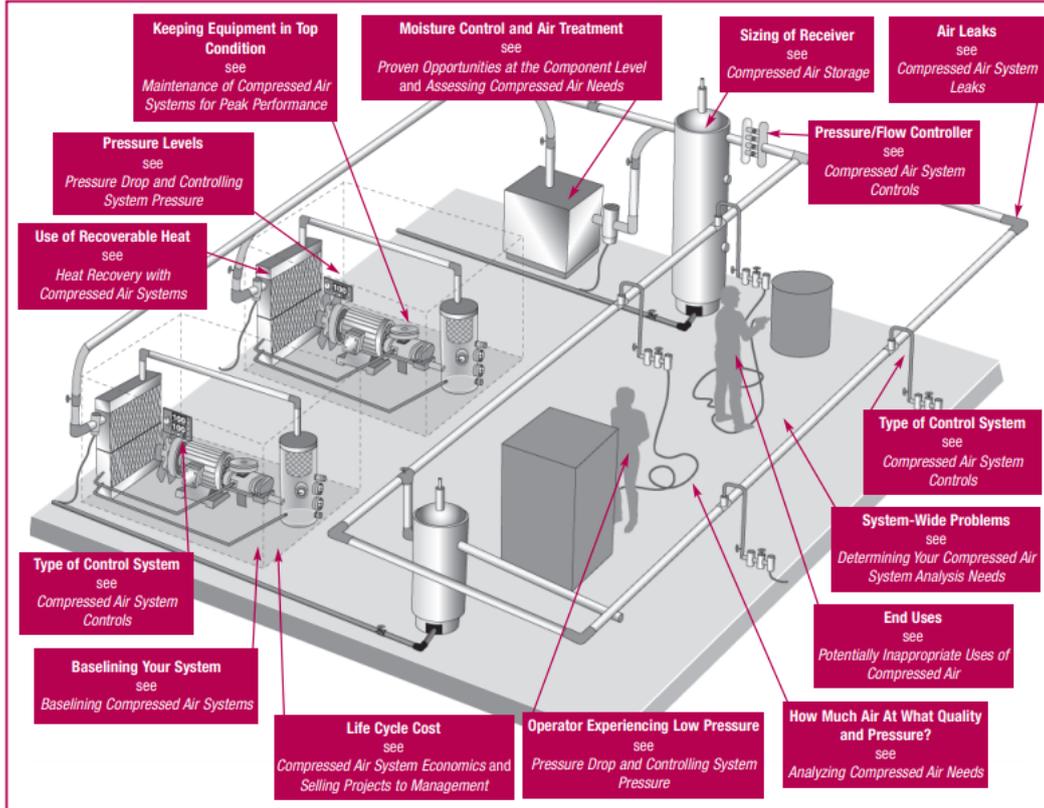


Figure 2.1 Performance Opportunities.

Figura 40 - Performance Opportunities

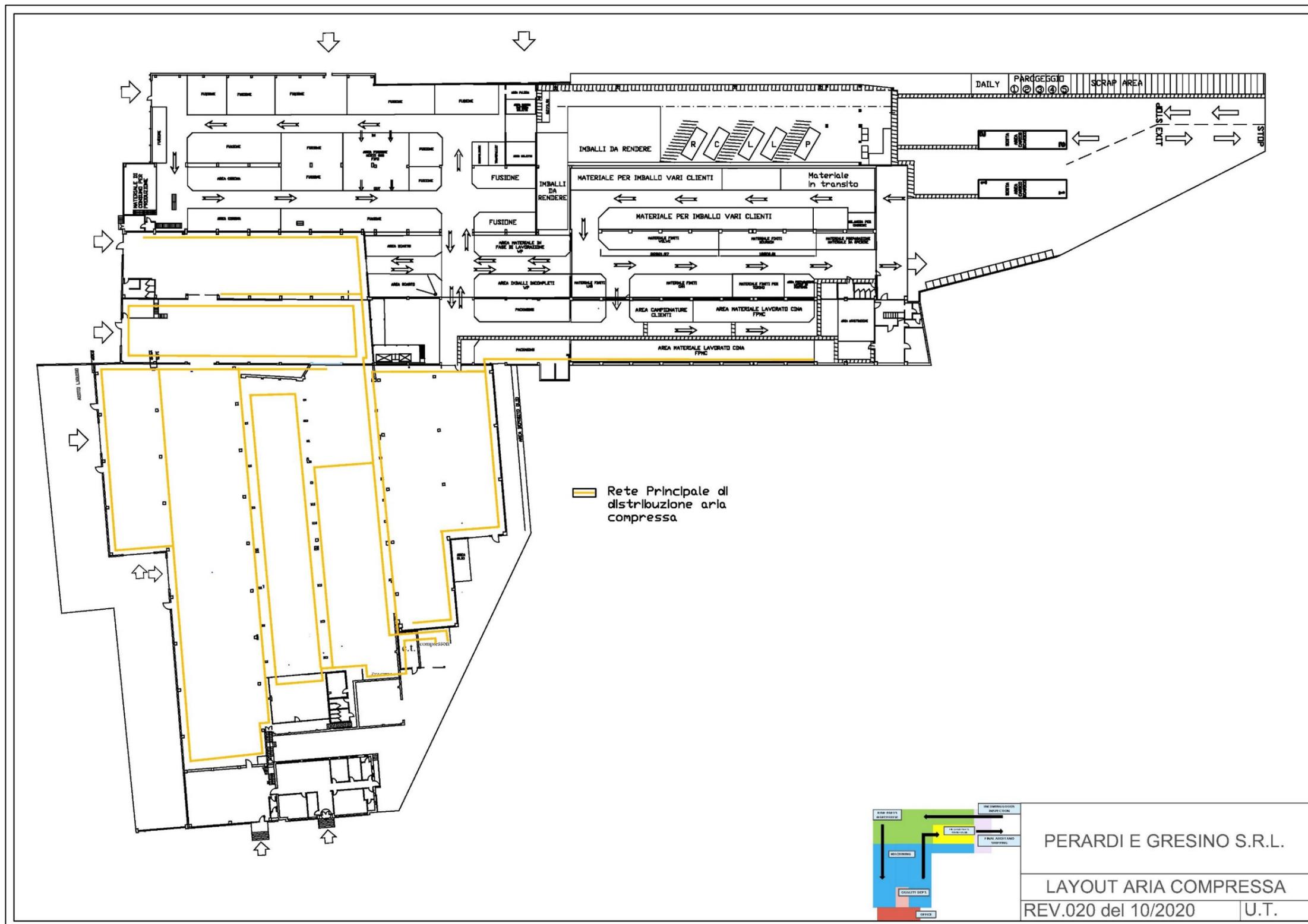


Figura 41 - Planimetria aria compressa

1) La prima analisi richiesta è dedicata al fabbisogno dell'impianto e alle sue caratteristiche, dove un primo step richiede la qualità dell'aria, che nel caso dell'azienda in analisi è nella categoria dell'aria di processo, infatti i macchinari al suo interno richiedono aria priva di vapore e di inquinanti in quanto il vapore potrebbe causare corrosione degli stessi mentre gli inquinanti potrebbero limitare fino a bloccare i movimenti degli organi di lavorazione. Un secondo step richiede la determinazione della portata necessaria degli impianti, che può essere stimata tramite la somma dei consumi medi di tutti i macchinari e delle attrezzature; avendo "PEG" un elevato numero di utilizzatori finali sono state eseguite due settimane di analisi dei consumi per determinarne il valore medio. Tramite l'analisi eseguita dall'azienda esterna "KAESER" sono stati stimati 13 Nm³/min di consumo medio mentre in condizioni di fermo produttivo 10 Nm³/min, come si evince dalle figure sotto riportate.

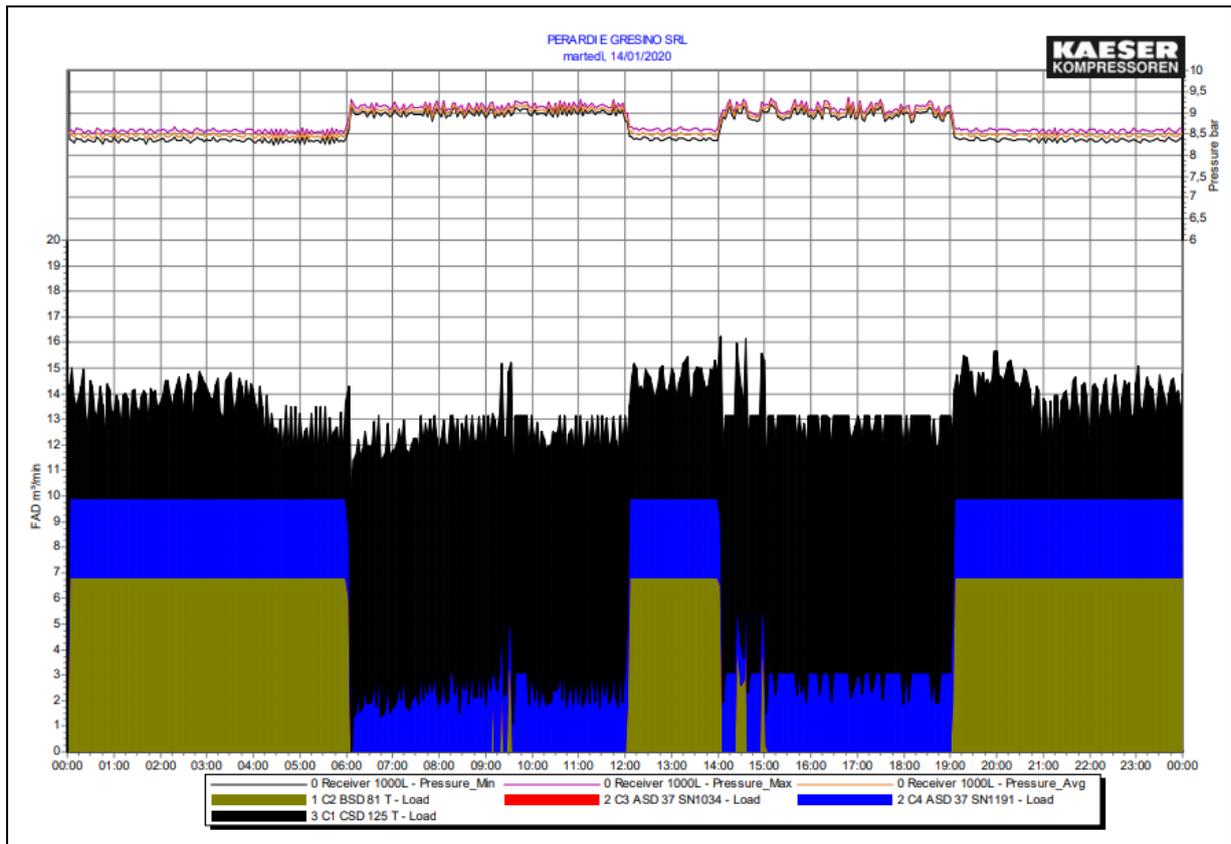


Figura 42 - Andamento dei consumi di aria compressa a carico

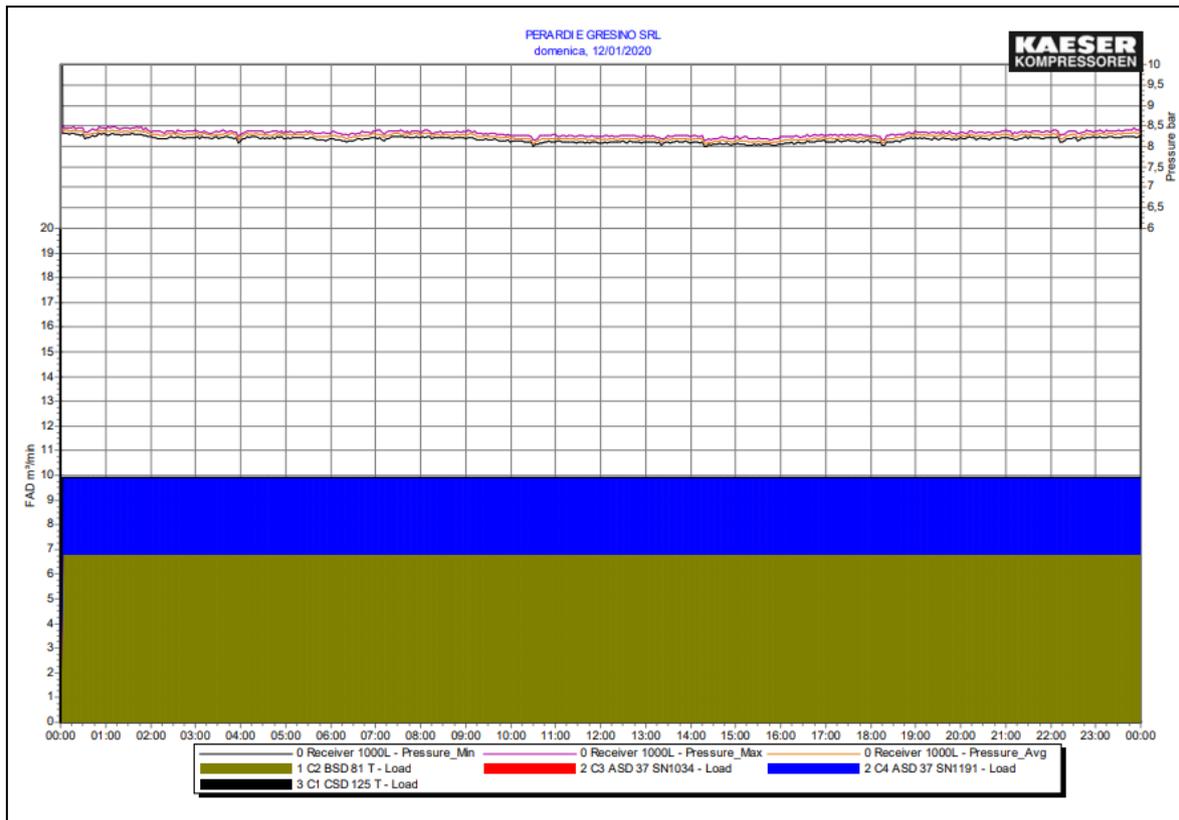


Figura 43 - Andamento dei consumi di aria compressa durante i fermi

Come è possibile notare la differenza tra la produzione e i fermi non è risultata rilevante per cui si è stimata un'elevata presenza di perdite che verranno analizzate nel terzo punto di questa analisi. Il passaggio successivo prevede l'analisi dei livelli di pressione richiesti dal sistema la quale è presente nell'analisi eseguita da "KAESER" e in cui si può definire in fase produttiva un valore medio di pressione di 9 bar; attualmente per sopperire alle richieste del reparto produttivo è stata aumentata a 10 bar, ma, una volta risolto il problema verrà riportato a 9 bar.

- 2) la seconda verifica è la determinazione degli usi inappropriati in quanto l'aria compressa risulta essere la forma di energia più costosa dello stabilimento ed un utilizzo corretto può comportare un notevole risparmio. Uno degli usi inappropriati rilevati è stato l'uso di tubi irregolari nelle pistole ad aria utilizzate per la pulizia dei pezzi prodotti una volta terminata la lavorazione. Il collegamento di suddette pistole d'aria alla linea di alimentazione principale,

che le alimenta a 7-8 bar, introduce un elevato livello di inquinamento acustico ad ogni utilizzo, ed essendo la durata media di un ciclo di lavoro di circa 6 minuti e 21 le linee produttive, l'inquinamento acustico causato non è trascurabile. Pertanto, avere una linea secondaria alimentata a media pressione e l'utilizzo di ugelli silenziati per migliorare ulteriormente il comfort acustico aziendale sarebbe auspicabile. Un' altro utilizzo è l'alimentazione degli utensili con aria compressa, questi possono essere sostituiti da sistemi elettrici a batteria eliminando la conversione da energia elettrica ad aria compressa aumentando l'efficienza complessiva del sistema. L'ultimo utilizzo improprio è l'alimentazione di utensili in zone in cui si ha un uso sporadico degli stessi e situati lontani dalla zona di produzione dell'aria compressa che creano un'ulteriore perdita distribuita, la soluzione a questo problema è la chiusura del ramo dedicato della linea e l'implementazione di un compressore elettrico di portata ridotta direttamente nella zona interessata. Nelle figure 41 e 42 sono riportate rispettivamente la situazione attuale e quella futura delle pistole ad aria.



Figura 44 - Pistola d'aria non silenziata con assenza di ugello



Figura 45 - Pistola d'aria compressa con ugello silenziato

3) la terza analisi è la rilevazione delle perdite la quale è stata eseguita tramite l'uso di un fonometro; questo strumento permette di identificare il luogo in cui è situata la perdita e di stimarne il valore monetario in funzione del livello sonoro. Avendo però lo strumento un fondo scala vi è la possibilità che il valore del rumore effettivo sia superiore a quello misurato non permettendo di conseguenza la valutazione completa della perdita sottostimandola, in questo caso suddetti valori sono riportati in rosso. Tale attività è stata svolta dall'azienda esterna specializzata "SAFEN, FLUID AND MECHANICAL ENGINEERING" con strumentazioni adeguate e personale qualificato. Vi è comunque la possibilità che alcune perdite non siano state rilevate in quanto situate in prossimità di perdite di maggiore entità le quali coprono il rumore generato dalle perdite secondarie, per questo motivo una volta effettuata la bonifica andrebbe ripetuta l'analisi per verificare la reale eliminazione di tutte perdite.

Di seguito, si riporta la tabella riassuntiva delle perdite rilevate:

Tabella 12 - Riassunto perdite impianto aria compressa

TAG.	L/min	€/anno	Descrizione zona di installazione
L#001	0,5	6,00€	sala compressori
L#002	49,9	550,00€	abb3
L#003	26,3	290,00€	abb3
L#004	27,6	304,00€	abb3
L#005	26,2	289,00€	abb3
L#006	4,9	54,00€	abb3
L#007	5,7	63,00€	abb3
L#008	170,5	1.882,00€	abb3
L#009	20,1	222,00€	abb3
L#010	14,8	163,00€	abb3
L#011	18,4	203,00€	abb3
L#012	170,5	1.882,00€	abb2
L#013	26,5	292,00€	abb2
L#014	58,9	650,00€	abb2
L#015	64,6	713,00€	abb2
L#016	35,4	391,00€	abb2
L#017	16,9	186,00€	abb2
L#018	9,6	106,00€	abb2
L#019	170,5	1.882,00€	abb7
L#020	14,4	159,00€	abb7
L#021	17,8	197,00€	abb7
L#022	23,9	264,00€	abb7
L#023	2,1	23,00€	abb6
L#024	14,2	157,00€	abb6
L#025	21,3	235,00€	abb6
L#026	141,2	1.559,00	abb6
L#027	3,7	41,00€	abb12
L#028	2,6	29,00€	abb12
L#029	11,8	130,00€	abb12
L#030	2,8	31,00€	abb12
L#031	2,8	31,00€	abb12
L#032	2,6	29,00€	abb12
L#033	12,5	138,00€	abb12
L#034	4,8	53,00€	m1
L#035	18,2	201,00€	m1
L#036	21,3	235,00€	abb11
L#037	3,7	41,00€	abb11
L#038	52,7	581,00€	hx630i
L#039	21,5	237,00€	
L#040	22,4	247,00€	hx500i

TAG.	L/min	€/anno	Descrizione zona di installazione
L#041	170,5	1.882,00€	hx500i
L#042	13	143,00€	abb8
L#043	104,1	1.149,00	sopra abb8
L#044	9,9	109,00€	
L#045	170,5	1.882,00€	abb8
L#046	170,5	1.882,00€	abb8
L#047	26,8	296,00€	
L#048	60,8	671,00€	robotabb8
L#049	81,9	904,00€	dentro centro abb8
L#050	12,9	142,00€	abb9
L#051	170,5	1.882,00	abb9
L#052	11,3	125,00€	abb9
L#053	27,4	303,00€	abb10
L#054	26,9	297,00€	abb10
L#055	10,9	121,00€	abb10
L#056	9,7	107,00€	abb10
L#057	3,4	38,00€	abb10
L#058	29,2	322,00€	abb10
L#059	21,6	238,00€	abb10
L#060	15,5	171,00€	abb10
L#061	41	453,00€	abb10
L#062	2,2	24,00€	abb10
L#063	12,6	139,00€	abb10
L#064	170,5	1.882,00€	abb10
L#065	170,5	1.882,00€	abb8
L#066	20,2	222,00€	95
L#067	18,4	203,00€	94
L#068	7,8	86,00€	87
L#069	5	55,00€	87
L#070	1,2	13,00€	49
L#071	13,6	150,00€	89
L#072	1,5	17,00€	89
L#073	7,6	84,00€	83
L#074	48,6	536,00€	86
L#075	2,6	29,00€	102
L#076	170,5	1.882,00€	m3
L#077	34,3	379,00€	35
L#078	4,1	46,00€	35
L#079	8	89,00€	m7
L#080	6,8	75,00€	m71
L#081	2,1	23,00€	m71
L#082	2,5	28,00€	m71
L#083	10,4	115,00€	di fronte m71

TAG.	L/min	€/anno	Descrizione zona di installazione
L#084	170,5	1.882,00€	36
L#085	10,7	118,00€	36
L#086	10,2	112,00€	63
L#087	5,7	63,00€	fronte 70
L#088	5,1	57,00€	70
L#089	3,1	34,00€	70
L#090	17,7	196,00€	accettaz mater
L#091	170,5	1.882,00€	accettaz mater
TOTALE	3.638,9	40.166,00€	

Dalla tabella 12 si evince come il risultato della fonometria effettuata sia molto interessante, in quanto, la somma delle perdite rilevate si attesta intorno ai 3,6 Nm³, cioè il 36% della produzione complessiva dello stabilimento comportando una perdita economica di circa 40.000 € annui, quindi una notevole inefficienza nel sistema oltre a un notevole spreco di risorse.

A titolo di esempio di riporta una foto esemplificativa di una delle perdite rilevate, dove sono riportati la posizione, il livello sonoro, il flusso uscente e la perdita economica.

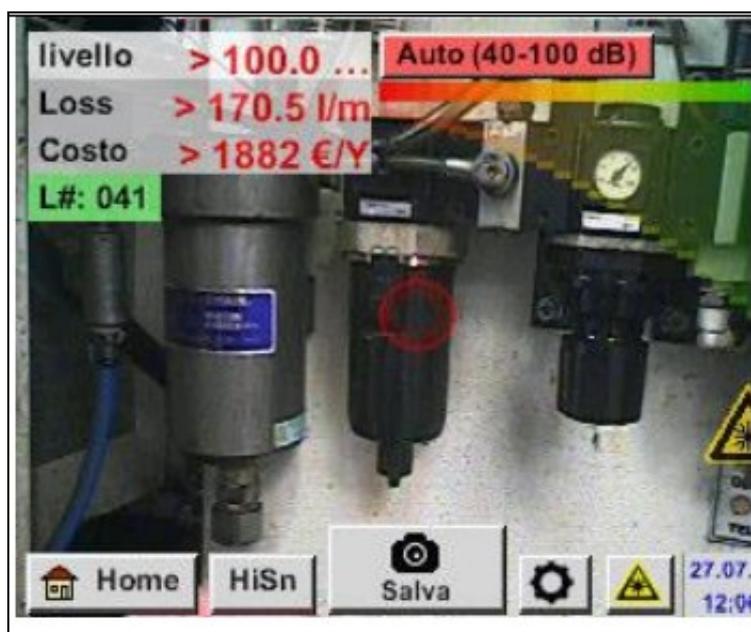


Figura 46 - Perdita presso Hx500i

4) Il passaggio successivo è l'analisi delle cadute di pressione lungo la linea, questo serve a verificare la buona progettazione delle stesse, infatti quando una linea risulta ben progettata il valore delle perdite di pressione si attesta intorno al 10%, all'aumentare di tale valore diminuisce l'efficienza del sistema, infatti, incrementando le perdite di pressione è necessaria maggiore energia per la produzione dell'aria compressa.

Per mantenere la pressione richiesta dalla produzione e dai macchinari, all'aumentare delle perdite si incrementa la pressione richiesta all'uscita dei compressori, ciò causa un aumento diretto dei consumi energetici della sala compressori. L'attuale rete pneumatica della "PEG" è nata tramite stratificazione tecnologica, ovvero, è stata ampliata insieme all'espansione aziendale, ciò ha comportato un sottodimensionamento della rete e dunque l'aumento della velocità dell'aria compressa e di conseguenza l'aumento delle perdite di carico distribuite e localizzate, le quali possono essere valutate tramite le seguenti formulazioni:

- perdite di carico distribuite, sono le perdite che si hanno a causa della viscosità del fluido in movimento e vengono quantificate tramite la seguente formulazione:

$$p_d = \lambda \frac{L}{d} \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

dove L rappresenta la lunghezza del tubo, d il diametro del tubo, v la velocità del fluido, g l'accelerazione di gravità e λ il fattore di attrito di Darcy, il quale a sua volta è definito tramite il numero di Reynolds che definisce la tipologia di regime in funzione della velocità del fluido. Nell'azienda questo fattore causa un elevato valore di perdite perché la rete ha una lunghezza non trascurabile in quanto la sala compressori alimenta ogni zona dello stabilimento anche quelle con usi sporadici come la zona dell'accettazione e di derivazioni ad oggi non più utilizzate, le quali rappresentano il processo evolutivo della produzione aziendale nel tempo; queste derivazioni sono presenti su ogni colonna della zona di lavorazione;

- perdite di carico concentrate, sono dovute a curve restringimenti, derivazioni, ecc...

$$p_c = \zeta_a \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

dove ζ_a è il coefficiente di perdita localizzata.



Figura 47 - Ampliamento rete aria compressa capannone nuovo

Al fine di ridurre le cadute di pressione è quindi necessaria la completa riprogettazione del sistema distributivo, riducendo le distanze tramite l'eliminazione della linea che arriva alla zona accettazione, in quanto in suddetta zona si ha un uso sporadico di aria per cui si consiglia l'installazione di un compressore da predisporre in prossimità di essa e l'eliminazione definitiva di tutte le discese ad oggi non utilizzate.

- 5) L'ultima analisi è lo studio della sala compressori, la quale è cresciuta nel tempo con una "stratificazione tecnologica" delle macchine, infatti rispecchia la maggiore necessità di aria compressa a causa delle numerose macchine operatrici aggiunte negli anni, la cui richiesta è stata sopperita tramite il semplice aumento della potenza della sala compressori. Tutte le macchine sono a velocità fissa, ovvero con modalità di regolazione di tipo ON/OFF, ma la

manca di serbatoi presenti nella sala compressori e il sottodimensionamento di quelli predisposti lungo la linea rende altamente inefficiente questa soluzione.

Di seguito si riporta la lista dei compressori presenti in azienda:

Tabella 13 - Anagrafica compressori

Costruttore	Kaeser	Kaeser	Kaeser	Kaeser	Sigma	Sigma
Modello	CSD 125T	BSD 81T	ASD 37	ASD 37	AS 36	AS 36
Tipo di regolazione	On-off	On-off	On-off	On-off	On-off	On-off
Potenza nominale [kW]	75	45	22	22	22	22
Portata alla pressione [Nm³/min]	10,07	6,86	3,14	3,14	3,14	3,14

Come si può notare tutti i compressori sono con regolazione on/off e questo rende impossibile la regolazione causando un notevole spreco energetico. La soluzione ottimale nel breve periodo sarebbe l'introduzione di un inverter su uno degli attuali compressori ma essendo essi ormai datati e con un notevole numero di ore di lavoro, considerando anche quanto analizzato nei punti precedenti, è consigliabile eseguire prima gli interventi precedentemente riportati rivalutando il fabbisogno dello stabilimento e solo dopo prendere in considerazione un investimento di sostituzione di almeno uno dei compressori con uno a velocità variabile.



Figura 48 - Vista della sala compressori



Figura 49 - Vista della sala compressori

Il consumo annuo energetico per i compressori e la sala compressori viene riportato nella tabella seguente:

Tabella 14 - Stima dei consumi sala compressori

Costruttore	Kaeser	Kaeser	Kaeser	Kaeser	Sigma	Sigma
Modello	CSD 125T	BSD 81T	ASD 37	ASD 37	AS 36	AS 36
Potenza a pieno carico [kW]	89	59	27	27	27	27
Energia consumata annua [kWh]	644.755	125.074	95.652	0	0	30.422
Costo energia elettrica annua [€]	103.160,8	20.011,84	15.304,32	0	0	4.867,52

Da questa stima è possibile evidenziare come il consumo annuo dei compressori si attesti intorno ai 900.000 kWh per un costo totale stimato di circa 145.000 €, di cui attualmente circa 40.000 € (27,5 %) sono sprecati in perdite incontrollate, da qui si vede l'importanza del terzo step sulla bonifica delle perdite, il quale nonostante risulti un passaggio relativamente semplice può generare un notevole risparmio economico.

A causa di un problema ad un macchinario della linea ABB12 è stato necessario aumentare la pressione dell'intera linea di un bar, portandola a un massimo di circa 10,5 bar, questo aumento è stato monitorato al fine di verificare il beneficio che si otterrebbe riducendo la pressione di alimentazione dell'intera linea, infatti, questo aumento causa il funzionamento 24 ore su 24 ore per tutti i giorni lavorativi dei quattro compressori principali portando a un aumento dei consumi di circa 60.000 kWh e in termini economici di circa 9.000 € annui.

Come già evidenziato, sui motori elettrici dei compressori una soluzione possibile per aumentarne l'efficienza e ridurne i consumi è la possibile installazione di inverter ma a causa dell'elevato numero di anni e di ore di funzionamento di ogni compressore si corre il rischio che l'investimento non si possa ripagare col tempo, a causa della possibile rottura del motore stesso.

Per la stima dei consumi elettrici dalla sala compressori è stata eseguita, in assenza di misuratori, una campagna di misurazione con durata di due settimane in cui tramite la lettura dei pannelli di controllo presenti su ogni compressore sono state lette il numero totale di ore in funzionamento a carico e quelle in funzionamento a vuoto, successivamente sono stati misurati il valore di consumo di energia elettrica a carico e a vuoto:

$$E_{el}[kWh] = P_{el,carico} * h_{carico} + P_{el,vuoto} * h_{vuoto}$$

Dopo aver eseguito le suddette analisi la “PEG” ha deciso di iniziare un progetto di rifacimento completo della rete di aria compressa iniziando i lavori su una singola linea campione per poi valutarne i risparmi generati e se soddisfacenti implementarli sulle altre. Successivamente verranno riprogettate le dorsali principali di distribuzione le quali richiedono maggiori investimenti e tempo ma soprattutto, avendo oggi un valore così elevato di perdite si rischia il sovradimensionamento delle stesse. Come ultimo step si è pensato di riprogettare l’area compressori in quanto anche se necessita di un elevato investimento per garantire il funzionamento ottimale, riducendo al minimo la regolazione, è necessario valutare il corretto dimensionamento dei compressori.

L’azienda “SAFEN, FLUID AND MECHANICAL ENGINEERING” ha inviato una proposta di progetto della linea dell’aria compressa della prima isola presa in esame che sarà costituita da una rete principale alimentata alla pressione di rete 8-9 bar, la quale alimenta i macchinari e una sottorete a pressione più bassa, 4 bar come livello di iniziale di prova, per l’alimentazione delle pistole ad aria compressa che sono state richieste silenziate per ridurre il rischio dovuto all’inquinamento acustico.

La sottorete sarà costituita da due serbatoi in pressione che permetteranno lo stoccaggio e l’utilizzo dell’aria per le pistole ad aria a pressioni minori riducendo così i rischi per l’operatore ed i consumi. Inoltre sulle linee è prevista l’installazione di sensori per garantirne una migliore gestione e manutenzione e per poter richiedere le agevolazioni riguardanti il piano Nazionale d’impresa 4.0, il quale riduce il tempo di rientro dell’investimento rendendolo più interessante per l’azienda.

In Figura 44 viene riportata la vista dell'impianto progettato da "SAFEN, FLUID AND MECHANICAL ENGINEERING" in cui è possibile vedere il percorso della linea principale e della secondaria, inoltre sono stati previsti degli attacchi rapidi per gli attrezzisti alla pressione di rete e la sostituzione di tutti gli utensili alimentati ad aria compressa con utensili a batteria.

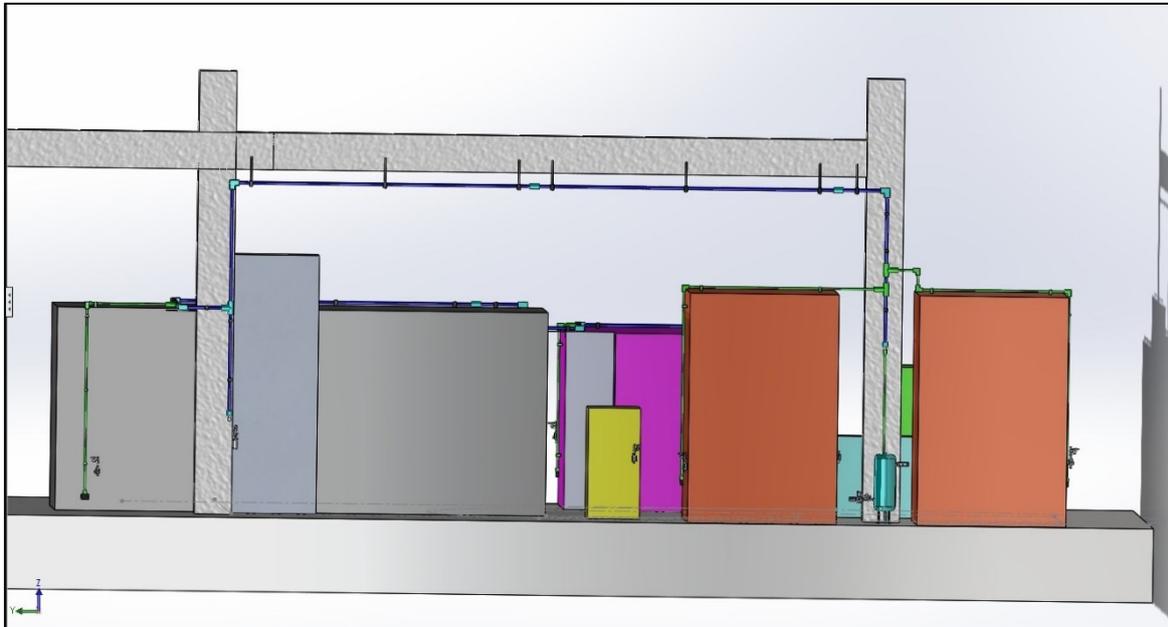


Figura 50 - Vista del progetto della linea ABB13

3.4. Impianto di illuminazione

Nella società "PEG" ci sono due diversi tipi di tipologie di illuminazioni, quelle a LED nella palazzina uffici e nei reparti "ROBOT, 1 e 2" mentre nel reparto "NUOVO" troviamo lampade fluorescenti tubolari chiamati anche neon.

Nella palazzina uffici essendo la zona di rappresentanza dell'azienda è stata installata una tipologia di luci LED con una linea più adeguata agli ambienti, le "150220-07 – 845 Comfort Panel LED – IP54" della Disano illuminazione riportate in Figura 51, mentre nella zona di lavorazione nei reparti "ROBOT, 1 e 2", troviamo lampade "56333 – 3f CUB LED 150 W CR VT" della Filippi; in questi reparti non sono possibili interventi di efficienza rilevanti in quanto la migliore tecnologia disponibile è già stata installata e l'unica modifica rilevante sarebbe l'introduzione di lampade con regolazione del

flusso luminoso che richiederebbero un investimento di circa 150.000 € ma il risparmio sarebbe ottenuto solo dalla fase di regolazione e non dal cambio di tecnologia, quindi porterebbe a un pay-back troppo lungo e non economicamente conveniente.



Figura 51 - 150220-07-845 Comfort Panel LED - IP54



Figura 52 - 56333 - 3f CUB LED 150 W CR V

Nel reparto “NUOVO” è presente un impianto di illuminazione con lampade a neon installato nel 2008 durante la costruzione del reparto stesso, all’epoca si sarebbe valuta l’installazione di lampade a LED ma presentava un costo d’investimento troppo elevato da unire alla costruzione e progettazione. Attualmente sono presenti 111 plafoniere con all’interno 2 lampade a neon da 58 W, per una potenza totale installata di 12.876 W, suddette plafoniere presentando inserti in plastica e

avendo ormai raggiunto 12 anni di vita utile, richiedono una manutenzione più attenta e la possibilità di costi aggiuntivi rispetto alla semplice sostituzione del neon. I costi variano da 3,60 € per la sostituzione del singolo tubo fino a 5 € per la sostituzione aggiuntiva degli inserti, questa sostituzione aggiuntiva non presenta un costo elevato ma causa l'aumento del tempo di sostituzione di ogni singola lampada e di conseguenza il costo della manutenzione.

Per quanto sopra riportato e visto l'invecchiamento dell'impianto nel suddetto reparto è stata valutata l'offerta della ditta "CEI s.r.l. Costruzioni Elettriche Industriali", la quale prevede la sostituzione dell'impianto esistente con un impianto LED con illuminazione di emergenza integrata con lampade "56333 – 3f CUB LED 150 W CR VT" della Filippi; la sostituzione prevede 30 lampade ordinarie e 13 lampade con kit di emergenza integrato per un totale di 43 lampade per una potenza totale da installarsi di 6450 W e quindi con un risparmio energetico rilevante. Lo studio per la valutazione del numero di lampade è stato verificato tramite il programma di simulazione illuminotecnica "Dialux" al fine di garantire il compito visivo dove il codice di riferimento è "2.13.4 – Lavorazine di macchina grossolana e media: tolleranza maggiore o uguale a 0,1 mm" il cui compito visivo E_m (illuminamento medio mantenuto) è di 300 lx.

L'efficientamento energetico nell'ambito industriale ha due aspetti chiave: il risparmio energetico e all'aumento della vita utile.

Il primo aspetto, relativo al risparmio energetico è valutato con le seguenti formulazioni:

- la diminuzione della potenza installata a parità di illuminamento, questo risparmio viene valutato tramite la seguente formulazione $R_p = (P_{ante} - P_{post}) * h * n_{lampade} \left[\frac{kWh}{a} \right]$, dove P_{ante} è la potenza esistente, P_{post} è la potenza del nuovo impianto, h è il numero di ore di funzionamento dell'impianto e $n_{lampade}$ è il numero di lampade presenti;
- la riduzione delle ore di funzionamento mediante l'adozione di sensori di presenza e/o di luminosità esterna $R_h = P_{ante} * h * n_{lampade} * f_p \left[\frac{kWh}{a} \right]$, dove f_p è il fattore di presenza;

- l'adozione di reattori elettronici al posto dei ferromagnetici, intrinseco nell'installazione di lampada ad alta efficienza quali i LED $R_R = P_{ante} * h * n_{lampade} * f_r \left[\frac{kWh}{a} \right]$, dove f_r è il fattore di risparmio legato all'adozione di un reattore elettronico rispetto a uno ferromagnetico.

Il secondo aspetto è legato all'aumento della vita utile, infatti, l'illuminazione a LED presenta una vita utile media, molto maggiore rispetto ai neon ma allo stesso tempo i costi di sostituzione molto maggiori, per cui occorre valutare prima dell'intervento i costi annui di manutenzione. Gli aspetti da valutare sono:

- il costo della lampada sulla vita utile, il quale viene valutato tramite:

costo lampada sulla vita utile = prezzo di acquisto singola lampada + costo di installazione;

- costo annuo della lampada: $costo\ annuo\ lampada = \frac{costo\ lampada\ sulla\ vita\ utile}{anni\ di\ funzionamento}$

Per fare un calcolo del risparmio energetico ed economico raggiungibile sono state ipotizzate 4950 h di funzionamento, inoltre, essendo una zona di lavorazione industriale non è possibile installare sensori di presenza in quanto in ogni zona è sempre presente un operatore e quindi per motivi di sicurezza non è possibile avere zone buie, di conseguenza il fattore di risparmio per la diminuzione delle ore di funzionamento R_h sarà nullo. La diminuzione della potenza installata, R_p , comporterà un risparmio annuo di 31.808,7 kWh/annui, l'eliminazione dei reattori ferromagnetici il cui fattore f_r è stimato al 17 % comporteranno un risparmio R_R di 10.835,15 kWh/annui per un risparmio energetico annuo di 42.643,85 kWh/annui il cui valore economico è stimato a 0,16 €/kWh per un risparmio economico di 6.823,02 €/annui; già solo questo risparmio comporterebbe un Simple pay-back di 3,2 anni, a fronte di un investimento di 22.117,87 €. Come detto in precedenza vanno aggiunti i risparmi sull'aumento della vita utile, i quali vengo calcolati confrontando i costi annui di manutenzione dello stato attuale con la simulazione LED; nello stato attuale si ha un costo sulla vita utile di 34 €/lampada nello stato futuro a 377,75 €/lampada; nonostante questi costi siano notevolmente superiori sono stati

ridotti notevolmente il numero di sorgenti luminose da 222 a 43, ma fattore più importante la vita media utile passa da 15.000 h a 80.000 h, questi due fattori comportano un costo annuo delle lampade da 2.490,80 €/anno a 1.308,90 €/anno per un risparmio complessivo di 1.181,93 €/anno. Aggiungendo questo risparmio al risparmio precedentemente calcolato si ottiene un risparmio annuo di 8.004,95 €/anno riducendo il pay-back a 2,76 anni. Se si considera poi l'incentivo economico ottenibile dai TEE, riconosciuti per 5 anni per interventi di retrofit dei sistemi per l'illuminazione, il SPB dell'investimento diminuisce, rendendo ancora più vantaggioso l'intervento stesso. In particolare, il numero di TEE ottenibili in un anno risulta:

$$\left[\frac{TEE}{anno} \right] = \text{Risparmio [MWh]} * 0,187 = 42 * 0,187 = 7 \frac{TEE}{anno}$$

che, assumendo un prezzo medio di mercato di 250 €/TEE, corrispondono a un incentivo totale di 1.750 €/anno. In questo modo il SPB risulta essere:

$$SPB = \frac{\text{Investimento}}{\text{Risparmio annuo} + \text{Incentivo TEE}} = \frac{22.117,87}{8.004,95 + 1.750} = 2,3 \text{ anni}$$

Inoltre, essendo la vita utile della tecnologia LED di circa 10 anni, questo intervento risulta molto interessante, in quanto dopo 2,3 anni tutti i risparmi conseguiti risulteranno utili aggiuntivi per l'azienda, va considerato anche che a livello industriale il pay-back accettabile dal punto di vista aziendale si attesta a circa 2-3 anni.

Conclusioni

Nella prima parte di questo elaborato è stata effettuata una panoramica sugli scenari futuri di sviluppo economico dei paesi in forte sviluppo industriale la quale comporta delle modifiche nelle politiche energetiche nazionali, nella seconda parte vengono descritti i principali impianti che si possono trovare all'interno delle strutture aziendali quali: impianti di aria compressa, impianti termici e impianti di illuminazione.

Suddetti impianti sono i principali punti di intervento di un'analisi energetica per un'attività che comporta lavorazioni a freddo come quelle effettuate nell'azienda "PEG"; in questa azienda la centrale termica è adibita solo al riscaldamento degli ambienti lavorativi e di conseguenza ha un consumo distribuito nella sola stagione di invernale mentre la rete di aria compressa, come descritto dalla società esterna interpellata per la riprogettazione, nella maggior parte delle strutture metalmeccaniche non viene considerata come uno dei vettori di maggior consumo energetico, spesso non se ne conosce neppure l'impatto sulla bolletta in quanto il pensiero comune è considerarla "solo aria" senza valutare il fabbisogno energetico necessario per la compressione.

A seguito dell'analisi effettuata, si è arrivati alla conclusione che la società "PEG" ha la possibilità di effettuare interventi di efficientamento energetico in diversi settori:

- **Impianto di riscaldamento e caldaie** - la sostituzione completa è stata rimandata in quanto il pay-back risulta poco o per nulla competitivo; per sopperire ai problemi creatisi nello scorso mese di gennaio, formazione di zone termiche diverse all'interno della zona produttiva che genera discomfort agli operatori, l'azienda ha preso in considerazione la riprogettazione dell'impianto e ha chiesto al progettista di integrare nello studio la fattibilità di recupero termico dai compressori;
- **Rete di aria compressa** - risulta essere il vettore energetico principale per il funzionamento produttivo dell'azienda e ne definisce il cuore pulsante in quanto un fermo dell'impianto porterebbe a un fermo totale della produzione aziendale causando una ripercussione

economica e di immagine. Suddetto impianto richiede un investimento non trascurabile ma, visto l'elevato livello di perdite attuali, la struttura e l'organizzazione della rete di distribuzione presenta una possibilità di Saving annuo elevato con un rientro d'investimento molto interessante. Il costo complessivo per la progettazione e la realizzazione di una nuova rete si attesta intorno ai 200.000 € con una possibilità di risparmio di circa 70.000-80.000 € anno e un pay-back tra 2-3 anni; l'azienda ha avviato il progetto di rinnovamento approfittando della necessità di spostare alcune macchine per la realizzazione di una nuova isola produttiva per poi analizzarne i risultati e decidere se continuare l'implementazione sulle altre isole produttive esistenti;

- **Impianto d'illuminazione** - il beneficio visivo e il rapido rientro economico ottenibile con la sostituzione dell'intero impianto ancora a neon, nell' area reparto "NUOVO", con un impianto a LED è stato valutato positivamente grazie al pay-back di 2-3 anni e un costo di investimento di circa 20.000 €, inoltre la riduzione della manutenzione necessaria per gli impianti LED già esistenti in azienda è valutata molto positivamente dalla dirigenza aziendale e attualmente si stanno valutando le tempistiche di avvio.

Bibliografia

[1] ONU, «World Population Prospects 2019: Highlights». Available:

<https://www.un.org/development/desa/publications/world-population-prospects-2019-highlights.html>

[2] <https://ourworldindata.org/grapher/annual-co2-emissions-per-country>

[3] <https://www.iea.org/countries/italy>

[4] <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/it/sheet/68/politica-energetica-principi-general>

[5] <https://energiaclima2030.mise.gov.it/index.php/il-piano/obiettivi>

[6] nuova Strategia Energetica Nazionale (SEN),

https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/testo_della_StrategiaEnergeticaNazionale_2017.pdf

[7] <https://www.gse.it/servizi-per-te/fonti-rinnovabili/fuel-mix/documenti>

[8] Intensità energetica, ENEA, <https://www.enea.it/it/seguici/le-parole-dellenergia/fonti-rinnovabili-scenari-e-politiche/intensita-energetica>

[9] Relazione annuale sull'efficienza energetica, MISE,

https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/IT_Relazione_Annuale_EE_2020.pdf

[10] Pubblicato il testo definitivo del Piano Energia e Clima (PNIEC), MISE,

<https://www.mise.gov.it/index.php/it/2040668>

[11] le agevolazioni fiscali per il risparmio energetico, Agenzia delle entrate,

[https://www.agenziaentrate.gov.it/portale/documents/20143/233439/Agevolazioni+fiscali+per+risparmio+energetico+it_Guida_Agevolazioni_Risparmio_Energetico.pdf/364ab72b-b873-c28e-1e75-](https://www.agenziaentrate.gov.it/portale/documents/20143/233439/Agevolazioni+fiscali+per+risparmio+energetico+it_Guida_Agevolazioni_Risparmio_Energetico.pdf/364ab72b-b873-c28e-1e75-0ebbf0cdd7a5#:~:text=La%20legge%20di%20bilancio%202019,di%20riqualificazione%20energetica%20degli%20edifici.)

[0ebbf0cdd7a5#:~:text=La%20legge%20di%20bilancio%202019,di%20riqualificazione%20energetica%20degli%20edifici.](https://www.agenziaentrate.gov.it/portale/documents/20143/233439/Agevolazioni+fiscali+per+risparmio+energetico+it_Guida_Agevolazioni_Risparmio_Energetico.pdf/364ab72b-b873-c28e-1e75-0ebbf0cdd7a5#:~:text=La%20legge%20di%20bilancio%202019,di%20riqualificazione%20energetica%20degli%20edifici.)

[12] Fondo Nazionale Efficienza Energetica, MISE, <https://www.mise.gov.it/index.php/it/energia/efficienza-energetica/fondo-nazionale-efficienza-energetica>

[13] Programma per la Riqualificazione Energetica degli edifici della Pubblica Amministrazione Centrale – PREPAC, ENEA, <https://www.energiaenergetica.enea.it/servizi-per/pubblica-amministrazione/riqualificazione-energetica-degli-edifici-della-pubblica-amministrazione/programma-per-la-riqualificazione-energetica-degli-edifici-della-pa.html>

[14] Ecobonus automotive – Incentivi per la mobilità sostenibile, MISE, <https://www.mise.gov.it/index.php/it/impresa/68-incentivi/2039556-ecobonus-incentivo-per-la-mobilita-sostenibile>

[15] Campagna di Formazione e Informazione sull'efficienza energetica, ENEA, <http://italiainclassea.enea.it/programma/>

[16] La politica di coesione dell'UE 2014-2020, Commissione europea, https://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/informat/2014/fiche_low_carbon_it.pdf

[17] PIANO NAZIONALE DI IMPRESA 4.0, DATALOG, <https://www.datalog.it/piano-nazionale-di-impresa-4-0-cose-e-quali-vantaggi-offre/>

[18] https://issuu.com/industryupdate/docs/ind_up_issue112_feb_2020_nat_lr/s/10269344

[19] Sistemi a pressare per impianti aria compressa

<https://www.racmet.com/public/file/racmet-manuale-pessare-aria-compressa-italiano-32276.pdf>

[20] Improving Compressed Air System Performance, U.S. Department of Energy Energy Efficiency and Renewable Energy

[21] L'impianto termico: cosa è e quali sono i principali obblighi legislativi a cui è sottoposto,

<http://www.ridopuntoenergia.it/2017/05/23/l-impianto-termico>

[22] <https://www.ideegreen.it/come-funziona-caldaia-a-condensazione-47196.html>

[23] Corso di Energetica e fonti rinnovabili, Corso di laurea triennale in Energetica, S. Caruso e G. V. Fracastoro

[24] Le pompe di calore: Tipologie di macchine a pompa di calore Dimensionamento Impianto termico e scelta della pompa di calore. Casi esempio

http://www.bologna.enea.it/FEM/FILES/Bologna_2020/CALABRESE/2020_02_06_PDC_Calabrese.pdf

[25] Corso di Sistemi per l'illuminazione e il controllo del rumore, Corso di laurea magistrale in Energetica e Nucleare, A. Pellegrino e A. Schiavi

[26] Corso di Impiego industriale dell'energia, Corso di laurea magistrale in Energetica e Nucleare, M. Badami

[27] https://www.alternativeenergetiche.it/index.php?option=com_content&view=article&id=73&Itemid=91

[28] <https://www.elle3service.it/riscaldamento/>

[29] <https://www.logical.it/progettazione-approfondimenti/efficienza-energetica-degli-edifici/la-firma-energetica-cos-e-e-come-si-legge>

[30] <https://www.arera.it/allegati/docs/06/181-06tab.pdf>