

# AUDIT ENERGETICO

ANNO DI RIFERIMENTO CONSUMI: 2021



STABILIMENTO DI PIEVE VERGONTE (VB)



**AICE SCARL** - VIA G. MARCORA N. 11 - 20121 MILANO

PEC: AICESCARL@PEC.IT

Sede Legale Via De Sanctis 74 - 20141 Milano

C.F. / P.IVA / Registro Imprese Milano 12743540150

## SOMMARIO

A. Premessa.....	3
A.1 Nota su chi ha redatto la diagnosi energetica .....	3
A.2 Dati dell'azienda .....	5
A.3 Periodo di riferimento .....	5
A.4 Unita' di misura e fattori di conversione .....	5
B. Descrizione dello stabilimento e del processo produttivo .....	6
B.1 Descrizione dello stabilimento HYDROCHEM ITALIA SRL di PIEVE VERGONTE.....	6
B.1.1 Materie prime.....	7
B.1.2 Prodotti.....	8
B.2 Descrizione processo produttivo .....	10
B.2.1 Attività principali .....	13
B.2.2 Servizi ausiliari .....	32
B.2.3 Servizi generali.....	38
C. Analisi energetica .....	41
C.1 Metodo di Raccolta Dati .....	41
C.2 Dati di conduzione .....	43
C.3 Schema energetico .....	44
C.4 Consumi energetici .....	45
C.4.1 Analisi consumi Triennio 2019 – 2021 .....	45
C.4.2 Analisi consumi 2021 .....	54
C.4.3 attività principali .....	60
C.4.4 servizi ausiliari.....	66
C.4.5 servizi generali .....	77
D. analisi degli indici di prestazione.....	78
D.1 Riepilogo Indici di prestazione.....	78
D.2 Confronto indici di prestazione .....	80
E. Interventi di efficientamento energetico.....	82
E.1 Interventi effettuati nel triennio 2019 - 2021.....	82
E.2 Interventi individuati .....	83
E.2.1 Recupero di calore per il riscaldamento della salamoia .....	83
E.2.2 Relamping stabilimento .....	85
E.2.3 Monitoraggio e gestione efficiente produzione e distribuzione aria compressa .....	87
E.2.4 Implementazione Sistema di Gestione dell'Energia .....	88
E.2.5 Riepilogo interventi individuati.....	90
F. Indici.....	91
F.1 Indice delle Figure .....	91

F.2 Indice delle tabelle .....	92
F.3 Indice dei Grafici .....	93

## A. PREMESSA

Il presente documento è stato redatto in ottemperanza alla prescrizione ricevuta da parte del Ministero della Salute contenuta nel procedimento di rinnovo dell'AIA, relativa alla necessità di effettuare con cadenza biennale specifici "audit energetici" ai sensi del D.Lgs. 102/14 e s.m.i e conformi alla serie di norme UNI EN 16247 che stabilisce i requisiti e fornisce indicazioni per effettuare audit energetici.

L'Audit Energetico (o Diagnosi Energetica) è definito, nell'ambito della legislazione che regola l'efficienza energetica negli usi finali dell'energia, come la "procedura sistemica volta a fornire un'adeguata conoscenza del profilo di consumo energetico di un edificio o gruppo di edifici, di un'attività o impianto industriale o di servizi pubblici o privati, ad individuare e quantificare le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi-benefici e riferire in merito ai risultati".

L'Audit Energetico, quindi, è lo strumento impiegato per analizzare la gestione energetica di un'attività produttiva, di servizio e del terziario. L'audit permette di stabilire il livello di efficienza nella gestione, partendo dall'analisi delle modalità di impiego dell'energia e dei flussi energetici significativi al fine di individuare le abitudini, le fasi del processo e le macchine a maggior dispendio energetico e al fine di individuare nuove procedure comportamentali, la possibilità di recupero da diverse fasi del processo e l'opportunità di applicare tecnologie energy-saving più attuali ed innovative.

I vantaggi conseguenti alla realizzazione di un audit energetico possono quindi essere:

- Maggiore efficienza energetica del sistema;
- Riduzione dei costi per gli approvvigionamenti di energia elettrica e gas;
- Miglioramento della sostenibilità energetica e ambientale;
- Riqualificazione del sistema energetico.

Tali obiettivi sono raggiungibili tramite l'utilizzo, fra l'altro, dei seguenti strumenti:

- Razionalizzazione dei flussi energetici;
- Recupero delle energie disperse (es: recupero di calore, vettori energetici di scarto);
- Individuazione di tecnologie per il risparmio di energia;
- Autoproduzione di parte dell'energia consumata;
- Miglioramento delle modalità di conduzione e manutenzione (O&M);
- Buone pratiche;
- Ottimizzazione dei contratti di fornitura energetica

### A.1 NOTA SU CHI HA REDATTO LA DIAGNOSI ENERGETICA

La presente diagnosi energetica è stata svolta dal personale della società AICE S.C.aR.L, esterna all'azienda Cliente. Le principali attività delle suddette società nell'ambito dell'efficienza energetica sono le seguenti:

- **Gestione tecnica e amministrativa nell'ambito della richiesta di ammissione di progetti allo schema incentivante dei Certificati Bianchi** – Assistenza al Cliente in tutto l'iter di presentazione e valutazione dei progetti (PC e RC) da parte del GSE fino alla successiva vendita dei TEE tramite mercato gestito dal GME e contratti bilaterali;
- **Consulenza per la stipula dei contratti di approvvigionamento di energia elettrica e gas** – Assistenza al Cliente in tutte le fasi che accompagnano la scelta del fornitore: emissione della Richiesta di Offerta, ricerca di nuovi fornitori e valutazione delle offerte pervenute, assistenza alla stesura del contratto.
- **Gestione dei contratti di fornitura di energia elettrica e gas** – Calcolo previsionale mensile dei costi energetici, controllo delle fatture emesse dai fornitori, redazione periodica di bilanci economici relativi alle utilities energetiche.
- **Diagnosi energetiche** - Realizzazione di audit finalizzati ad un uso razionale dell'energia e alla individuazione di interventi di risparmio energetico, quali ad esempio: installazione di impianti di cogenerazione e tri-generazione, installazione di caldaie a biomassa, realizzazione di mini-centrali idroelettriche, realizzazione di piccoli impianti eolici. L'attività comprende inoltre l'espletamento delle procedure per l'acquisizione degli incentivi previsti dalla vigente normativa (Titoli di Efficienza Energetica, Emission Trading).

- **Attività di formazione e aggiornamento per Energy Manager** – Corsi di formazione e aggiornamento per energy manager comprendenti: struttura dei mercati energetici (elettrico e gas), modalità di analisi dell'efficienza energetica di impianti industriali, legislazione e normativa nell'ambito del risparmio energetico.
- **Clienti Energivori** – Consulenza per la redazione e gestione delle pratiche necessarie all'ottenimento dell'agevolazione sugli oneri generali del sistema elettrico per le imprese energivore ai sensi del DM 05.04.2013, nonché alle successive pratiche di rimborso periodiche.
- **Consulenza in ambito UNI CEI EN ISO 50001** - Servizio di accompagnamento del Cliente all'ottenimento della certificazione a partire dalla creazione di un sistema di Gestione Energia; integrazione del Sistema di Gestione Energia con Sistemi di Gestione esistenti; servizi finalizzati al mantenimento della certificazione e formazione.

AICE Scarl è una società che può operare in qualità di E.S.Co ed ha ottenuto l'accreditamento presso il sistema informativo dell'AEEG/GSE (Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas/Gestore dei Servizi Energetici) per poter accedere al mercato dei TEE. AICE è inoltre certificata secondo la norma UNI CEI 11352:2014 e può contare tra il proprio personale di una figura professionale che ha ottenuto la certificazione e l'iscrizione al registro KHC **di Esperto in Gestione dell'Energia (EGE)** secondo quanto previsto dalla norma UNI CEI 11339. AICE ha finora ottenuto l'approvazione di numerosi progetti di efficienza energetica da parte dell'AEEG/GSE; tali progetti si riferiscono a interventi di efficientamento energetico industriali realizzati presso utenti finali appartenenti ai più svariati ambiti industriali.

Di seguito si riportano le informazioni relative al soggetto che ha redatto la presente Diagnosi Energetica:

Incaricato redazione diagnosi:	
Azienda:	AICE Scarl - ESCO certificata UNI CEI 11352:2014 Certificazione n. 18211 rilasciata da Certiquality S.r.l.
Approvato da:	Christian Rossi
Posizione Aziendale:	Amministratore Delegato
Verificato da:	Ing. Dario Salvaggio
Qualifica Professionale:	Ingegnere iscritto all'ordine degli ingegneri di Milano n. A 30937
Posizione Aziendale:	Responsabile operativo progetti e servizi energetici
Qualifica Energetica:	Esperto in Gestione dell'Energia certificato UNI CEI 11339 KHC (n° reg. EGE 2582)

Redazione diagnosi energetica:	Ing. Dario Salvaggio
Azienda:	AICE Scarl - ESCO certificata UNI CEI 11352:2014 Certificazione n. 18211 rilasciata da Certiquality S.r.l.
Rapporto con il Sito	<i>esterno</i>
Team auditor redazione diagnosi	Dr. Ingegneria Pierluca Bracco
Azienda:	AICE Scarl - ESCO certificata UNI CEI 11352:2014 Certificazione n. 18211 rilasciata da Certiquality S.r.l.
Rapporto con il Sito	<i>esterno</i>

Per la raccolta dei dati di consumo energetico e della documentazione necessaria alla redazione del presente documento, il team di auditor è stato supportato da un gruppo di referenti aziendali, che ne hanno approvato il testo:

Referenti interni di Gruppo:	Ing. Annalisa Montagnani
Referenti interni di Stabilimento:	Dott. Andrea Bussenì, Ing. Luca Baldioli, Dott. Lorenzo Lombardi, Sig. Alessandro Spagnoli, Sig. Mollica Giuseppe, Sig. Gentile Giuseppe

Per il coordinamento e la pianificazione delle attività di raccolta dati, per la verifica dello stato degli impianti produttivi, per la ricognizione preliminare delle opportunità di efficientamento energetico, ecc, il Team di Auditor ha effettuato dei sopralluoghi in impianto e degli incontri con i referenti interni, a livello di gruppo o di singolo stabilimento, nelle seguenti date: 23/11/2022.

I dati di proprietà di HydroChem Italia S.r.l. contenuti in questo documento sono altamente confidenziali e sensibili, e come tali sono stati e saranno trattati con il massimo riserbo da AICE scarl, nel rispetto degli Accordi di Confidenzialità

presi. In particolare, fatta salva la condivisione a norma di legge con gli enti pubblici destinatari del documento, i dati non saranno in alcun modo divulgati a terzi, se non per fini statistici istituzionali, ed in forma completamente anonima ed aggregata, e comunque previa autorizzazione dell'Azienda.

## A.2 DATI DELL'AZIENDA

Di seguito si riportano le principali informazioni riguardanti lo stabilimento oggetto di Audit Energetico.

<b>Azienda</b>	HydroChem Italia S.r.l.
<b>Stabilimento</b>	Pieve Vergonte (VB)
<b>Ubicazione</b>	Via Mario Massari, 30, 28886 Pieve Vergonte VB
<b>P.IVA</b>	09921480159
<b>Settore merceologico</b>	Fabbricazione di prodotti chimici vari per uso industriale
<b>Codice ATECO</b>	20.59.40
<b>Numero di dipendenti</b>	87
<b>Fatturato</b>	43.908.617 €
<b>Bilancio</b>	100.595.435 €
<b>Autonoma/Associata/Collegata</b>	Collegata a Grande Impresa (ESSECO Group S.r.l.)
<b>Appartenenza energivori 2021</b>	SI

Tabella 1 - Dati sintetici HydroChem (2021)

## A.3 PERIODO DI RIFERIMENTO

Il presente Audit Energetico analizza il periodo di riferimento che tiene conto dei dati di consumo e di conduzione dello stabilimento relativi all'anno **2021**.

## A.4 UNITA' DI MISURA E FATTORI DI CONVERSIONE

Per la preparazione dell'audit energetico e per i relativi calcoli e le analisi effettuate sono state utilizzate le unità di misura e i coefficienti di conversione di seguito elencati:

Ambito	Denominazione D.g.	Unità di misura
Energia	Tonnellate di petrolio equivalente	TEP
Produzione	Produzione in peso	Ton
	Produzione in peso e concentrazione	Ton_100%
	Consumo di gas	Smc
	Consumo di energia elettrica	kWhe
	Consumo di gasolio	Kg, ton
	Consumo di vapore	Kg, kJ, kcal
	Consumo di idrogeno	Nmc
Servizi	Volumi di vendita	€
	Volumetria climatizzata	Mc
	Aree con illuminazione artificiale	Mq
	Aria compressa	Nmc
	Portata condotta aeriformi	Nmc/h
	Portata condotta liquidi	mc/h
	Portata massica combust	Kg/h

Tabella 2 - Unità di misura utilizzate

Codice	Vettore	Unità di misura	Fattore di conversione in TEP
1	Energia Elettrica	kWhe	$0,187 \cdot 10^{-3}$
2	Gas Naturale	Smc	$8,360 \cdot 10^{-7}$
3	Gasolio	ton	$PCI \text{ (kcal/kg)} \cdot 10^{-4}$
4	Vapore saturo a 9 bar	MJ	$1/41.870 \text{ (MJ/tep)}$
5	Idrogeno	Nmc	$PCI \text{ (MJ/Nmc)} \cdot 1/41.870$

Tabella 3 - Fattori di conversione

## B. DESCRIZIONE DELLO STABILIMENTO E DEL PROCESSO PRODUTTIVO

In questo capitolo è fornita una descrizione delle aree afferenti allo stabilimento e dei processi produttivi in essere.

### B.1 DESCRIZIONE DELLO STABILIMENTO HYDROCHEM ITALIA SRL DI PIEVE VERGONTE

Oggetto dell'audit energetico, come anticipato nell'anagrafica iniziale, è il sito produttivo della HydroChem Italia S.r.l., ubicato a Pieve Vergonte (Verbania), Via Mario Massari 30, come mostrato nell'immagine satellitare seguente:



Figura 1 - Immagine satellitare dello stabilimento HydroChem Italia s.r.l. di Pieve Vergonte

Lo stabilimento, che a partire dal 2018 è stato oggetto di una complessa ristrutturazione, si compone attualmente di un impianto per la produzione di idrossido di sodio e potassio (NaOH e KOH, rispettivamente soda caustica e potassa caustica), di un impianto per la produzione di derivati cloruri aromatici (CLAR) ed un impianto per la produzione di ipoclorito di sodio, evidenziati nella figura 2.

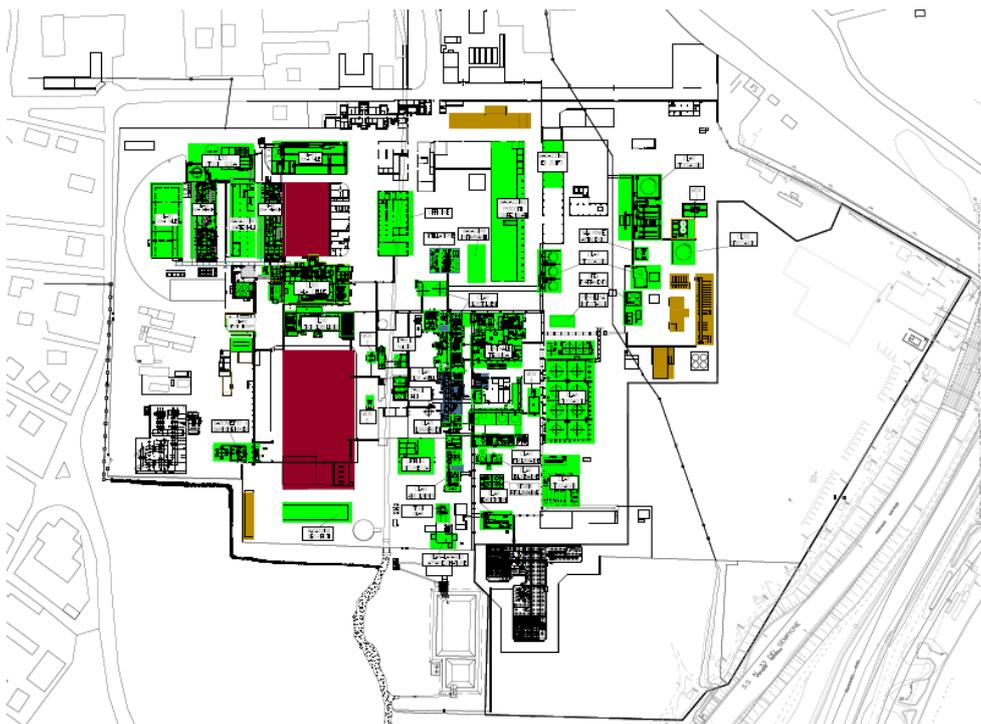


Figura 2 - Planimetria dello stabilimento HydroChem Italia di Pieve Vergonte

In particolare, le zone rosse corrispondono alle aree non di competenza di HydroChem, le aree blu corrispondono agli impianti/aree fermi, le aree arancioni agli impianti dismessi o fermi e le aree verdi agli impianti in funzione: gli impianti centrali sono quelli relativi alle diverse fasi del processo CLAR ed alla centrale termica; dislocati in diversi punti dello stabilimento ci sono i magazzini dei prodotti finiti/materie prime. Le aree verdi comprese tra le aree rosse (impianti verdi in alto a sinistra dell'immagine) sono relative ai nuovi impianti cloro-soda e cloro-potassa.

### B.1.1 MATERIE PRIME

Le materie prime indicate in tabella rappresentano le materie prime in ingresso ai processi produttivi per l'anno 2021.

Si specifica che nel corso del 2021 sono stati avviati i nuovi impianti di elettrolisi e pertanto parte delle materie prime indicate come semilavorati (es. cloro) venivano effettivamente approvvigionati esternamente; a seguito dell'avvio di tali impianti, queste quantità sono state direttamente prodotte in sito e non vi è stata più la necessità di approvvigionamento esterno.

Materie Prime Grezze	Quantitativi di Consumo	Unità di misura	Processo di riferimento
Toluene	6.046,11	Ton	Disidratazione Toluene
Sodio Cloruro	14.755,01	Ton	Preparazione Salamoia
Potassio Cloruro	19.134,94	Ton	Preparazione Salamoia
<b>Materie prime ausiliarie</b>			
Cloruro ferrico	2,31	Ton	Clorurazione Monoclorotolueni
Zolfo Monocloruro	0,33	Ton	Clorurazione del Toluene
Antimonio Tricloruro	2,85	Ton	Clorurazione del Toluene
Carbonato di Sodio	0,98	Ton	Preparazione Salamoia
Sodio Solfito	12,50	Ton	Preparazione Salamoia
Sodio Solfuro	0,30	Ton	Preparazione Salamoia
<b>Semilavorati</b>			
Cloro (gas)	4.770	Ton	Clorurazione del Toluene
	1.149	Ton	Clorurazione Monoclorotolueni
	38	Ton	Clorurazione o-Xilene
	5.255	Ton	Fotoclorurazione primo stadio
	3.564	Ton	Produzione Ipoclorito di sodio
	6.575	Ton	Produzione Acido Cloridrico
o-CT at	711	Ton	Clorurazione monoclorotolueni
p-CT at	1.365	Ton	Clorurazione monoclorotolueni
	2.998	Ton	Fotoclorurazione primo stadio

Tabella 4 - Materie prime in ingresso ai processi produttivi 2021 (Database monitoraggio AIA)

Oltre a queste quantità, che vengono monitorate anche in ambito AIA, in considerazione del fatto che gran parte dell'idrogeno autoprodotta dagli impianti di elettrolisi come by-product, oltre a essere utilizzato come combustibile in caldaia, viene utilmente impiegato come materia prima in ingresso ai processi produttivi (es. produzione acido cloridrico), si riporta di seguito il quantitativo annuale di idrogeno utilizzato come materia prima:

Semilavorati	Quantitativi di Consumo	Unità di misura	Processo di riferimento
Idrogeno (gas)	2.286.151	Nmc	Sintesi acido cloridrico
	219.265	Nmc	Dealogenazione

Tabella 5 - Idrogeno semilavorato in ingresso ai processi (2021)

### B.1.2 PRODOTTI

Attualmente la destinazione d'uso principale dello stabilimento è la produzione di soda caustica, potassa caustica, derivati clorurati aromatici, acido cloridrico e ipoclorito di sodio.

Gli impianti principali presenti in stabilimento e le relative classi di prodotti sono:

- Impianto di produzione dei derivati cloro aromatici: prodotti CLAR;
- Impianti di elettrolisi a membrana (impianti avviati nel corso dell'anno 2021): cloro ( $\text{Cl}_2$ ), soda caustica ( $\text{NaOH}$ ), potassa caustica ( $\text{KOH}$ ), ipoclorito di sodio ( $\text{NaClO}$ );
- Impianto di produzione di Acido Cloridrico tramite processo di sintesi: acido cloridrico ( $\text{HCl}$ ).

Si riporta di seguito uno schema di processo con le materie prime utilizzate e i prodotti finali ottenuti dopo i processi produttivi:

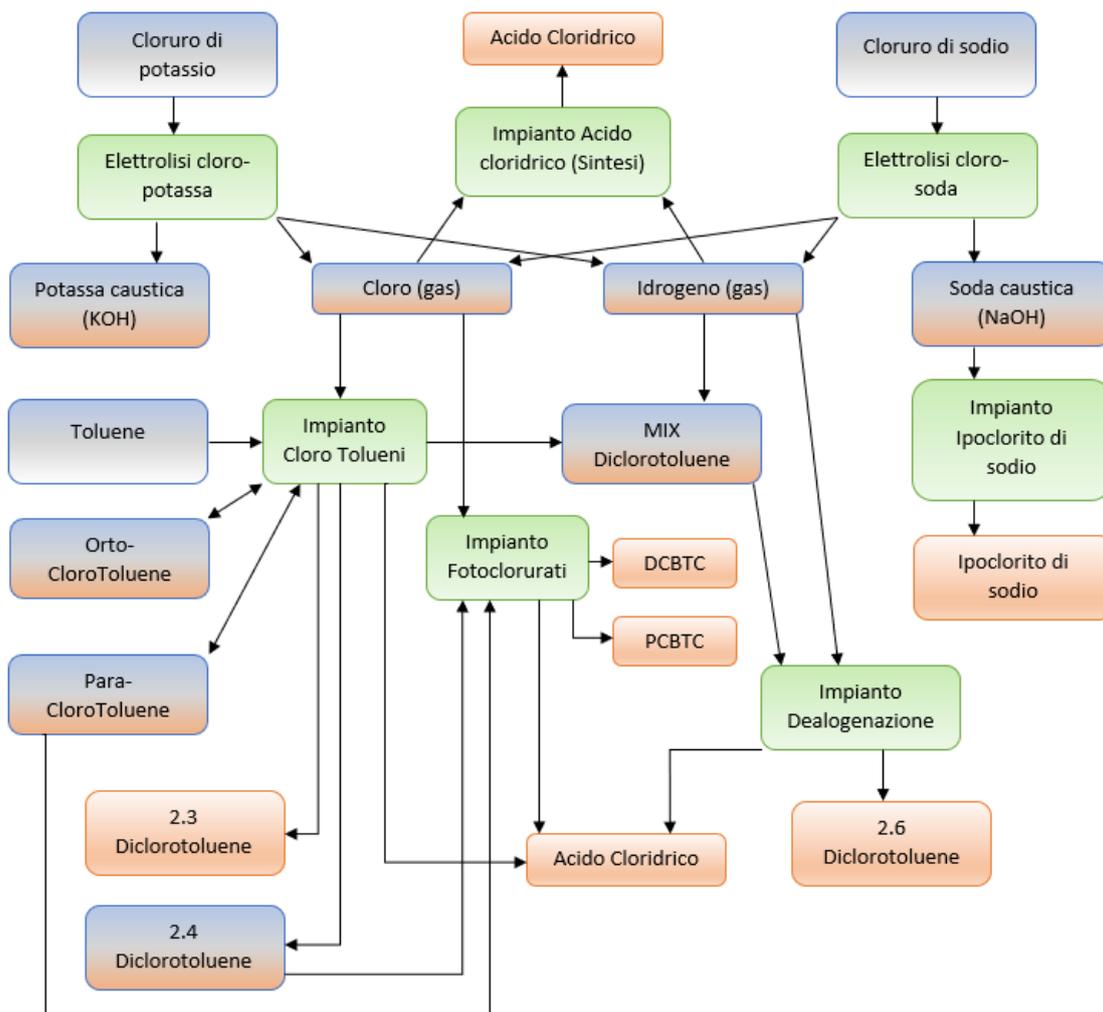


Figura 3 - Diagramma di flusso semplificato per materie prime e prodotti del processo produttivo dello stabilimento di HydroChem Italia di Pieve Vergonte, anno 2021

La produzione complessiva è misurata sulla quantità, e quindi peso, di prodotto finito e per il 2021 ammonta a **101.220 ton**.

Si riportano di seguito i valori mensili delle produzioni derivanti dai processi produttivi dello stabilimento di HydroChem; Per la definizione dell'indice di prestazione energetica specifico dell'impianto CLAR, nonostante i prodotti dell'impianto CLAR vengano misurati singolarmente, si considererà la quantità complessivamente prodotta.

Produzioni	Quantitativi	Unità di misura	Processo di riferimento
OrtoCloroToluene a basso titolo (o-CT bt)	106	Ton	CLAR
OrtoCloroToluene ad alto titolo (o-CT at)	5.219	Ton	CLAR
ParaCloroToluene a basso titolo (p-CT bt)	3.191	Ton	CLAR
ParaCloroToluene ad alto titolo (p-CT at)	2.907	Ton	CLAR
DicloroToluene Mix (DCT Mix)	378	Ton	CLAR
2,3 DicloroToluene ad alto titolo (2,3 DCT at)	42	Ton	CLAR
2,6 DicloroToluene ad alto titolo (2,6 DCT at)	222	Ton	CLAR
2,4 DicloroToluene (2,4 DCT)	1.044	Ton	CLAR
3,4 DicloroToluene (3,4 DCT)	256	Ton	CLAR
DicloroToluene Solveni (Solveni)	559	Ton	CLAR
ParaCloroBenzoTricloruro	5.451	Ton	CLAR
Miscela Clorurata	177	Ton	CLAR
Miscela Fluorurata	146	Ton	CLAR
Cloro (Cl <sub>2</sub> )	17.640	Ton	elettrolisi
Idrogeno (H <sub>2</sub> )	5.573.187	Nm <sup>3</sup>	elettrolisi
Idrossido di Sodio (NaOH)	9.725	Ton 100 %	elettrolisi
Idrossido di Potassio (KOH)	14.168	Ton 100 %	elettrolisi
Ipclorito di Sodio	22.678	Ton	Ipclorito di sodio
HCl	17.613	Ton	Acido Cloridrico (di sintesi)
Acido Cloridrico (HCl) al 37 %	19.414	Ton	Acido cloridrico (di recupero)

Tabella 6 - Produzione lorda anno 2021 (Database monitoraggio AIA)

In particolare, ai fini del calcolo dell'indicatore di prestazione globale (Ipg) non si terranno conto dei quantitativi prodotti di:

- Cloro e Idrogeno, in quanto queste quantità vengono riutilizzate all'interno del processo produttivo;
- o-CT at, nei quantitativi riutilizzati all'interno del processo produttivo, riportati nella tabella precedente come semilavorati;
- p-CT at, nei quantitativi riutilizzati all'interno del processo produttivo, riportati nella tabella precedente come semilavorati per la "clorurazione monoclorotolueni".

Di seguito la tabella con la produzione netta dello stabilimento:

Produzioni	Quantitativi	Unità di misura	Processo di riferimento
OrtoCloroToluene a basso titolo (o-CT bt)	106	Ton	CLAR
OrtoCloroToluene ad alto titolo (o-CT at)	4.508	Ton	CLAR
ParaCloroToluene a basso titolo (p-CT bt)	3.191	Ton	CLAR
ParaCloroToluene ad alto titolo (p-CT at)	1.542	Ton	CLAR
DicloroToluene Mix (DCT Mix)	378	Ton	CLAR
2,3 DicloroToluene ad alto titolo (2,3 DCT at)	42	Ton	CLAR
2,6 DicloroToluene ad alto titolo (2,6 DCT at)	222	Ton	CLAR
2,4 DicloroToluene (2,4 DCT)	1.044	Ton	CLAR
3,4 DicloroToluene (3,4 DCT)	256	Ton	CLAR
DicloroToluene Solveni (Solveni)	559	Ton	CLAR
ParaCloroBenzoTricloruro	5.451	Ton	CLAR
Miscela Clorurata	177	Ton	CLAR
Miscela Fluorurata	146	Ton	CLAR
Idrossido di Sodio (NaOH)	9.725	Ton 100 %	elettrolisi
Idrossido di Potassio (KOH)	14.168	Ton 100 %	elettrolisi
Ipclorito di Sodio	22.678	Ton	Ipclorito di sodio
HCl	17.613	Ton	Acido Cloridrico (di sintesi)
Acido Cloridrico (HCl) al 37 %	19.414	Ton	Acido cloridrico (di recupero)
<b>Totale</b>	<b>101.220</b>	<b>Ton</b>	

Tabella 7 - Produzione netta anno 2021

Di seguito si riporta l'andamento mensile delle produzioni, suddivise per area funzionale:

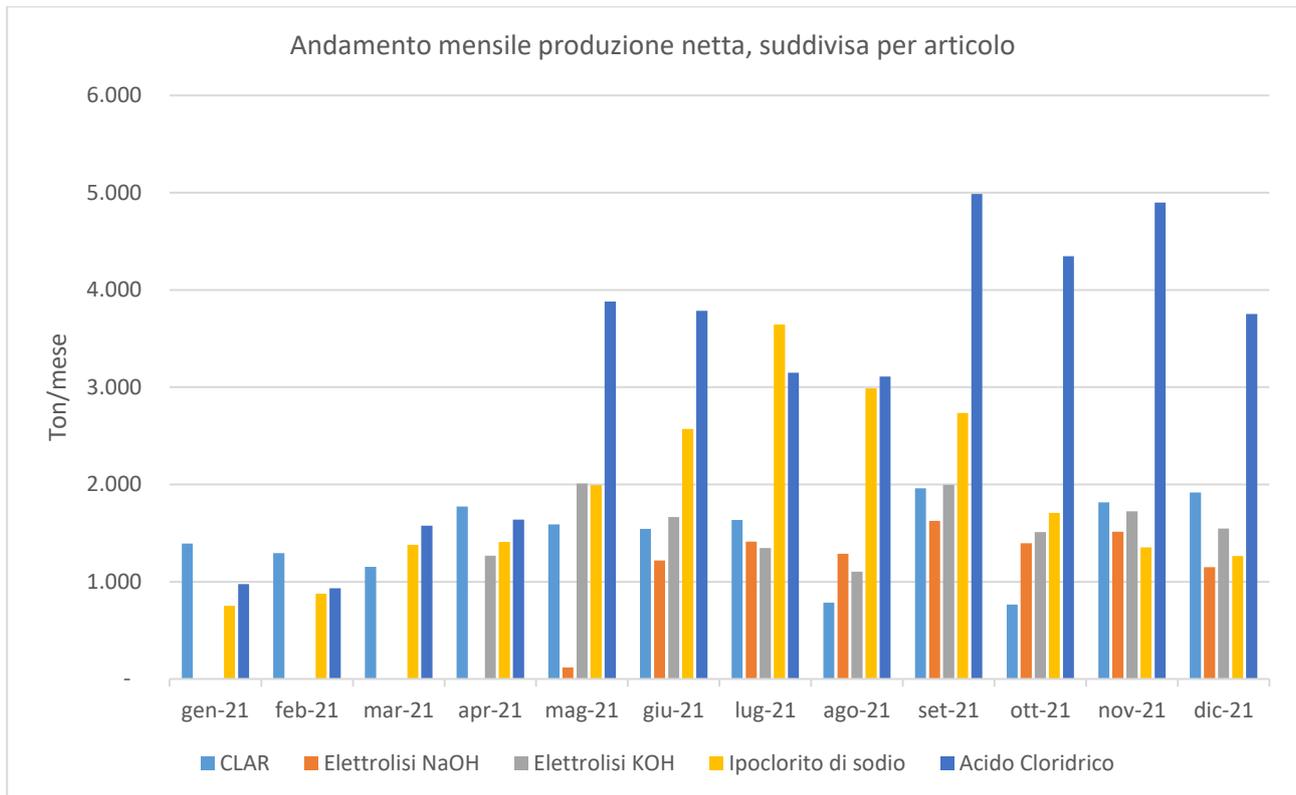


Grafico 1 - Produzioni mensili anno 2021 suddivise per prodotto, stabilimento di Pieve Vergonte

Si nota in particolare un andamento relativamente costante, a seguito dell'avviamento degli impianti avvenuto in aprile/maggio 2021, delle produzioni di potassa caustica e soda caustica (KOH e NaOH rispettivamente) e delle produzioni CLAR in tutto l'arco dell'anno.

Relativamente alla produzione di Acido Cloridrico si osserva invece un forte incremento produttivo in concomitanza con l'avviamento degli impianti elettrolisi in ragione della disponibilità di idrogeno e cloro come by-product di tali impianti. Anche la produzione di ipoclorito di sodio mostra un incremento medio se si confronta il primo semestre con l'ultimo semestre dell'anno 2021 dovuto alla disponibilità di soda caustica derivante dall'impianto elettrolisi soda. Ciò che si nota di più riguarda però il forte incremento produttivo dell'ipoclorito nella stagione estiva, connesso però a stagionalità di mercato del prodotto e non a maggiore resa dell'impianto dipendente da fattori stagionali.

## B.2 DESCRIZIONE PROCESSO PRODUTTIVO

Lo stabilimento è caratterizzato da un forte consumo di Energia Elettrica e Gas Naturale. L'energia elettrica viene utilizzata principalmente negli impianti produttivi CLAR ed elettrolisi. Il gas naturale viene utilizzato invece quasi interamente per la produzione di vapore destinato al processo ed in parte al riscaldamento ambienti.

Il processo produttivo dello stabilimento è composto da diverse fasi di lavorazione, riassunte nel diagramma di flusso rappresentato in Figura 3.

Per ogni impianto e fase di lavorazione sono stati mappati i vettori energetici primari e secondari e gli eventuali cascami energetici in uscita.

I vettori energetici primari sono stati così enumerati:

- V1: Energia Elettrica;
- V2: Gas Naturale;
- V3: Gasolio/carburante

I vettori energetici secondari invece secondo gli acronimi:

- AC: Aria compressa;
- (V4) CAL: Calore (sotto forma di vapore o acqua calda).
- (V5) H<sub>2</sub>: Idrogeno

Lo schema così definito è stato impiegato per organizzare le attività dello stabilimento in aree funzionali. Tutte le attività svolte all'interno dello stabilimento sono state suddivise in tre macro-aree:

- Attività principali: In questa area sono state inserite tutte le attività legate all'articolazione della produzione, distinte per tipologia di prodotto (laddove applicabile) e strutturate in fasi funzionali distinte;
- Servizi ausiliari: In questa area sono inserite le attività caratterizzate dalla trasformazione del vettore energetico primario in ingresso in vettori energetici secondari utilizzati nell'ambito delle aree funzionali delle attività principali;
- Servizi generali: In tale area sono inserite tutte le attività connesse al processo produttivo i cui fabbisogni non sono ad essi strettamente correlati. In questo contesto rientrano l'illuminazione, il riscaldamento, la climatizzazione degli ambienti e gli uffici.

Ogni macro-area è stata ulteriormente suddivisa in aree funzionali caratterizzate da fasi della realtà industriale ben enucleabili dal contesto generale e per le quali è stato univocamente possibile individuare i fabbisogni energetici e la specifica destinazione d'uso. In Tabella 8 sono riportate le macro-aree e le aree funzionali identificate per lo stabilimento:

Macro - Aree	Aree funzionali
Attività principali	Elettrolisi NaCl – Produzione NaOH
	Elettrolisi KCl – Produzione KOH
	CLAR e HCl di sintesi
Servizi ausiliari	Aria compressa
	Depurazione acque
	Servizio Idrico Integrato
	Pesatura
	Autoproduzione Azoto
	Ausiliari Elettrolisi (Circuito Cloro e Ipoclorito di Sodio)
	Produzione vapore
Termocombustore	
Servizi generali	Officine
	Magazzino
	Laboratorio / Uffici
	Mensa
	Altri servizi generali
	Sicurezza (antincendio, by-pass acque)

Tabella 8 - Aree funzionali del processo produttivo e dello stabilimento

Nella pagina successiva è mostrato lo schema impiegato per organizzare le attività dello stabilimento in aree funzionali

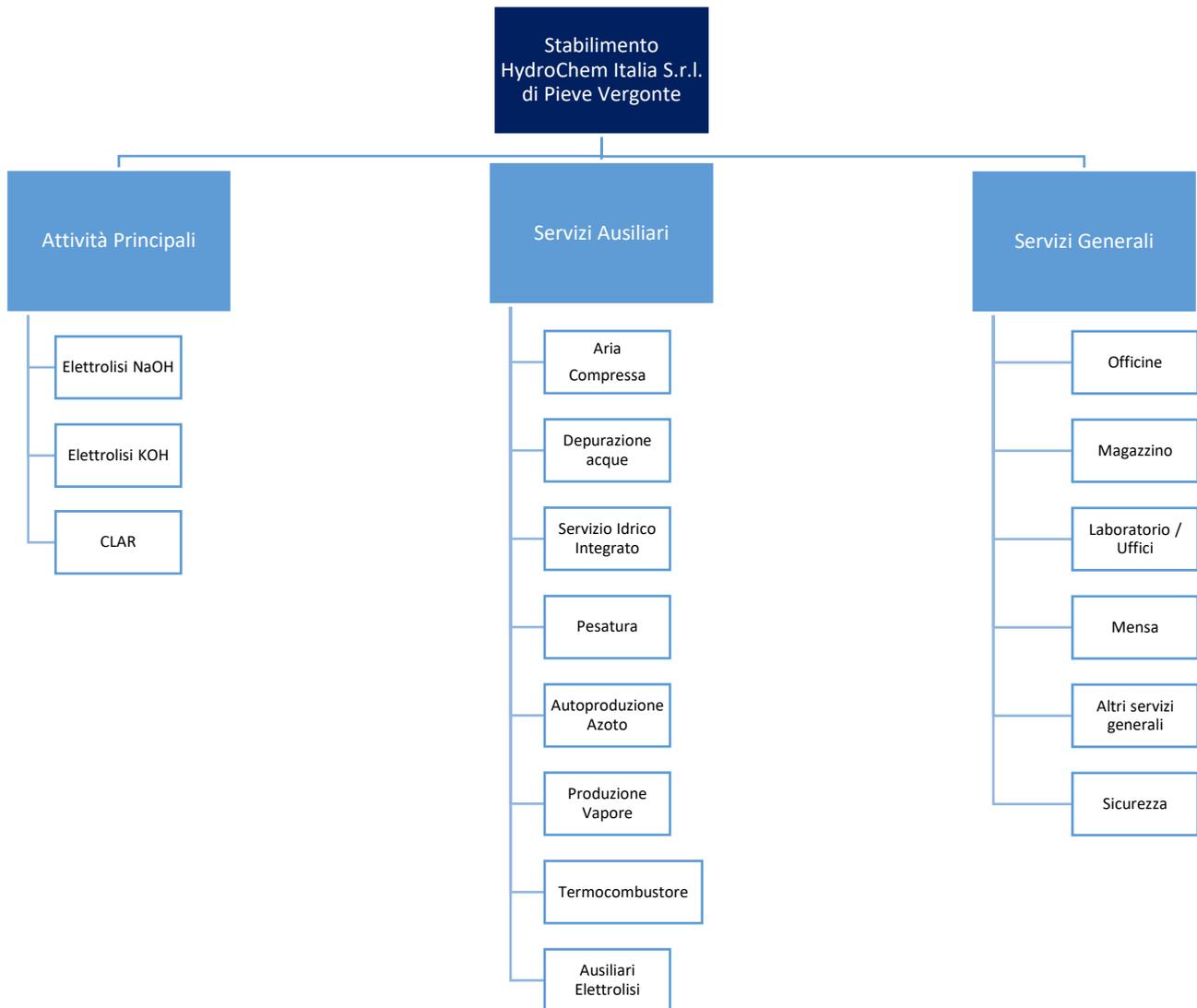


Figura 4 - Flow Chart per lo stabilimento HydroChem Italia S.r.l. (2021)

Nel paragrafo successivo vengono descritte le attività svolte all'interno dello stabilimento raggruppate secondo le aree funzionali individuate.

## B.2.1 ATTIVITÀ PRINCIPALI

In questa area sono state inserite tutte le attività legate all'articolazione della produzione, distinte per tipologia di prodotto (laddove applicabile) e strutturate in fasi funzionali distinte. Le diverse attività principali sono elencate di seguito:

### B.2.1.1 ELETTROLISI NAOH E KOH

Lo stabilimento possedeva in precedenza un impianto di elettrolisi cloro-soda con tecnologia celle a mercurio, dismesso per adempiere ai termini di legge nella seconda metà del 2017. Non vi era invece alcun impianto afferente alla produzione cloro-potassa. Nel corso del 2021, più precisamente durante il mese di aprile 2021 è stato avviato il nuovo impianto di elettrolisi per la produzione di potassa caustica (KOH) con tecnologia celle a membrane, mentre nel mese di maggio 2021 il nuovo impianto di elettrolisi per la produzione di soda caustica (NaOH) anch'esso con tecnologia a membrane. Tali impianti rappresentano la migliore tecnologia applicabile (BAT) per le tipologie di produzione, come riscontrabile nel documento BREF di riferimento (settore CAK – Production of Chlor-Alkali).

Si riporta di seguito un estratto delle caratteristiche nominali degli impianti di elettrolisi cloro-soda e cloro-potassa:

Products		Per day	Per year (*1)
Chlorine	dry basis	60.7 MT/d	21.0 kMT/y
Caustic soda	100% NaOH	68.5 MT/d	23.7 kMT/y
Hydrogen	dry basis	19,177 Nm <sup>3</sup>	6632.2 kNm <sup>3</sup> /y
(*1) The production of		8,300 hours / year basis.	

Products		Per day	Per year (*1)
Chlorine	dry basis	60.7 MT/d	21.0 kMT/y
Caustic potash	100% KOH	96.1 MT/d	33.2 kMT/y
Hydrogen	dry basis	19,177 Nm <sup>3</sup>	6632.2 kNm <sup>3</sup> /y
(*1) The production of		8,300 hours / year basis.	

Le principali fasi e sezioni di impianto sono riassunte di seguito (analoghe per i due impianti):

#### **Celle Elettrolitiche**

L'impianto di elettrolisi è costituito da due elettrolizzatori nei quali avviene la decomposizione per via elettrochimica, in una prima linea, del cloruro di sodio e nella seconda del cloruro di potassio.

Ciascuna cella è costituita da un numero di elementi bipolari, sufficiente per la produzione stabilita, affiancati gli uni agli altri in cui avvengono le reazioni vere e proprie. Gli elementi sono racchiusi in un telaio di tipo "filtro-prensa" e ognuno è separato dal successivo da una membrana selettiva. Appositi dispositivi completano la struttura in modo da permettere l'alimentazione della salamoia, della corrente elettrica, dell'acqua demineralizzata, così come l'evacuazione del cloro, dell'idrogeno, della soda caustica e della salamoia esausta a/da ciascun singolo elemento che costituisce la cella.

Questi elementi sono costituiti da due camere (comparto anodico e comparto catodico) tenute separate da una membrana semipermeabile a scambio ionico costituita da una resina perfluorurata, permeabile al Na<sup>+</sup> (o al K<sup>+</sup>) ed H<sub>2</sub>O, ma non a OH<sup>-</sup> e Cl<sup>-</sup>. Gli elementi hanno elettrodi piani, in genere a rete stirata o a maglie speciali, saldati su un vassoio (Pan) dello stesso materiale, che ha la funzione di camera anodica o catodica.

Al fine di abbattere le cadute ohmiche, sono state sviluppate opportune configurazioni di cella come quella detta "zero gap", in cui gli elettrodi sono in contatto con le facce opposte della membrana.

Gli elettrodi sono di tipo verticale e costituiti da metallo stirato in modo da permettere la formazione e l'evoluzione di gas dalla parte posteriore rispetto al contatto con la membrana. La soluzione di cloruro di sodio o di cloruro di potassio, opportunamente purificata, viene alimentata ai circuiti anodici delle celle elettrolitiche a membrana. Il compartimento catodico viene alimentato tramite un riciclo di soluzione caustica diluita grazie all'immissione continua di acqua demineralizzata.

Sotto l'effetto della corrente elettrica si ha:

- ossidazione dello ione Cl<sup>-</sup> a Cl<sub>2</sub> gassoso, che si sviluppa nel compartimento anodico accompagnato dalla salamoia esausta;

- migrazione del catione sodio Na<sup>+</sup> oppure K<sup>+</sup> (accompagnato da molecole di acqua) attraverso la membrana semipermeabile di divisione tra compartimento anodico e compartimento catodico;
- riduzione del catione H<sup>+</sup> (dell'acqua) a H<sub>2</sub>, e formazione di NaOH o di KOH come prodotto del sodio migrato (Na<sup>+</sup>) oppure del potassio (K<sup>+</sup>) e dell'ossidrile OH<sup>-</sup> derivante dalla decomposizione dell'acqua. L'idrogeno sviluppato esce dal compartimento catodico assieme alla soda caustica (o alla potassa caustica). Per assicurare un regolare funzionamento delle celle, una parte della salamoia esausta e della soda caustica (o della potassa caustica) vengono riciclate.

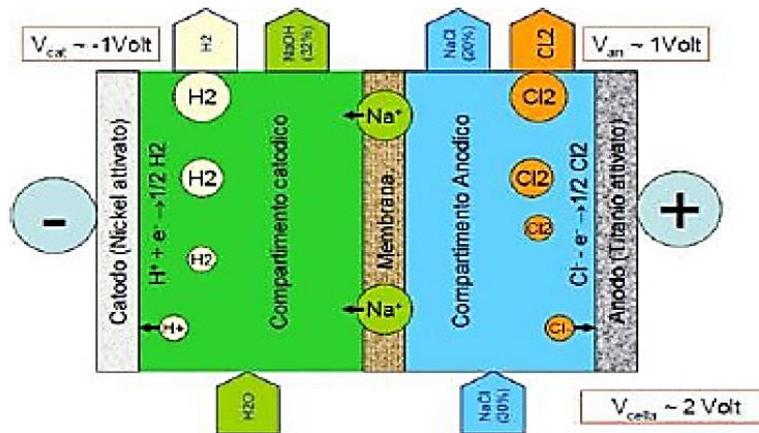


Figura 5 - Rappresentazione processo elettrolisi cloro-soda e cloro-potassa

Le celle operano a 80-90 °C, temperatura corrispondente al punto di minimo consumo di energia.

Dalle celle esce quindi:

- un flusso di cloro gassoso, destinato ai trattamenti e quindi alle utilizzazioni successive (liquefazione o produzione di altri prodotti);
- un flusso di soda caustica oppure di potassa caustica al 32 %;
- un flusso di idrogeno destinato alle utilizzazioni e al recupero con generatore di vapore;
- salamoia esausta che viene ricircolata al processo. Rispettivamente al circuito salamoia a Na<sup>+</sup> e al circuito salamoia K<sup>+</sup>.

La pressione dei due compartimenti è controllata attraverso opportune regolazioni automatiche sulla rete del cloro e dell'idrogeno. Si riporta di seguito lo schema di un elettrolizzatore a membrana:

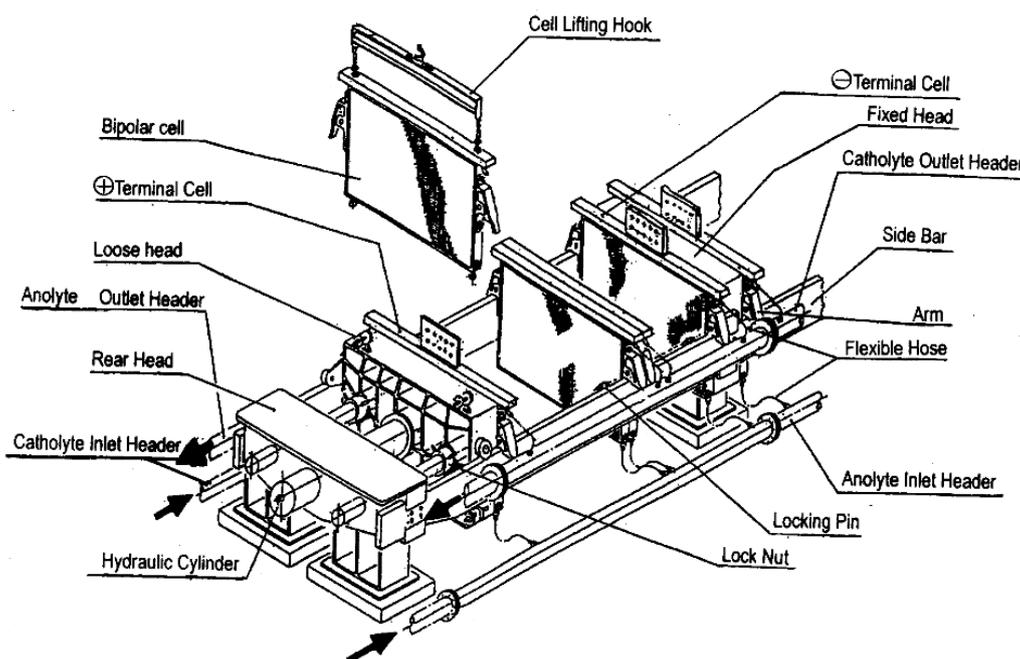


Figura 6 - Schema elettrolizzatore a membrana

Nell'immagine seguente è invece possibile osservare la struttura della singola cella che compone l'elettrolizzatore:

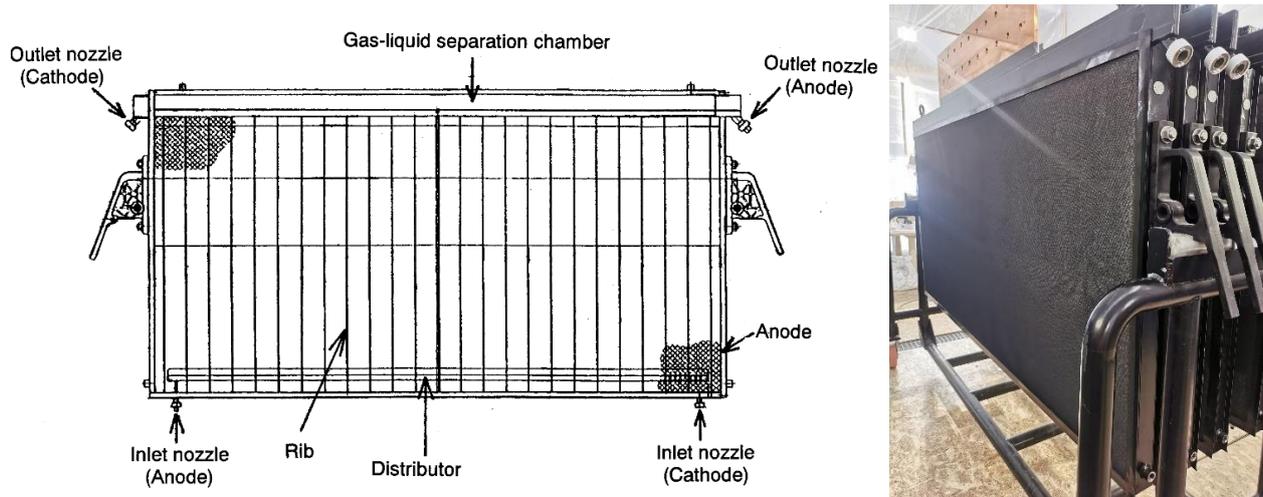


Figura 7 - Schema e fotografia singola cella dell'elettrolizzatore

Come descritto, presso lo stabilimento sono installate due celle distinte una delle quali può produrre Soda (NaOH) in soluzione al 32 %, mentre la seconda può produrre Potassa (KOH) in soluzione al 30 %. L'impianto è in grado di funzionare con entrambe le celle nella configurazione a Sodio o a Potassio.



Figura 8 - Immagini fotografiche degli elettrolizzatori cloro soda e cloro potassa, in cui si osservano le singole celle poste in serie con i relativi tubi di alimentazione cloruri e scarico prodotti

### **Trasformatori e rettificatori**

I trasformatori sono necessari per riportare la tensione di alimentazione di 50kV dell'energia proveniente dall'autoproduzione o da eventuali acquisti dall'esterno a quella di normale funzionamento delle celle a membrana (500 - 600 V).

### Circuito della salamoia

Il circuito salamoia prevede una serie di operazioni per il reintegro nel ciclo del sale consumato e per la gestione delle impurezze presenti nella materia prima e dei co-prodotti di reazione.

Sono installate due sezioni di depurazione distinte, ma dal punto di vista tecnico completamente analoghe:

- una sezione è dedicata alla depurazione della Salamoia derivante dalla materia prima Cloruro di Sodio
- una seconda sezione d’impianto è dedicata alla depurazione della Salamoia derivante dalla materia prima Cloruro di Potassio

Le unità principali, presenti in tutte e due le sezioni, sono riportate di seguito.

### Stoccaggio sale e Vasche di Saturazione

Il sale, che stoccato in un’area dedicata, viene periodicamente alimentato al saturatore. La salamoia esausta proveniente dalla dechlorazione viene reimpressa nel saturatore stesso, dove si satura in cloruro di Sodio/Cloruro di Potassio attraversando lo strato di sale, uscendo quindi verso la depurazione chimica.

Una prima area dell’impianto è dedicata allo stoccaggio della materia prima Cloruro di Potassio e alla preparazione della relativa Salamoia da inviare alle celle elettrolitiche.

Una seconda area dell’impianto è dedicata allo stoccaggio della materia prima Cloruro di Sodio e alla preparazione della relativa Salamoia da inviare alle celle elettrolitiche.

Per una più facile ed immediata comprensione del processo del nuovo impianto Cloro-Soda-Potassa si riporta di seguito lo schema a blocchi della sezione depurazione salamoia:

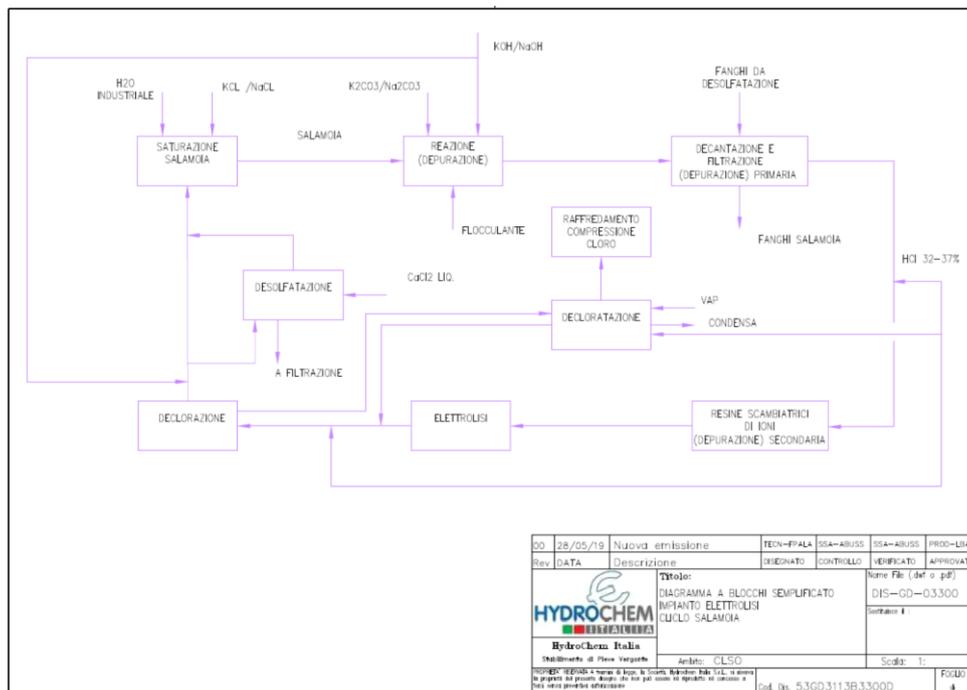


Figura 9 - Circuito Salamoia KCl, NaCl per impianti elettrolisi soda e potassa

### Declorazione – Decloratazione – Desolfatazione

La salamoia esausta in uscita dalle celle è satura di cloro. La prima operazione che viene, quindi, effettuata è la rimozione del cloro attraverso tre fasi distinte:

- 1) Stripping sottovuoto, con recupero del cloro. Il cloro recuperato è riciclato nel flusso principale.
- 2) Stripping primario con recupero del cloro. Il cloro recuperato è utilizzato nella produzione di ipoclorito di sodio.
- 3) Filtrazione su carbone attivo e altri sistemi di declorazione chimica.

Su una frazione della salamoia in uscita dalle celle viene effettuata la decomposizione degli eventuali clorati formati come co-prodotto delle reazioni in cella elettrolitica.

Su una seconda frazione della salamoia in uscita dalle celle, con un trattamento simile, si rimuovono i solfati presenti nel sale come solfato di calcio.

La salamoia decloratata viene inviata nel flusso principale verso la declorazione.

La salamoia declorata acida viene neutralizzata con soda/potassa caustica, raffreddata ed inviata alla saturazione con sale, per reintegrare il cloruro di sodio/cloruro di potassio (e l’acqua) consumato nella fase di elettrolisi.

### Depurazione chimica

Le impurezze contenute nel sale vengono rese insolubili con il trattamento a soda e carbonato e separate per decantazione e disidratazione dei fanghi.

Dalla depurazione chimica esce quindi:

- un flusso di salamoia satura e depurata, accumulata in un serbatoio tampone e pompata alle fasi successive.
- un flusso discontinuo di solido, contenente idrati metallici, carbonato di calcio, idrato di magnesio e solfato di calcio.

### Filtrazione primaria

La salamoia depurata chimicamente viene filtrata su letti granulari ed inviata alle fasi successive dopo riscaldamento. I filtri granulari vengono rigenerati con salamoia; la salamoia di rigenerazione viene riciclata alla decantazione della fase precedente.

### Super-depurazione

Per il funzionamento delle celle di elettrolisi è richiesta una salamoia particolarmente pura.

In particolare, il contenuto di calcio e magnesio deve essere inferiori a 20 ppb (microgrammi/kg). Questa purezza, non raggiungibile con la depurazione chimica, viene ottenuta per trattamento su specifiche resine chelanti.

Le resine saturate, vengono periodicamente rigenerate con soluzione diluita di acido cloridrico, e condizionate con soda caustica/potassa caustica.

I liquidi di rigenerazione, condizionamento ed avviamento sono riciclati alla dissoluzione del sale.

La salamoia super-depurata viene filtrata per rimuovere tracce di resine, inviata a serbatoi tampone e infine alimentata alle celle di elettrolisi.

### Circuito del cloro e dell'idrogeno

Le celle a membrana funzionano con una pressione operativa positiva (circa + 400 mbar) sul lato anodico (produzione di cloro), e leggermente più positiva (circa + 440 mbar) sul lato catodico (produzione di soda caustica/potassa caustica e idrogeno).

- A valle delle celle a membrana il cloro prodotto viene inviato, tramite collettori dedicati, alle sezioni esistenti di lavaggio, essiccamento, compressione e liquefazione e da qui distribuito alle utenze esistenti.
- A valle delle celle a membrana l'idrogeno prodotto viene inviato, tramite collettori dedicati, alle sezioni esistenti di compressione e al gasometro e da qui distribuito alle utenze esistenti.

### Circuiti Soda Caustica e Potassa Caustica

A differenza del precedente impianto a mercurio, gli impianti con tecnologia a membrane producono potassa caustica/soda caustica a bassa concentrazione (30 / 32%).

Per una più facile ed immediata comprensione della sezione concentrazione soda e potassa si riporta di seguito uno schema a blocchi:

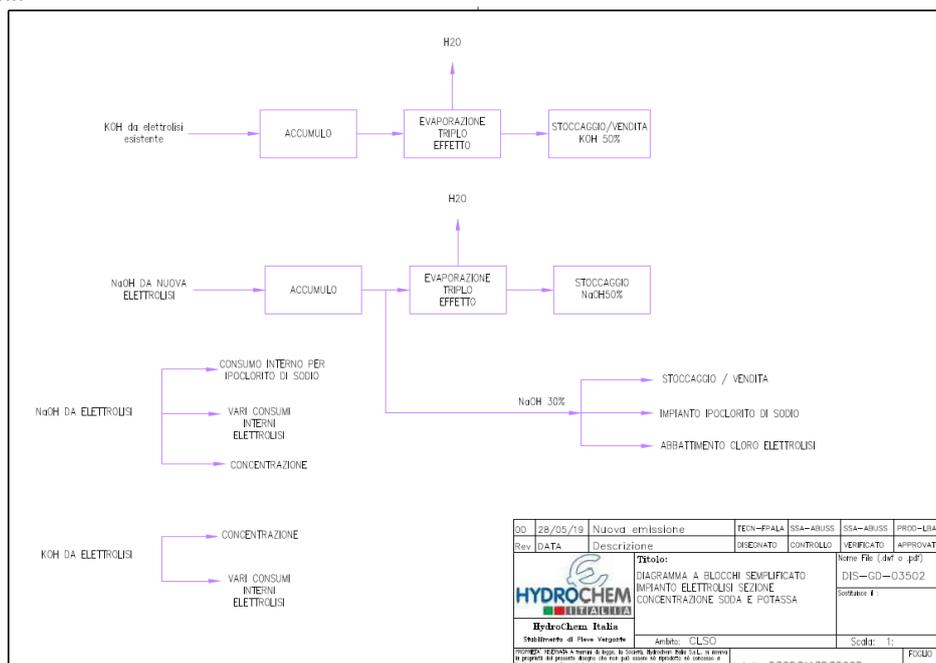


Figura 10 - Circuito potassa e soda caustica per impianti elettrolisi soda e potassa

Per motivi commerciali, si rende necessario utilizzare una sezione di concentrazione a triplice effetto della soda a basso titolo proveniente dalla cella dedicata e una sezione di concentrazione a triplice effetto della potassa a basso titolo proveniente dalla cella dedicata. Entrambe le sezioni impiegano vapore ad alta pressione.

La sezione di concentrazione della soda è, quindi, costituita da tre evaporatori (triplice effetto) alimentati con vapore che consentono di concentrare la soda al 50% p/p con un consumo di vapore all'incirca di 540-630 kg/ton di Soda espressa al 100%. La sezione è inoltre corredata di refrigeranti, pompe e serbatoi di servizio.

La sezione di concentrazione della potassa è costituita, in maniera analoga, da tre evaporatori (triplice effetto) alimentati con vapore che consentono di concentrare la potassa al 50% p/p con un consumo di vapore all'incirca di 546-565 kg/ton di Potassa espressa al 100%. Anche questa sezione è corredata di refrigeranti, pompe e serbatoi di servizio.

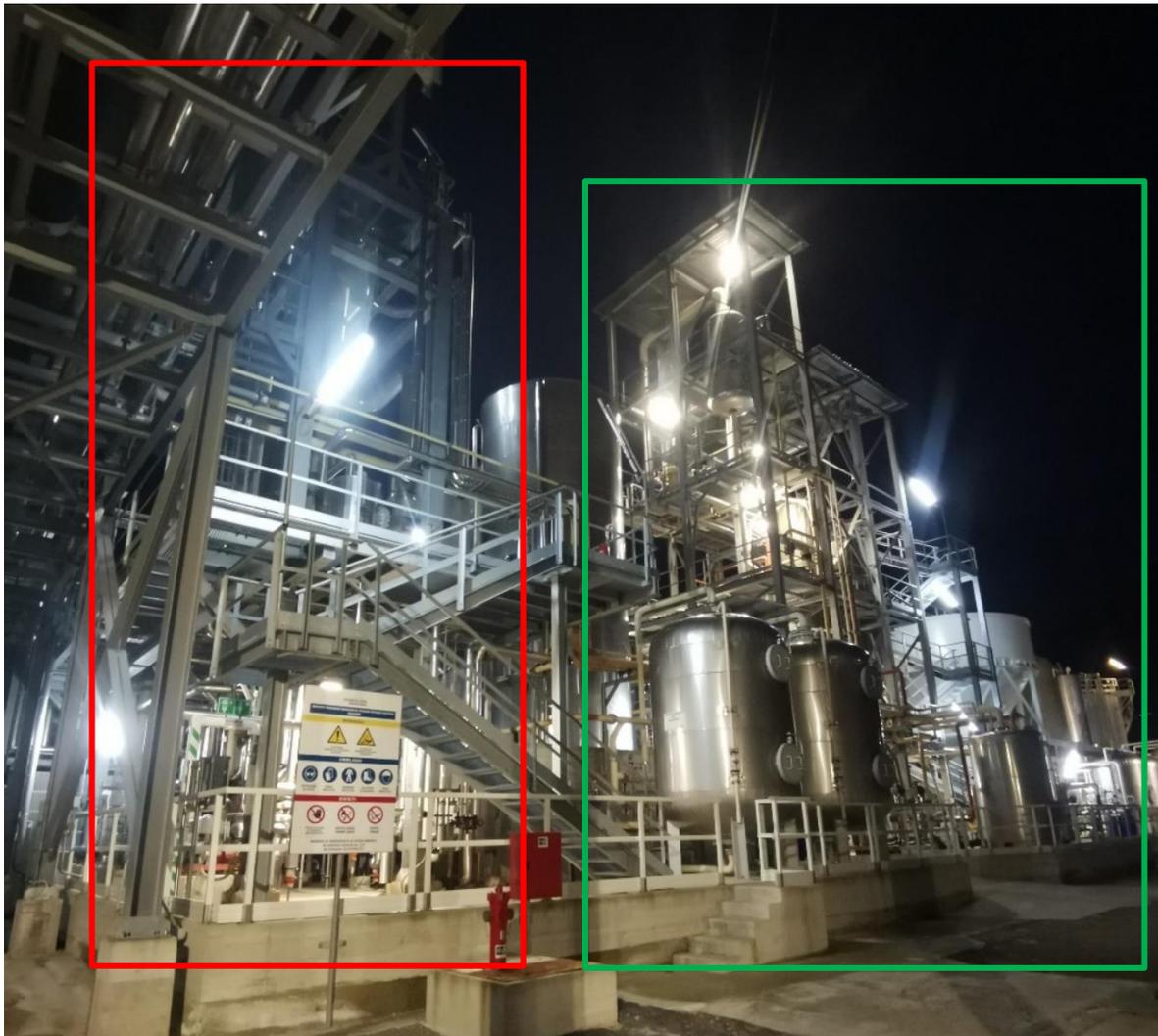


Figura 11 - Impianto di concentrazione potassa caustica (riquadro rosso) e trattamento cloruro di potassio (riquadro verde) - Analogo impianto per processo soda

### Utilities

Per il funzionamento della sezione di Elettrolisi è presente un impianto di osmosi inversa per la produzione di acqua demineralizzata, destinata in parte alla sezione elettrolisi, avente capacità produttiva pari a 45 - 50 mc/h.

<b>Input processo (MP)</b>	Cloruro di sodio, Cloruro di potassio
<b>Output processo (prodotti finiti, semilavorati)</b>	Soda Caustica, Potassa Caustica, Cloro e Idrogeno (gas)
<b>Vettori energetici input</b>	Energia Elettrica, Vapore
<b>Vettori energetici output</b>	Idrogeno

Si riporta di seguito uno schema di processo degli impianti elettrolisi nel loro complesso dove è possibile osservare i flussi di materie prime e prodotti:

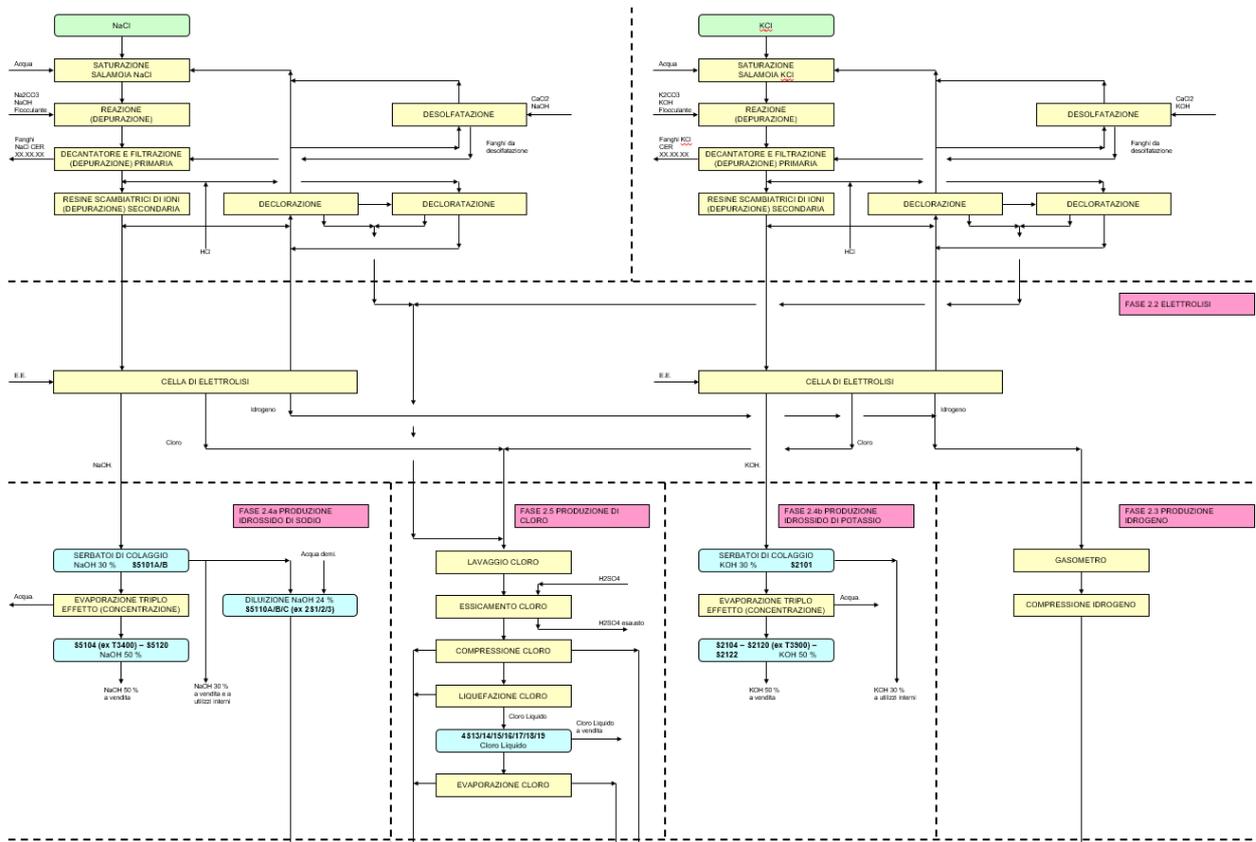


Figura 12 – Schema a blocchi processo elettrolisi cloro-soda e cloro-potassa

### B.2.1.2 IMPIANTO IPOCLORITO DI SODIO

Il consumo energetico dell'impianto Ipoclorito di Sodio, in considerazione della condivisione di determinati impianti con gli impianti Elettrolisi, è ricompreso nel consumo energetico dell'area funzionale "Ausiliari elettrolisi" che comprende anche il consumo dei circuiti cloro (compressori, essiccatori e raffreddamento), dell'impianto osmosi e degli azionamenti e dei motori delle piastre soda e potassa; in particolare, il processo ipoclorito consuma energia elettrica per la movimentazione dei quantitativi di processo e le utenze principali sono rappresentate da motori e pompe. I consumi energetici dell'impianto ipoclorito sono comunque estremamente ridotti rispetto, per esempio, ai consumi del circuito cloro.

L'impianto di produzione di Sodio Ipoclorito (soluzione al 18%) da soda caustica e cloro presenta una complessità impiantistica ridotta, rispetto agli impianti di elettrolisi e CLAR descritti nel documento.

In particolare, l'impianto è costituito da n° 8 serbatoi in cui si prepara, per diluizione, la soluzione di soda caustica al 24-26%.

La produzione avviene per reazione in n° 4 colonne di assorbimento in PVC e poliestere e fondo in titanio, ripiene di anelli Raschig, secondo la reazione fra soda soluzione e cloro gas:

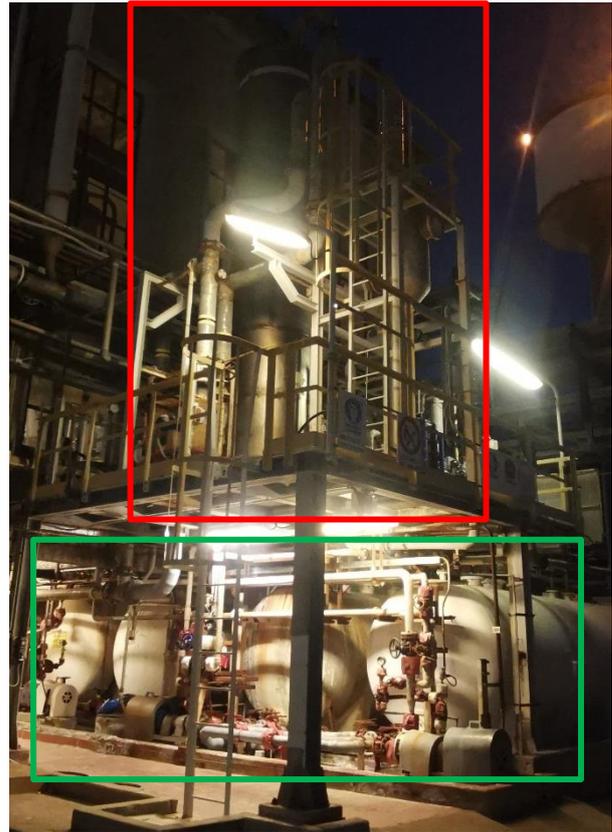


Figura 13 - Parziale dell'impianto Ipoclorito (riquadro rosso mostra una colonna di reazione, in verde i serbatoi diluizione)

<b>Input processo (MP)</b>	Cloro, Soda Caustica
<b>Output processo (prodotti finiti, semilavorati)</b>	Ipoclorito di Sodio
<b>Vettori energetici input</b>	Energia Elettrica, Vapore
<b>Vettori energetici output</b>	-

Si riporta di seguito uno schema di processo dell'impianto di produzione dell'ipoclorito di sodio dove è possibile osservare i flussi di materie prime e prodotti:

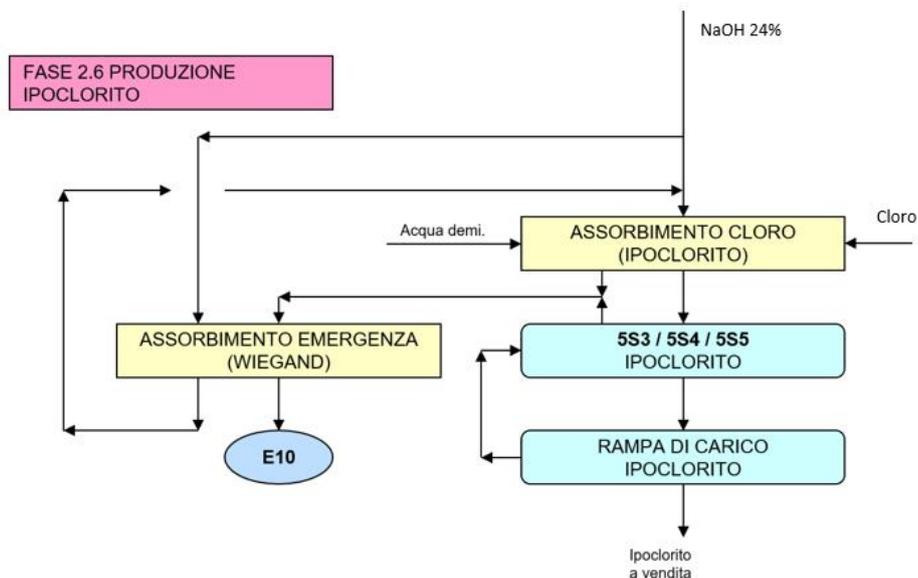


Figura 14 – Schema a blocchi processo ipoclorito di sodio

### B.2.1.3 IMPIANTO CLAR

L'impianto di produzione di derivati cloruri aromatici è destinato a un mix di produzione molto ampio con lavorazioni a campagne ed è quindi composto da impianti che svolgono specifiche funzioni/processi, alcune/i delle quali sono relativi solo a specifici prodotti mentre altri sono comuni a più prodotti.

L'impianto dei derivati clorurati aromatici, che è strutturato su più linee di produzione e produce derivati mono e bisostituiti mediante clorurazione dell'anello e/o della catena laterale in presenza di idonei catalizzatori, ha lo scopo di produrre:

1. Attività 1 (impianto fermo per ragioni di mercato): monoclorobenzene, paradiclorobenzene, ortodiclorobenzene, metadiclorobenzene per clorurazione di benzene;
2. Attività 2: monoclorotoluene e isomeri di diclorotoluene per clorurazione del toluene;
3. Attività 3: derivati clorurati nella catena laterale del toluene e/o clorotoluene attraverso un'unità di fotoclorurazione, e toluene e clorotoluene attraverso un'unità di dealogenazione.

#### 1. **Produzione di clorobenzene e diclorobenzene (fase 1)**

Stante la complessità della situazione si rimanda allo schema a blocchi riportato nel seguito; il Gestore divide l'attività n. 1 in 1/A e 1/B, presentando due schemi a blocchi separati.

##### **Distillazione azeotropica: anidificazione benzene (fase 1.1A)**

Il benzene dal serbatoio di stoccaggio S-207 (sfiato a termocombustione), preriscaldato, è inviato in continuo nella colonna azeotropica C1 munita di ribolliture, operante a pressione atmosferica. I vapori di testa, contenenti acqua e benzene, sono condensati, sottoraffreddati e smiscelati in un separatore a fiorentina; la fase acquosa è trasferita in discontinuo all'impianto trattamento acque, mentre la fase organica è riciclata in testa alla colonna C1. Dal fondo è allontanato il benzene anidro per essere inviato alla clorurazione. Gli inerti presenti nel sistema si concentrano nel separatore a fiorentina da cui fluiscono verso la colonna di lavaggio C101 e poi all'impianto di termocombustione.

##### **Clorurazione del benzene (fase 1.2A)**

Il benzene anidro è inviato in continuo in alimentazione al reattore di clorurazione. Questo reattore, di tipo tubolare, opera in regime bifase con circolazioni esterne (dotate di refrigeranti) e contenente internamente corpi di riempimento per favorire il contatto tra i reagenti. Un catalizzatore specifico della clorurazione deve essere presente nell'ambiente di reazione. La reazione è condotta a temperatura compresa tra 10 e 60°C. Il catalizzatore è tipico delle reazioni di sostituzione elettrofila (tipo Friedel Kraft) ed è costituito da una miscela di cloruri metallici (tipicamente FeCl<sub>3</sub>) e da composti solfo-clorurati (tipicamente S<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>).

Le condizioni usuali di reazione sono: catalizzatore 150-300 ppm, temperatura 55°C e pressione 0,2 kg/cm<sup>2</sup>.

Temperature superiori favoriscono la formazione di clorurati pesanti, temperature inferiori abbassano la velocità di reazione. La velocità della reazione è direttamente influenzata da grandezze quali la concentrazione del catalizzatore, la sua composizione, la temperatura di reazione, l'eventuale presenza di acqua.

Operando in diverse condizioni di concentrazione del catalizzatore oppure in presenza o meno di un cocatalizzatore è possibile ottenere variazioni sulla qualità dei prodotti di reazione, sui loro rapporti specifici e sulle rese di conversione.

La reazione è esotermica (circa 30 kcal/mole) ed il calore di reazione è asportato mediante circolazione esterna attraverso due scambiatori a fascio tubiero raffreddati ad acqua. Un eventuale innalzamento della temperatura comporta automaticamente l'interruzione dell'alimentazione del cloro al reattore. L'alta pressione del reattore determina anch'esso il blocco automatico del cloro. L'HCl sviluppato nella reazione di clorurazione con gli inerti presenti nel cloro alimentato, dopo condensazione degli organici negli scambiatori ad acqua, è inviato all'impianto di assorbimento.

La regolazione del cloruratore è realizzata come segue:

- alimentazione cloro: la pressione del cloro e la portata sono regolate automaticamente e registrate a DCS;
- alimentazione benzene: la portata è regolata e registrata in continuo a DCS;
- estrazione clorurato: è regolata in base al livello del reattore.

Le temperature del reattore sono registrate a DCS ed inoltre attivano, per alta temperatura, il sistema di blocco.

**Evaporazione: recupero leggeri e separazione pesanti (fase 1.3A)**

Il grezzo di clorurazione è inviato ad un evaporatore munito di circolazione forzata, dove è evaporato; dopo condensazione a temperatura controllata è inviato alla colonna di recupero leggeri.

Dal fondo dell'evaporatore un flusso discontinuo va alla caldaia per l'eliminazione del catalizzatore e di parte dei clorurati più pesanti. Lo scarico concentrato della caldaia è inviato al serbatoio di stoccaggio peci.

Nella colonna di recupero leggeri si realizza la separazione tra il benzene non reagito (bassobollente) e i prodotti clorurati che escono dal fondo colonna. I vapori di testa della colonna di recupero leggeri, dopo condensazione, sono in parte rifluti in colonna ed in parte riciclati in alimentazione al cloruratore. Il prodotto di fondo della colonna è inviato alla sezione successiva.

Le portate, i livelli, le pressioni e le temperature delle varie apparecchiature sono registrate e regolate a DCS. In generale, per ogni singola colonna di distillazione ci sono le regolazioni di livello del fondo colonna e del barilotto di riflusso, le regolazioni di portata del vapore al ribollitore, dell'alimentazione e dell'estrazione di testa colonna e la regolazione della pressione di testa colonna. Inoltre, le temperature alle varie altezze, la portata di riflusso, eventuali altre pressioni sono indicate ed allarmate. Tutte le regolazioni e gli indicatori sono normalmente anche registrati.

**Distillazione monoclorobenzene (fase 1.4A)**

Il grezzo di clorurazione, privo di benzene, è alimentato alla colonna di distillazione del monoclorobenzene.

La colonna è munita di ribollitore e i vapori di testa costituiti da monoclorobenzene sono in parte rifluti in colonna ed in parte inviati nel serbatoio di colaggio del monoclorobenzene e da qui allo stoccaggio finale.

Il prodotto di fondo della colonna è inviato alla successiva sezione di separazione e purificazione isomeri.

Le portate, i livelli, le pressioni e le temperature delle varie apparecchiature sono registrate e regolate a DCS.

**Separazione e purificazione degli isomeri: distillazione (fasi 1.5A, 1.7A e 1.8A)**

Terminata la fase di reazione e di purificazione primaria, si ottiene un grezzo costituito principalmente da una miscela di diclorobenzene (orto, meta, para). In questo grezzo le proporzioni in cui si possono trovare tra loro gli isomeri sono variabili e dipendono da vari fattori quali:

- le concentrazioni e la composizione dei catalizzatori impiegati
- la temperatura di reazione
- l'eventuale presenza di impurezze
- l'eventuale riciclo di prodotti fuori specifica
- l'eventuale riciclo di by-products provenienti dalle varie fasi di purificazione.

Il paradiclorobenzene è l'isomero di gran lunga preponderante.

Prodotti puri finali sono ottenuti mediante purificazioni successive di tale miscela sfruttando la miglior combinazione possibile tra le varie unità (apparecchiature) disponibili.

Man mano che il processo procede, le composizioni si orientano verso prodotti in cui diventa preponderante un isomero. Queste unità si fondano su operazioni unitarie quali la distillazione, la distillazione estrattiva e la cristallizzazione; per rendere possibile lo sfruttamento ottimale di queste unità si rendono necessari appositi serbatoi di svincolo. Naturalmente queste unità/apparecchiature lavorano di volta in volta con parametri di funzionamento diversi secondo il tipo di produzione in cui sono impiegate. Tali diverse condizioni di funzionamento non comportano però significativi cambiamenti nel livello di rischio e di emissioni. Infatti, i prodotti presenti sono sempre gli stessi (orto-, meta-, para-diclorobenzene) anche se in concentrazioni diverse. Anche i parametri operativi di tipo fisico non cambiano in modo sostanziale; nelle colonne di distillazione le temperature possono variare tra 100 e 190 °C, mentre le pressioni possono variare tra -1 e +0,5 bar. Nei cristallizzatori le temperature possono variare da -30 a +80 °C e la pressione è all'incirca atmosferica.

A titolo di solo esempio, si riporta di seguito la descrizione di una configurazione tipica della sezione di separazione che non esaurisce però le varie possibilità, ovvero le varie sequenze di apparecchiature con cui potrebbe essere gestita questa operazione.

Dal serbatoio D301, dove si raccoglie anche lo spurgo di leggeri provenienti dalla testa della colonna C203, si alimenta con portata costante la colonna C9. Dalla testa è prelevata in continuo una corrente di leggeri destinata allo smaltimento, mentre dal fondo, in controllo di livello, la miscela di isomeri orto, meta e para DCB è inviata

insieme ai pesanti alla colonna C10 per l'allontanamento di questi ultimi. Dalla testa della colonna C10, che lavora ad una pressione di 400-500 torr, si ottiene quindi una miscela di diclorobenzene ricca in meta DCB che si raccoglie in D6200. Di qui può essere inviata a D8700 per la distillazione estrattiva del meta derivato o al serbatoio T8501 per essere stoccata nei periodi in cui le colonne C8700 A/B e C8705 sono impegnate in altre campagne.

Regolazioni Colonna C9:

- alimentazione: la portata è regolata e registrata a DCS
- vapore all'evaporatore: la portata è regolata e registrata da DCS
- riflusso: la portata è regolata e registrata a DCS
- estrazione di testa: è regolata automaticamente in base al livello del serbatoio di riflusso
- prelievo dal fondo: la portata è regolata automaticamente in base al livello della colonna
- pressione: regolata automaticamente con registrazione a DCS.

Regolazioni Colonna C10:

- alimentazione: l'alimentazione è costituita dal fondo C9
- vapore all'evaporatore: la portata è regolata e registrata da DCS
- riflusso: la portata è regolata e registrata a DCS
- estrazione di testa: è regolata automaticamente in base al livello del serbatoio di riflusso
- prelievo dal fondo: la portata è regolata automaticamente in base al livello della colonna
- pressione: regolata automaticamente con registrazione a DCS.

Il m-DCB grezzo, prodotto come descritto precedentemente, è alimentato alla colonna C8700 A/B. La colonna C8700 A è munita di ribollitore E8700 a circolazione forzata. Per effetto del riscaldamento i vapori sviluppati passano nella colonna C8700 B dove sono a contatto in controcorrente con un solvente (NEP) che è introdotto nella parte superiore della colonna. Il solvente durante la distillazione estrattiva lavora a circuito chiuso tra la C8705 e C8700 A e B, con eventuali rimbocchi. Solo a fine campagna è rinviato nel suo serbatoio di stoccaggio D8712. I vapori di testa sono condensati nei condensatori E8701 e raccolti nel serbatoio D8703. Gli effluenti di quest'ultimo, dopo passaggio in un impianto di abbattimento, sono inviati a un gruppo da vuoto.

Il liquido raccolto nel serbatoio D8703 (m-diclorobenzene puro) è in parte refluito in colonna ed in parte inviato ai serbatoi di colaggio D8711 A/B (e da qui al serbatoio di stoccaggio).

Il prodotto di fondo della colonna C8700A, costituito dal solvente e dagli isomeri p/o/m-diclorobenzene, è inviato alla colonna C8705. Quest'ultima è munita di reboiler E8705 a circolazione forzata, con regolazione automatica della portata di vapore. Per effetto del riscaldamento i vapori sviluppati dalla colonna passano ad un condensatore E 8706 (ad acqua con regolazione della temperatura di quest'ultima per evitare solidificazione del prodotto) ed il condensato è raccolto nel serbatoio D8706. Gli effluenti, dopo passaggio in un impianto di abbattimento, sono inviati sull'aspirazione del gruppo da vuoto, che è convogliato all'impianto di termocombustione. Il condensato di testa costituito da miscela degli isomeri p/o/m-diclorobenzene (diclorobenzene grezzi), è in parte refluito in colonna ed in parte rinviato all'impianto Clorobenzene.

Il prodotto di fondo, costituito dal solvente, dal fondo della colonna C8705 è inviato alla colonna C8700B, previo raffreddamento nello scambiatore E8704.

Le regolazioni delle colonne C8705 e C8700 A/B sono le medesime descritte nella produzione di diclorotoluene.

#### **Cristallizzazione frazionata (fase 1.6A)**

Le operazioni di cristallizzazione frazionata sono condotte in apparecchiature che operano a pressione atmosferica e costituite in pratica da un grande scambiatore di calore. Queste apparecchiature lavorano a batch secondo definiti cicli termici.

La miscela di isomeri da purificare è allo stato fuso e si trova all'esterno dei tubi.

Il ciclo ha inizio con un raffreddamento del liquido, determinata da una sottrazione di calore, e dopo un dato tempo, quando è raggiunta la temperatura di equilibrio solido-liquido corrispondente a quella ben determinata composizione della miscela liquida, cominciano a formarsi i primi cristalli di solido che naturalmente si raccolgono intorno alle superfici di raffreddamento. Questi cristalli sono costituiti dal componente che si vuole purificare. A mano a mano che diminuisce la temperatura prosegue

questo fenomeno per cui continua ad aumentare il solido puro cristallizzato e contemporaneamente la miscela liquida residua si arricchisce sempre di più nelle impurezze.

Si raggiunge quindi la temperatura minima a cui corrisponde una sufficiente quantità di prodotto da purificare cristallizzato intorno alle tubazioni e quindi una miscela liquida sufficientemente concentrata nelle impurezze. Si scarica perciò questo liquido (impropriamente chiamato eutettico) e così facendo si ottiene il risultato di eliminare la gran parte delle impurezze.

La fase successiva consiste in un riscaldamento dell'apparecchiatura secondo profili che devono approssimare il più possibile una sequenza di stadi di equilibrio. Il liquido che percola dai cristalli è allontanato, portando ad un ulteriore raffinamento del prodotto. Alla fine, si fonde tutto il solido residuo che risulterà costituito dal componente purificato alla concentrazione voluta.

Naturalmente i tempi, le temperature, le sequenze, le fasi di stasi, le velocità di riscaldamento e di raffreddamento, costituiscono il know how che determina la buona riuscita dell'operazione.

Il lato tubi è collegato ad un gruppo frigorifero tramite un circuito di fluido refrigerante.

## 2. **Produzione di o-/p-clorotoluene (o-ct, p-ct) e diclorotoluene (dct) (fase 2)**

Stante la complessità della situazione si rimanda allo schema a blocchi riportato nel seguito; in effetti il Gestore divide l'attività n. 2 in 2/A e 2/B, presentando due schemi a blocchi separati. L'o-CT e il p-CT sono ottenuti per clorurazione diretta del toluene e successiva distillazione del clorurato grezzo. La reazione è esotermica ( $\Delta H = \text{circa } -30 \text{ kcal/mol}$ ). La produzione di clorotolueni si articola in sequenza nelle seguenti fasi:

- disidratazione toluene;
- clorurazione toluene (procedimento analogo a quanto descritto nella fase produttiva dei clorobenzeni);
- recupero leggeri e separazione pesanti (procedimento analogo a quanto descritto nella fase produttiva dei clorobenzeni);
- distillazione e separazione isomeri (procedimento analogo a quanto descritto nella fase produttiva dei clorobenzeni);
- cristallizzazione frazionata (procedimento analogo a quanto descritto nella fase produttiva dei clorobenzeni).

### **Disidratazione toluene (fase 2.1A)**

Il toluene proveniente dal serbatoio di stoccaggio, dopo un eventuale passaggio in un filtro essiccatore e preriscaldamento negli scambiatori, è inviato in continuo alla colonna disidratatrice operante a pressione atmosferica e munita di ribollitore. I vapori di testa, contenenti acqua e toluene, sono condensati, sottoraffreddati e smiscelati in un separatore a fiorentina; la fase acquosa contenente circa 450 ppm di toluene è allontanata ed inviata a trattamento acque, mentre la fase organica rifluisce in colonna. Gli inerti presenti nel sistema si separano dal condensato prima del separatore a fiorentina e quindi sono collettati al termocombustore. Il prodotto di fondo (anidro) è inviato alla fase successiva.

**(Per le fasi 2.2A ÷ 2.6A vedasi quanto descritto per la produzione clorobenzeni)**

### **Produzione di diclorotolueni**

Stante la complessità della situazione si rimanda allo schema a blocchi riportato di seguito.

I DCT sono ottenuti per clorurazione dell'o-CT o del p-CT. Gli isomeri puri sono ottenuti nelle successive sezioni di distillazione e cristallizzazione. Le apparecchiature utilizzate e i procedimenti sono gli stessi descritti nelle fasi precedenti:

- clorurazione dei mono-CT;
- recupero leggeri e separazione pesanti;
- distillazione e separazione isomeri;
- cristallizzazione.

L'unica tecnica non descritta in precedenza è la distillazione estrattiva applicata nella produzione del 2,6 DCT.

### **Distillazione estrattiva (fase 2.11B)**

La miscela di DCT proveniente dalla testa della colonna è inviata attraverso un serbatoio intermedio (alimentazione distillazione estrattiva) alla colonna di distillazione estrattiva, divisa in due sezioni. Per effetto del riscaldamento i vapori sviluppatasi nel ribollitore passano in colonna dove sono trattati in controcorrente con un solvente selettivo che è introdotto nella parte superiore della colonna. I vapori che salgono dalla testa della colonna sono condensati negli scambiatori in grafite, raccolti in un

serbatoio e di qui in parte reflussati in colonna in controllo di livello ed in parte prelevati a portata costante ed inviati al serbatoio di colaggio.

Il prodotto ottenuto, essendo impuro per presenza di solvente in tracce, è inviato alla cristallizzazione. Dal fondo del tronco della colonna è prelevata in controllo di livello una corrente costituita dal solvente e da una miscela di DCT arricchita negli isomeri più pesanti (2,4-DCT, 2,5-DCT). Questa è alimentata ad una seconda colonna che ha lo scopo di separare il solvente dalla miscela di DCT che è in seguito inviata allo stoccaggio finale.

Dal fondo della colonna è estratto il solvente che è rialimentato alla colonna di distillazione estrattiva.

### **3. Produzione paraclorobenzotricloruro e toluene (fase 3)**

La tecnologia di base adottata è quella di fotoclorurazione tramite luce ultravioletta, ottenuta mediante apposite lampade che emettono luce nelle lunghezze d'onda corrispondenti alla regione in cui è posizionata la banda di assorbimento del cloro. La reazione avviene in due fasi in reattori distinti:

- clorurazione nella quale si converte l'organico di partenza (p-Clorotoluene) fino ad una conversione del 50 ÷ 70 % in cloruro di benzile e benzale;
- clorurazione a batch in reattore fino alla conversione completa in p-clorobenzotricloruro, PCBTC (ParaCloroBenzoTriCloruro).

Stante la complessità del processo si rimanda allo schema a blocchi riportato nel seguito.

#### **Fotoclorurazione (fasi 3.1 e 3.2)**

La materia prima è prelevata dagli esistenti serbatoi di stoccaggio mediante pompe e trasferita in serbatoio di stoccaggio che costituisce il polmone di carico del reattore. Per evitare la presenza di ferro od altri metalli, che durante la clorurazione potrebbero incrementare la produzione di impurezze indesiderate, la materia prima è filtrata attraverso una serie di filtri prima di essere caricata; per tale ragione inoltre tutte le linee e le apparecchiature sono costruite in acciaio inossidabile o smaltate. Il composto da fotoclorurare è anche sottoposto a trattamento con setacci molecolari e con carbone attivo.

La reazione di fotoclorurazione avviene ad una temperatura superiore agli 85°C. Il reattore è costituito da una caldaia smaltata da 2,5 m<sup>3</sup> munita di camicia, ed è inoltre munito di una connessione laterale dal quale avviene lo sfioro continuo della miscela clorurata nel serbatoio polmone. Completato il primo riempimento del reattore sotto flusso di azoto e portata la massa di reazione ad una temperatura superiore ai 90°C è possibile effettuare l'accensione delle tre lampade a luce ultravioletta. Un blocco dedicato impedisce l'accensione delle lampade e l'immissione di cloro se il livello del liquido non è completamente al di sopra delle lampade. Il cloro è alimentato sul fondo del reattore attraverso un opportuno distributore. Essendo la reazione esotermica, il controllo della temperatura è ottenuto mediante la regolazione della temperatura dell'acqua di raffreddamento circolante in camicia.

L'acido cloridrico gas è inviato, previo raffreddamento, ad un sistema di assorbimento.

Nella clorurazione batch l'organico parzialmente clorurato contenuto è caricato nel reattore mediante un sistema di pompaggio. La quantità è regolata da un misuratore di portata con funzione di totalizzatore e durante il carico il reattore è flussato in continuo con azoto. Il reattore è costituito da un corpo centrale dal quale si dipartono due rami in cui avviene la circolazione esterna. Nel corpo centrale si ha un serbatoio polmone collegato inferiormente ad un refrigerante a fascio tubiero. Ciascun ramo è costituito dalle tubazioni di raccordo e soprattutto dai reattori veri e propri in cui sono inserite le lampade.

Per ogni batch sono pertanto previste le seguenti operazioni:

- carico reattore;
- riscaldamento della massa di clorurazione a 90/95°C;
- clorurazione fino a completamento della reazione;
- raffreddamento massa clorurata a 50°C;
- scarico prodotto finito in serbatoio di stoccaggio.

Il cloro è alimentato separatamente nei due rami del reattore in controllo di portata. Poiché il reattore lavora in discontinuo la portata di cloro alimentata è variata in funzione del grado di conversione raggiunto.

La circolazione della massa è generata dalla differente densità tra la zona in cui è inserita la lampada e quella del refrigerante centrale, tale differenza è dovuta, oltre che dalla diversa temperatura, anche alla presenza di gas.

### **Dealogenazione, distillazione e assorbimento (fasi 3.3, 3.4 e 3.5)**

In presenza dell'opportuno catalizzatore i diclorotolueni (DCT) reagiscono con l'idrogeno perdendo l'alogeno che è allontanato sotto forma di acido cloridrico gas. I DCT si convertono quindi in monoclorotoluene che a sua volta reagisce con l'idrogeno formando ancora acido cloridrico e toluene.

Prima di entrare nel reattore l'idrogeno è filtrato in un filtro a cestello al fine di eliminare tracce di ferro e quindi distribuito all'interno del reattore. Il catalizzatore è caricato nel reattore "una tantum" in quantità variabili da 1 a 5 % p sul bulk di reazione.

I vapori che si liberano per effetto del calore di reazione e del riscaldamento mediante un fluido diatermico sono condensati in condensatore dove vengono sottoraffreddati per limitare le perdite di organico come saturazione degli incondensabili.

Questo tipo di condensazione consente di sottoraffreddare il minimo possibile il riflusso limitando così la perdita in colonna di piatti utili per la separazione, inoltre consente di ottenere dal postcondensatore un prodotto più ricco in toluene.

In uscita dal postcondensatore è presente sulla fase liquida un serbatoio di guardia che rivela l'eventuale condensazione di acqua acida nel sistema per eventuale rottura dei condensatori.

Il condensato è prelevato in controllo di portata e costituisce il distillato che si raccoglie nel serbatoio di recupero.

La fase gas separata è inviata all'assorbimento isoterma dell'acido cloridrico. La fase gas residua è inviata al termocombustore con linea dedicata, in quanto il suo contenuto di idrogeno la rende assimilabile ad un gas combustibile richiedendo pertanto l'impiego di un bruciatore dedicato per la sua combustione.

Il prodotto ottenuto, costituito da una miscela di toluene, o-clorotoluene e diclorotolueni ricchi in 2,6-DCT, è inviato ad una colonna di distillazione. Da qui la frazione leggera (toluene e o-CT) è riciclata alla sezione di produzione dei clorotolueni, mentre quella pesante è inviata alla cristallizzazione per la produzione dell'isomero 2,6-DCT.

<b>Input processo (MP)</b>	Toluene (benzene)
<b>Output processo (prodotti finiti, semilavorati)</b>	Prodotti CLAR
<b>Vettori energetici input</b>	Energia Elettrica, Vapore
<b>Vettori energetici output</b>	-

Si riporta in allegato 1 lo schema di processo.



Figura 16 - Impianto CLAR, sezione di dealogenazione



Figura 15 - Impianto CLAR, sezione di fotoclorurazione



Figura 17 - Immagine fotografica impianto CLAR (semplificando, riquadro rosso è relativo a sezioni di "trattamento" es. fasi di clorurazione ed evaporazione, mentre riquadro verde relativo a sezione produttiva es. fasi di distillazione e cristallizzazione)

#### B.2.1.4 IMPIANTO COX

L'impianto COX, nel corso del 2021 è stato mantenuto fermo per ragioni di mercato. Si riporta comunque di seguito una descrizione del processo.

Attraverso il parziale revamping della attuale linea di produzione dei clorotolueni e diclorotolueni, HydroChem è stata in grado di avviare una linea di produzione di Cloro-Orto-Xilene (COX).

Il revamping ha previsto l'aggiunta, alla esistente linea produttiva, delle colonne di distillazione denominate C203A/B (già installate in stabilimento presso il reparto Cloroaromatici e precedentemente a servizio della produzione di clorobenzeni) e nella sostituzione di alcune apparecchiature per la movimentazione delle sostanze all'interno della linea produttiva.

In considerazione del fatto che la linea produttiva Cloro-Orto-Xilene (COX) si avvale delle medesime apparecchiature della esistente linea produttiva clorotolueni e diclorotolueni, da un punto di vista impiantistico e gestionale non sarà possibile la contemporaneità tra le due tipologie di produzione, che avverrà per "campagne" ovvero in alternanza a seconda delle esigenze di mercato.

Le principali fasi del processo di lavorazione dell'o-xilene si possono riassumere come segue:

- a. **Separazione dell'O-xilene dal cumene** - La fase si realizza mediante distillazione nelle esistenti colonne C203A/B. Il prodotto, costituito essenzialmente da O-xilene, fluisce dalla testa colonna C203B alla sezione successiva di Clorurazione. La miscela di alimentazione, dal serbatoio di stoccaggio S207, è inviata in continuo nelle colonne C203A/B poste in serie, operanti a pressione atmosferica e munite di ribollitore E212. I vapori di testa, contenenti o-xilene, sono condensati e inviati al serbatoio D 209 da cui in parte è reflussato in colonna e in parte estratto e inviato in C201 e poi, una volta anidrificato, inviato al serbatoio D 204.
- b. **Clorurazione dell'O-xilene** - La clorurazione dell'O-xilene, catalitica in fase liquida, si realizza massimizzando la produzione dell'isomero 4-COX (prodotto finito), mediante l'utilizzo di un co-catalizzatore inviato in reazione con dosatrici. La clorurazione è effettuata nel reattore R201. La reazione è esotermica e il calore di reazione viene asportato mediante circolazione esterna, attraverso due scambiatori E204A/B ad acqua. L'acido cloridrico sviluppato nella reazione di clorurazione, dopo condensazione degli organici in uno scambiatore ad acqua E205 e in uno a fluido frigorifero E228, è inviato all'assorbimento per la produzione di acido cloridrico in soluzione nella esistente colonna C8.
- c. **Purificazione e distillazione grezzo** - Il processo di separazione si realizza facendo confluire il grezzo di reazione, ed eventuali ricicli d'impianto, all'evaporatore D206 provvisto di ribollitori a circolazione forzata E207 A/B. I composti leggeri, in uscita dalla testa dell'evaporatore (o-xilene e COX), fluiscono direttamente alla colonna di distillazione C202, dopo condensazione in E218, mentre quelli alto bollenti (polichlorurati) si concentrano nell'evaporatore stesso e vengono trasferiti, in discontinuo, alla caldaia "Dopp Kettle" A201, nella quale, mediante distillazione, si effettua un'ulteriore concentrazione dei residui pesanti. Questi ultimi sono trasferiti nel serbatoio di stoccaggio S254 mentre il distillato (o-xilene e COX) viene riciclato nell'evaporatore D206. I vapori di testa dalla colonna C202, condensati nello scambiatore E211, sono raccolti in D207 e da qui il prodotto, costituito da o-xilene con tracce di COX, è in parte refluito in colonna e in parte riciclato al serbatoio D204 e da qui al cloruratore. Il prodotto di fondo della colonna, costituito dagli isomeri COX, è inviato ai serbatoi intermedi D208A/B.
- d. **Rettifica isomeri clorurati** - La colonna C250A è munita di ribollitore a circolazione forzata E251. I vapori sviluppatasi per effetto del riscaldamento passano nella colonna C250B e sono condensati nei condensatori di testa ad acqua E252A/B. Il condensato, costituito da 3-COX (le cui aspettative commerciali sono ancora in fase di valutazione), è raccolto nel serbatoio D250; da qui una parte è reflussata in colonna e una parte inviata nei serbatoi D251 A/B. Il 3-COX prodotto è inviato nel serbatoio di stoccaggio o a smaltimento. Gli effluenti gassosi dal serbatoio D250 vengono inviati ai condensatori E253-E270 e quindi al Termocombustore. Dal fondo della colonna C250A il prodotto, costituito da 4-COX e piccole percentuali di dicloroxilene, è inviato alla sezione separazione pesanti.
- e. **Eliminazione pesanti**: il prodotto di fondo C250A è alimentato direttamente alla colonna C320 per separare i clorurati pesanti che sono allontanati, in discontinuo dal fondo e inviati al serbatoio di stoccaggio peci S254. I vapori sviluppatasi per effetto del riscaldamento fluiscono alla testa della colonna e sono condensati nel condensatore E322. Il condensato (4 - COX) è raccolto nel serbatoio di reflusso; da qui una parte è refluita in colonna e una parte inviata nel serbatoio di colaggio D216 per essere inviato a stoccaggio

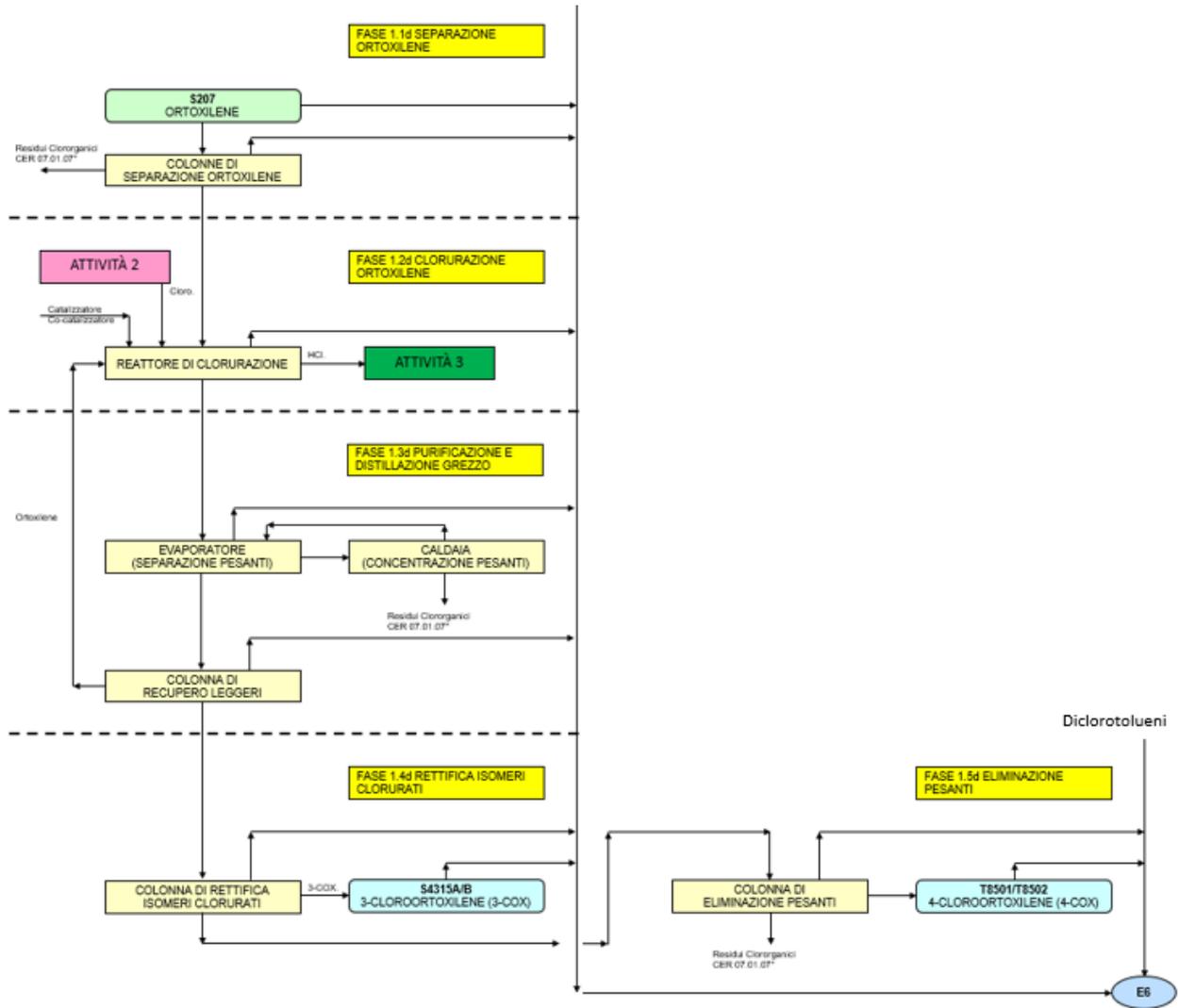


Figura 18 - Schema a blocchi processo COX

### B.2.1.5 IMPIANTO ACIDO CLORIDRICO (IMPIANTO DI SINTESI)

Il consumo energetico dell'impianto HCl, comunque limitato all'energia elettrica per le pompe di circolazione, in considerazione della sua posizione rispetto alla sezione CLAR, è ricompreso nel consumo energetico di quest'ultimo.

L'impianto di sintesi HCl si affianca alle precedenti produzioni che comunque rimangono attive nel sito, conservando la loro validità produttiva e commerciale. Tale acido è prodotto come by-product, è in pratica coprodotto, dalle reazioni di clorurazioni realizzate presso il reparto cloroaromatici. In queste reazioni si forma, infatti, anche acido cloridrico gassoso che è assorbito in acqua per ottenere una soluzione circa al 32%; tale soluzione contiene tracce di prodotti organici, che sono eliminati mediante stripping con azoto e filtrazione su appositi carboni attivi.

La capacità produttiva del nuovo impianto è stata portata a 37.837,78 t/anno di acido cloridrico al 37%, oppure di 54.687,5 t/anno di acido cloridrico al 32%.

L'impianto di sintesi, sfruttando un processo di combustione tra idrogeno e cloro e di successivo assorbimento isotermico, permette la produzione di HCl in soluzione ad una concentrazione variabile a scelta tra 32 e 37 %.

Inoltre, utilizzando materie prime pure (non provenienti da processi interessati dalla presenza di sostanze organiche), il prodotto finale ha caratteristiche di purezza tale da soddisfare i requisiti di settori di mercato più restrittivi, quale quello farmaceutico o quello alimentare.

La sintesi si basa sulla combustione del cloro e dell'idrogeno gassosi in uguali volumi secondo una reazione esotermica per formare HCl gassoso (o cloruro di idrogeno). La temperatura della fiamma è circa 2.500°C.

Attraverso una scelta di progettazione che prevede un bruciatore posizionato nella parte superiore della camera di combustione (fiamma che si sviluppa dall'alto verso il basso), l'impianto integra in un'unica unità (a volte definita unità forno-assorbitore) i cinque passi necessari per la sintesi dell'acido cloridrico in soluzione:

- sintesi dell'HCl gassoso mediante combustione di cloro ed idrogeno;
- alimentazione della soluzione di assorbimento;
- raffreddamento dei gas;
- assorbimento isotermico in equicorrente dell'HCl gassoso;
- raffreddamento della soluzione concentrata ottenuta.

Il cloro entra nel bruciatore per mezzo del tubo più interno mentre l'idrogeno attraverso il tubo esterno. Il mescolamento dei due gas si realizza al termine dei due tubi prima della combustione.

La fiamma generata dalla combustione si sviluppa dall'alto verso il basso nella parte superiore del forno. La soluzione di assorbimento entra nel forno per mezzo di un distributore che assicura anche la distribuzione omogenea ed uniforme lungo le pareti interne del forno. Il film così formato fluisce per gravità lungo la parete la cui temperatura non supera i 100°C nonostante la vicinanza della fiamma. Questo film e l'acqua di raffreddamento che fluisce esternamente alla grafite costituiscono una protezione duplice per il forno.

Raffreddamento e assorbimento dei gas cominciano nella parte più bassa del forno, dove l'acido cloridrico gassoso e la soluzione di assorbimento fluiscono in equicorrente. Alla fine del forno ha inizio lo scambiatore costituito da blocchi di grafite affiancati in serie e attraversati da fori passanti verticali (fluidi di processo) e orizzontali (acqua di raffreddamento).

I gas e la soluzione raggiungono così il blocco superiore che efficientemente distribuisce la soluzione in tutti i fori verticali. La soluzione fluisce in ciascuno di questi canali sotto forma di un film cadente, continuando ad arricchirsi in HCl e raffreddandosi efficientemente. Al termine di questa fase l'acido raggiunge un separatore gas-liquido sotto forma di soluzione concentrata e fredda.

L'acido cloridrico concentrato prodotto nell'unità di sintesi è raffreddato ad una temperatura di circa 20 °C mediante un apposito scambiatore di calore (E9040). Successivamente l'acido è filtrato prima su carboni attivi e in un secondo tempo mediante un filtro a cartucce; quindi, è inviato a due serbatoi di stoccaggio.

A causa del processo di assorbimento in equicorrente, al termine di questa fase resta una piccola quantità di HCl gassoso che non è stato assorbito. Il separatore finale assicura una tenuta idraulica, permettendo a questo gas non assorbito di essere indirizzato verso la torre Tail Tower di assorbimento e recupero finale. Il calore generato dal sistema è smaltito dal circuito di acqua di raffreddamento che circola in contro-corrente rispetto ai fluidi di processo tra i blocchi di grafite e l'involucro metallico esterno dell'assorbitore e del forno.

<b>Input processo (Semilavorati)</b>	Cloro, Idrogeno
<b>Output processo (prodotti finiti, semilavorati)</b>	Acido Cloridrico
<b>Vettori energetici input</b>	Energia Elettrica
<b>Vettori energetici output</b>	-

Si riporta di seguito il diagramma di flusso del processo di produzione dell'acido cloridrico:

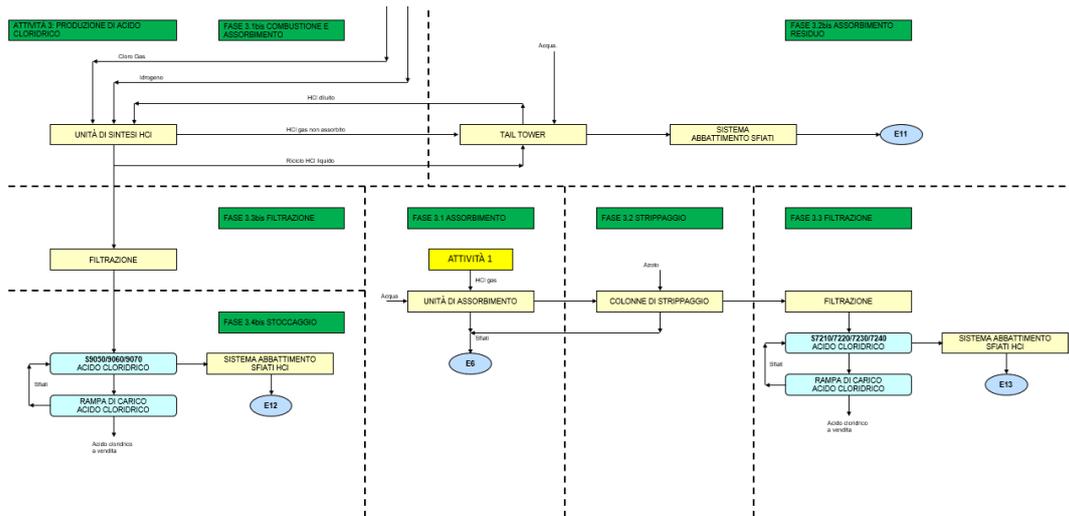


Figura 19 – Schema a blocchi processo Acido Cloridrico



Figura 20 - Impianto HCl di sintesi, nel riquadro rosso è possibile osservare la colonna di reazione

### B.2.2 SERVIZI AUSILIARI

In questa area sono inserite le attività caratterizzate dalla trasformazione del vettore energetico primario in ingresso in vettori energetici secondari utilizzati nell'ambito delle aree funzionali delle attività principali e le attività a servizio dei processi produttivi ma non correlabili ad un singolo processo. Rientrano in questa area il sistema di produzione dell'aria compressa, l'impianto di autoproduzione di azoto, l'impianto di depurazione delle acque ed i consumi relativi sostanzialmente alle pompe del servizio idrico. I diversi servizi ausiliari sono elencati di seguito:

#### B.2.2.1 ARIA COMPRESSA

Il servizio aria compressa comprende il consumo del compressore che produce l'aria compressa necessaria all'azionamento pneumatico di valvole e pompe pneumatiche dello stabilimento.

La sala compressori dedicata è composta da 1 compressore Kaeser modello DSDX 302 SFC a giri variabili con potenza 160 kW, con regime di funzionamento continuo e da un compressore Atlas Copco modello GA 110 a giri fissi da 110 kW prevalentemente fermo ed utilizzato solo in caso di emergenza.

Di seguito una tabella con le caratteristiche dei compressori aria:

Marca	Modello	n. seriale	Potenza [kW]	Portata nominale [mc/min]	Pressione operativa [bar]	Anno
Kaeser	DSDX 302 FSC	1502	160	6,62 – 30,6	5-6	2010
Atlas Copco	GA 110 A3	APF247061	110	17,1	5-6	2020

Tabella 9 - Parco macchine sala compressori 2021

<b>Vettori energetici input</b>	Energia Elettrica
<b>Vettori energetici output</b>	Aria compressa

#### B.2.2.2 DEPURAZIONE ACQUE

Gli impianti dispongono di sistemi di depurazione delle acque di processo dedicati per l'impianto cloroaromatici (stripping con vapore) e per l'impianto clorosoda (demercurizzazione con resine), con riciclaggio delle sostanze recuperate. Il consumo energetico principale dei sistemi di depurazione è di tipo elettrico, prevalentemente costituito dai motori delle pompe di movimentazione dell'acqua e con vapore per il funzionamento dello stripping cloroaromatici. Le acque, opportunamente trattate, vengono scaricate nel torrente Marmazza, per confluire poi nel fiume Toce, tramite due bocche di scarico dedicate rispettivamente alle acque di raffreddamento e alle acque di trattamento del processo. Le prime confluiscono in una vasca dove stazionano temporaneamente prima di confluire allo scarico; le acque di trattamento invece confluiscono in una vasca post-trattamento prima di essere analizzate e inviate allo scarico (le acque del processo CLAR, prima di essere inviate al trattamento e quindi alla vasca di post-trattamento, vengono raccolte nella vasca di pre-trattamento acque CLAR). La vasca di stazionamento temporaneo delle acque di raffreddamento svolge anche una funzione di sicurezza: in caso di malfunzionamento degli impianti e inquinamento delle acque di raffreddamento dalla vasca di stazionamento è possibile, per mezzo di pompe, deviare le acque alla vasca di pre-trattamento acque CLAR per successivo trattamento, analisi e scarico.

Entrambi gli scarichi sono dotati di sistemi di misura degli inquinanti e di misuratori di portata delle acque di scarico.



Figura 21 - Immagine satellitare vasche di raccolta acque da trattare



Figura 22 - Vasca pre-trattamento acque CLAR

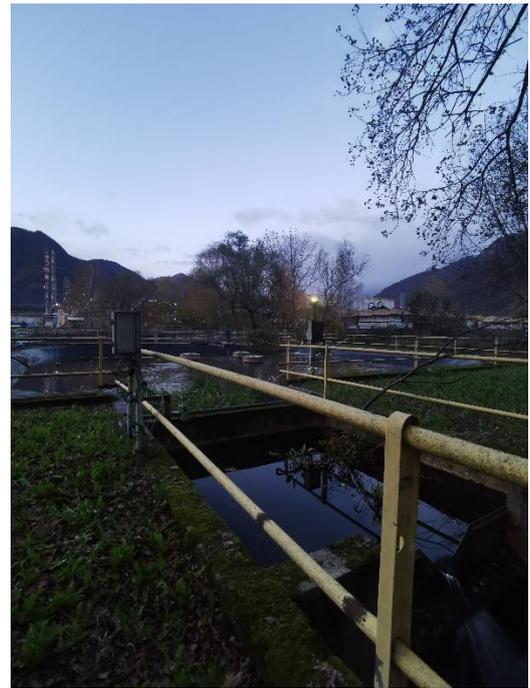


Figura 23 - Vasca post-trattamento acque CLAR

<b>Input processo (MP, semilavorati)</b>	Acqua di raffreddamento, acqua di processo
<b>Output processo (prodotti finiti, semilavorati)</b>	Acqua, acqua trattata
<b>Vettori energetici input</b>	Energia Elettrica, Vapore
<b>Vettori energetici output</b>	-

#### B.2.2.3 SERVIZIO IDRICO INTEGRATO

Gli impianti utilizzano, per processo (produzione acqua demineralizzata tramite impianto Osmosi) e raffreddamento, acque del sottosuolo (1.000 m<sup>3</sup>/h; di cui circa 50 mc/h per esigenze di processo), estratte con elettropompe da 3 pozzi che alimentano le varie utenze per mezzo di una rete di distribuzione.

Le pompe di estrazione di acqua di pozzo sono di seguito riportate:

- Serv. Idrico Cabina C6;
- Serv. Idrico Cabina C8;
- Serv. Idrico pensile;

Dei 3 pozzi 2 sono in marcia continua. Ciascun pozzo è dotato di una pompa da 170 kWe assorbiti. Uno dei pozzi è dotato di inverter che svolge una funzione di regolazione della pressione di rete.

<b>Vettori energetici input</b>	Energia Elettrica
<b>Vettori energetici output</b>	-

#### B.2.2.4 PESATURA

La pesatura è costituita da un sistema di pesatura degli automezzi in ingresso e uscita stabilimento tramite bilancia idonea per masse fino a 800 quintali

<b>Vettori energetici input</b>	Energia Elettrica
<b>Vettori energetici output</b>	-

### B.2.2.5 AUTOPRODUZIONE AZOTO

Presso lo stabilimento è presente una centrale di produzione dell'azoto. È costituita da un compressore da 200 kWe in funzionamento continuo. L'aria ambiente viene compressa fino ad una pressione di circa 10 bar (al fine di garantire una pressione della rete di distribuzione azoto di circa 8 bar) tramite compressore a vite marca Kaeser, modello ESD 352; l'aria compressa viene raffreddata e inviata ad un assorbitore rigenerativo per l'estrazione dell'azoto presente nella massa d'aria. La quasi totalità dei consumi elettrici è attribuibile al consumo del compressore aria.

Al fine di garantire la continuità della fornitura di azoto ai processi è presente in sito un serbatoio di azoto di acquisto.

Si riportano di seguito le caratteristiche del compressore:



Figura 24 - Locale autoproduzione azoto (riquadro rosso: assorbitore rigenerativo; riquadro verde: compressore aria)

Marca	Modello	n. seriale	Potenza [kW]	Portata nominale [mc/min]	Pressione operativa [bar]	Anno
Kaeser	ESD 352	1424	200	29,72	10	2014

Tabella 10 - Compressore aria per autoproduzione azoto

<b>Input processo (MP, semilavorati)</b>	Aria ambiente
<b>Output processo (prodotti finiti, semilavorati)</b>	Azoto
<b>Vettori energetici input</b>	Energia Elettrica
<b>Vettori energetici output</b>	-

### D.2.2.6 TERMOCOMBUSTORE

È costituito da una unità in grado di trattare 1200 Nm<sup>3</sup> /h di off-gas. Tale impianto utilizza gas naturale per il processo di termodistruzione. È dotato di recupero calore con produzione vapore (3 t/h) che viene immesso nella rete di distribuzione. All'uscita del recuperatore i fumi, che possiedono ancora una elevata temperatura, devono subire un brusco raffreddamento al fine di evitare la formazione di inquinanti indesiderati; pertanto, non è possibile recuperare ulteriormente calore utile alla produzione di vapore.

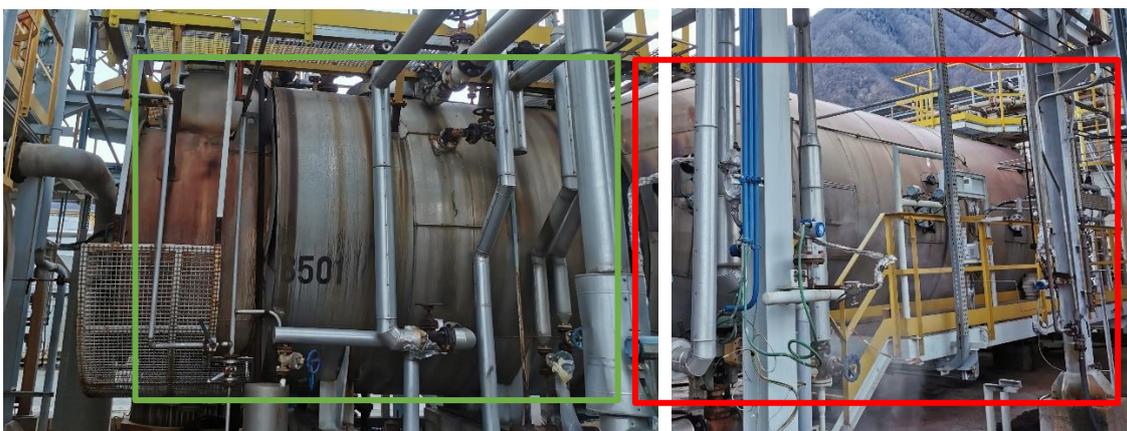


Figura 25 - Termocombustore per il trattamento delle emissioni dell'impianto CLAR (riquadro rosso: termocombustore, riquadro verde: recuperatore di calore per la produzione di vapore)

<b>Vettori energetici primari</b>	Gas Naturale
<b>Vettori energetici secondari</b>	Vapore

### B.2.2.6 PRODUZIONE VAPORE

Presso lo stabilimento sono presenti 3 generatori di vapore per la produzione di vapore saturo circa 18 bar per esigenze di processo alimentati a gas naturale (Caldaie Mingazzini) e bi-fuel metano +idrogeno (Caldaia Bono).

Complessivamente, i generatori di vapore hanno una potenzialità di circa 20 MW<sub>th</sub> per la produzione di circa 30 ton/h di vapore saturo.

Si riportano di seguito le caratteristiche tecniche dei generatori di vapore:

Marca	Modello	Matricola	Potenza [MW]	Produzione [ton/h]	Pressione [bar]
CANNON BONO	CTD ECO	9536	14,5	20,0	18
MINGAZZINI	PB50	10942	2,99	4,3	20
MINGAZZINI	PB50	10941	2,99	4,3	20

Tabella 11 - Elenco utenze termiche per la produzione di vapore



Figura 26 - Caldaia Bono (riquadro verde: economizzatori; riquadro rosso: caldaia con bruciatore bi-fuel, iniettori gas-idrogeno alternati)

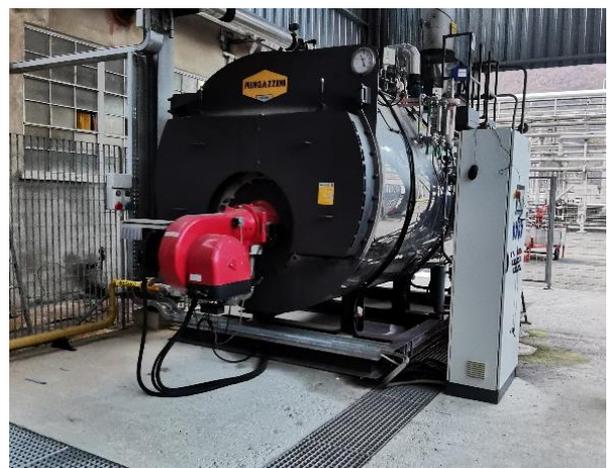


Figura 27 - Caldaie Mingazzini

Vettori energetici input	Gas Naturale, Idrogeno
Vettori energetici output	Vapore

### B.2.2.7 IMPIANTO OSMOSI

Presso lo stabilimento è presente un impianto di osmosi alimentato ad acqua di pozzo per la produzione di acqua demineralizzata destinata agli impianti cloro-soda, cloro-potassa e acido cloridrico, con una produzione complessiva di circa 50 mc/h. L'impianto acqua demineralizzata presenta dei consumi di energia elettrica estremamente esigui, contabilizzati all'interno dell'area funzionale "Ausiliari elettrolisi".



Figura 28 - Impianto osmosi per la produzione di acqua demineralizzata a servizio di diversi processi, tra cui processo di elettrolisi

<b>Input processo (MP, semilavorati)</b>	Acqua
<b>Output processo (prodotti finiti, semilavorati)</b>	Acqua demineralizzata
<b>Vettori energetici input</b>	Energia Elettrica
<b>Vettori energetici output</b>	-

### B.2.2.7 CIRCUITO CLORO

Adiacente al reparto sala celle, ove sono localizzati gli impianti di elettrolisi cloro-soda e cloro-potassa, è presente un locale adibito al trattamento del cloro gas prodotto dalle celle elettrolitiche. Il cloro prodotto prima di essere inviato ai processi produttivi (o alla vendita come cloro liquido) deve infatti subire un processo di trattamento composto dalle seguenti fasi: Lavaggio, essiccamento, compressione e liquefazione.

I consumi elettrici del circuito cloro sono riportati nell'area funzionale "Ausiliari Elettrolisi" e rappresentano circa il 50% dei consumi complessivi dell'area funzionale (prima dell'avviamento degli impianti elettrolisi, il consumo dell'area funzionale "ausiliari elettrolisi" era quasi interamente ascrivibile al circuito cloro (cloro di acquisto), in funzione a supporto della produzione dell'impianto CLAR). Di questo 50% di consumo elettrico, la quasi totalità dei consumi elettrici sono connessi ai tre compressori cloro.

ID	Componente	Potenza nominale [kW]	Giorni equivalenti anno	Coefficiente di carico
1 A	Compressore cloro	105	365	0,7
2 A	Compressore cloro	110	365	0,7
3 A	Compressore cloro	110	365	0,7
P 30 A	Pompa Wiegand	37	165	1
P 30 B	Pompa Wiegand	55	165	1
K30	Liquefattore	45	300	0,8
K40	Liquefattore	45	300	0,8



Figura 29 - Gruppi di compressione Cloro

<b>Input processo (MP, semilavorati)</b>	Cloro (gas) impuro
<b>Output processo (prodotti finiti, semilavorati)</b>	Cloro (gas) puro, Cloro (liquido)
<b>Vettori energetici input</b>	Energia Elettrica
<b>Vettori energetici output</b>	-

#### B.2.2.8 PIASTRE ELETTROLISI

L'impianto denominata "piastre elettrolisi" racchiude tutte quelle utenze ausiliarie al funzionamento degli impianti elettrolisi che non rientrano nel perimetro della cella elettrolitica, ovvero che non contribuiscono al processo elettrolitico ma comunque strettamente funzionali ad esso. I consumi di questa area sono contabilizzati nell'area funzionale "Ausiliari elettrolisi", assieme ai consumi del "circuitto cloro" e "ipoclorito di sodio".

Le principali utenze di questo impianto sono riportate nella tabella seguente:

ID	Componente	Potenza nominale [kW]	Giorni equivalenti anno	Classe motore
P2306	Piastra Potassa	37	365 gg	IE3
P2324A	Piastra Potassa	30	183 gg	IE3
P2324B	Piastra Potassa	30	183 gg	IE3
P2316A	Piastra Potassa	75	183 gg	IE3
P2316B	Piastra Potassa	75	183 gg	IE3
P5306	Piastra Soda	37	365 gg	IE3
P5324A	Piastra Soda	30	183 gg	IE3
P5324B	Piastra Soda	30	183 gg	IE3
P5316A	Piastra Soda	75	183 gg	IE3
P5316B	Piastra Soda	75	183 gg	IE3

<b>Input processo (MP, semilavorati)</b>	-
<b>Output processo (prodotti finiti, semilavorati)</b>	-
<b>Vettori energetici input</b>	Energia Elettrica
<b>Vettori energetici output</b>	-

### B.2.3 SERVIZI GENERALI

In tale area sono inserite tutte le attività connesse al processo produttivo i cui fabbisogni non sono ad essi strettamente correlati. In questo contesto rientrano l'illuminazione, il riscaldamento, la climatizzazione degli ambienti e gli uffici. I diversi servizi generali sono elencati di seguito:

#### B.2.3.1 ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione dello stabilimento, si compone di lampade di varia tipologia in funzione dell'area di installazione.

Il consumo energetico relativo agli impianti di illuminazione viene misurato, per ogni area funzionale, insieme al consumo di altre utenze elettriche afferenti alla stessa area e pertanto non è possibile determinare tramite misure il consumo relativo alle sole esigenze di illuminazione dello stabilimento.

È stato elaborato un documento di censimento dei corpi illuminanti afferenti ad ogni reparto, con indicazione della tipologia di lampade, potenza nominale; i cui risultati sono riassunti di seguito:

Area/reparto	Numero di lampade	Tipologia	Potenza totale [kW]	Quota potenza	Funzionamento
Piazzali esterni	75	Fari di varia tipologia non LED	30,00	32,7%	Notturno / 365
Piazzali esterni	45	Fari LED	9,00	7,5%	Notturno / 365
Altri servizi generali	76	Plafoniere neon	2,74	2,3%	Misto / 365
CLAR	882	Plafoniere neon	36,79	30,8%	Misto / 365
CLSO	212	Plafoniere e fari LED	12,68	10,6%	Misto / 365
Uffici	532	Plafoniere neon	19,15	16,0%	Misto / 300

Tabella 12 - Censimento 2021 corpi illuminanti stabilimento

In particolare, si osserva che per le aree relative ai nuovi impianti elettrolisi la tecnologia dei corpi illuminanti è completamente LED in ottica di riduzione dei consumi, mentre rimangono margini di miglioramento sui sistemi di illuminazione delle aree/reparti restanti.

<b>Vettori energetici input</b>	Energia Elettrica
<b>Vettori energetici output</b>	-

#### B.2.3.2 CLIMATIZZAZIONE

La climatizzazione (riscaldamento invernale o raffrescamento estivo) avviene tramite spillamento di vapore dalla rete di distribuzione vapore o tramite pompe di calore. La volumetria riscaldata censita all'interno dello stabilimento, in primo luogo la palazzina uffici (che è un edificio di 3 piani) conta 23.986 m<sup>3</sup> è riscaldata in modo prevalente mediante il prelievo di vapore dalla rete e la conversione in acqua calda per la circolazione negli impianti interni. Alcuni ambienti (circa 4.114 m<sup>3</sup>) sono riscaldati mediante impianti locali di tipo split (pompe di calore). I consumi degli ambienti riscaldati con pdc, di tipo diffuso e in piccole unità decentrate, rientrano di fatto tra i consumi rilevati nei rispettivi reparti di produzione.

<b>Vettori energetici input</b>	Energia Elettrica, vapore
<b>Vettori energetici output</b>	-

#### B.2.3.3 SICUREZZA

I consumi elettrici rappresentati nell'area funzionale "Sicurezza" sono relativi al sistema antincendio e derivazioni acque in caso di malfunzionamento impianti.

<b>Vettori energetici input</b>	Energia Elettrica
<b>Vettori energetici output</b>	-

#### B.2.3.4 OFFICINE

I consumi afferenti a questa area funzionale sono relativi ai consumi misurati dell'officina elettrica e dell'officina meccanica presenti in sito. I consumi elettrici misurati sono relativi a utensili/macchinari, f.e.m., illuminazione e climatizzazione tramite pdc elettriche.

Elenco pdc:

Zona	Marca	Modello	P <sub>ei</sub> [kW]	P <sub>raffr</sub> [kW]	P <sub>risc</sub> [kW]	Anno
Off. Meccanica	Vailant	VAI5-035 WNO	1,55	5,3	5,57	2017

Tabella 13 - PDC officine

<b>Vettori energetici input</b>	Energia Elettrica
<b>Vettori energetici output</b>	-

#### B.2.3.5 MAGAZZINO

I consumi afferenti a questa area funzionale sono relativi ai consumi stimati dei magazzini presenti in sito. I consumi elettrici sono relativi a f.e.m., illuminazione e climatizzazione tramite pdc elettriche. A questa area funzionale viene attribuito un consumo costante di 2.000 kWh/mese.

Elenco pdc:

Zona	Marca	Modello	P <sub>el</sub> [kW]	P <sub>raffr</sub> [kW]	P <sub>risc</sub> [kW]	Anno
Magazzino (A)	Vailant	VAI6-035 WNO	1,20	3,5	4	2014
Magazzino (B)	Vailant	VAI6-035 WNO	1,20	3,5	4	2014
Magazzino (C)	Vailant	VAI6-035 WNO	1,5	3,5	3,67	2021

Tabella 14 - PDC magazzini

<b>Vettori energetici input</b>	Energia Elettrica
<b>Vettori energetici output</b>	-

#### B.2.3.5 MENSA

I consumi afferenti a questa area funzionale sono relativi ai consumi misurati del locale mensa. I consumi elettrici misurati sono relativi a elettrodomestici, f.e.m., illuminazione e climatizzazione tramite pdc elettriche.

Elenco pdc:

Zona	Marca	Modello	P <sub>el</sub> [kW]	P <sub>raffr</sub> [kW]	P <sub>risc</sub> [kW]	Anno
Palazzina Uffici - Mensa	Vailant	VAI8-035	1,50	2,6	2,8	2022

Tabella 15 – PDC mensa

<b>Vettori energetici input</b>	Energia Elettrica
<b>Vettori energetici output</b>	-

#### B.2.3.5 LABORATORIO / UFFICI

I consumi afferenti a questa area funzionale sono relativi ai consumi misurati del locale mensa. I consumi elettrici misurati sono relativi a macchinari, computer, f.e.m., illuminazione e climatizzazione tramite pdc elettriche.

Elenco pdc:

Zona	Marca	Modello	P <sub>el</sub> [kW]	P <sub>raffr</sub> [kW]	P <sub>risc</sub> [kW]	Anno
Palazzina Uffici - Mensa	Vailant	VAI8-035	1,50	2,6	2,8	2022
Palazzina Uffici - Ufficio A	Vailant	VAI8-050	2,30	5,13	5,28	2019
Palazzina Uffici - Ufficio B	Vailant	VAI8-035	1,50	3,50	3,67	2019
Palazzina Uffici - Ufficio C	Vailant	VAI8-050	2,30	5,13	5,28	2019
Palazzina Uffici - Ufficio D	Vailant	VAI8-035	1,50	3,50	3,67	2019
Palazzina Uffici - Ufficio E	Vailant	VAI8-050	2,30	5,13	5,28	2019
Palazzina Uffici - Ufficio F	Vailant	VAI8-050	2,30	5,13	5,28	2019
Palazzina Uffici - Ufficio G	Vailant	VAI8-065	3,10	6,45	6,45	2019
Palazzina Uffici - Ufficio H	Vailant	VAI8-035	1,50	3,50	3,67	2019
Palazzina Uffici - Ufficio I	Vailant	VAI8-025	1,50	2,60	2,80	2019
Palazzina Uffici - Ufficio L	Vailant	VAI8-025	1,50	2,60	2,80	2019
Palazzina Uffici - Ufficio M	Vailant	VAI8-025	1,50	2,60	2,80	2019
Palazzina Uffici - Ufficio N	Vailant	VAI8-025	1,50	2,60	2,80	2019
Palazzina Uffici - Ufficio O	Vailant	VAI8-035	1,50	3,50	3,67	2019
Ufficio CED	Mitsubishi	MSZ-HR50VF E1	2,00	5,00	5,80	2021
Ufficio CED	Mitsubishi	MSZ-HR50VF E1	2,00	5,00	5,80	2021
Palazzina Uffici – Amministr.	Vailant	VAI6-035 WN	1,20	3,50	4,00	2014
Palazzina Uffici – Amministr.	Vailant	VAI6-065 WN	3,10	6,45	5,80	2014
Palazzina Uffici – Amminist.	Mitsubishi	MSZ-SF35V E3	1,00	3,50	4,00	2017
Palazzina Uffici - Sala Verde	Vailant	VAI8-065	3,10	6,45	6,45	2019
Palazzina Uffici - ex Commerciale	Mitsubishi	MSZ-HR71VF	1,70	7,10	8,10	2022
Infermeria (lato parcheggio)	Mitsubishi	MXZ-4C80VA	2,00	8,00	9,40	2012
Infermeria (lato parcheggio)	Mitsubishi	MXZ-4C71VA	1,70	7,10	8,60	2012
Portineria, zona ced ENI	Midea	MOX102-12HFN8/LT	2,15			2022

Palazzina Uffici - Eni Rewind	Mitsubishi	MUZ-AP42VG	1,50	4,20	5,40	2021
Palazzina Uffici - Eni Rewind	Mitsubishi	MUZ-HR50VF	2,00	5,00	5,40	2020
Palazzina Uffici - Eni Rewind	Mitsubishi	MUX-A20WV	1,00	2,60		2004
Palazzina Uffici - Eni Rewind	Mitsubishi	MUZ-SF35VE	1,00	3,50	4,00	2016
Palazzina Uffici - Eni Rewind	Vailant	VAI6-065 WN	3,10	6,45	5,80	2014
Palazzina Uffici - Eni Rewind	Vailant	VAI6-065 WN	3,10	6,45	5,80	2004
Palazzina Uffici - Eni Rewind	Mitsubishi	MXZ-A18WV	1,86	5,40	6,60	2004
Palazzina Uffici - Eni Rewind	Fantini Cosmi	XA9YC	1,40	2,70	2,80	2014
Palazzina Uffici - Eni Rewind	Mitsubishi	MU-A12YV	1,10	3,50	3,50	2014
Palazzina Uffici - Eni Rewind	Fantini Cosmi	XA9YC	1,40	2,70	2,80	2014
Palazzina Uffici - Eni Rewind	Midea	MOX102-12HFN8/LT	2,15			2022
Laboratorio (1)	Aermec	HWI180C	1,60	5,30	5,80	2015
Laboratorio (2)	Vailant	VAI8-025	1,50	2,60	2,80	2022
Laboratorio (3)	Mitsubishi	MXZ-2HA50VF	1,55	5,00	6,00	2022
Laboratorio (4)	Aermec	GW090C	1,00	2,70	2,79	2015
Ufficio sicurezza	Vailant	VAI5-035 WNO	1,55	5,30	5,57	2017
Sala quadri UNICA - Laboratorio	Aermec	MVAS2802T	11,00	28,00	30,00	2019
Sala quadro UNICA	Aermec	MVAS2802T	11,00	28,00	30,00	2019

Tabella 16 – PDC laboratori e uffici

<b>Vettori energetici input</b>	Energia Elettrica
<b>Vettori energetici output</b>	-

## C. ANALISI ENERGETICA

### C.1 METODO DI RACCOLTA DATI

La raccolta dati è stata svolta in più fasi. Per la raccolta dati sono state utilizzate apposite check-list compilate con l'ausilio degli interlocutori presso lo stabilimento. Oltre alla compilazione di check-list sono stati svolti meeting dedicati e sopralluoghi mirati in sito. Di seguito si riporta un elenco della documentazione raccolta:

- Fatture di acquisto energia elettrica e gas per gli anni 2019, 2020, 2021;
- Quantitativi di materie prime consumate per l'anno 2021;
- Vapore prodotto con dettaglio mensile anno 2021;
- Produzione annuale di semilavorato e prodotto finito con aggregazione mensile per l'anno 2021;
- Caratteristiche, ore di funzionamento e dati di targa dei macchinari di processo;
- Studi ed analisi prestazionali svolte in precedenza sui macchinari e sugli impianti di rilievo;
- Mappatura dei corpi illuminanti e modalità/orari di funzionamento;
- Layout stabilimento;
- Informazioni generali stabilimento (numero di dipendenti, iscrizione registri CSEA, ecc.);
- Informazioni su interventi effettuati in passato;

Per i consumi totali di stabilimento si è fatto riferimento ai seguenti contatori fiscali:

Fornitura Energia Elettrica	
<b>Fornitore</b>	Sebina S.r.l. (2019) Axpo Italia S.p.A. (2020, 2021)
<b>Fornitura</b>	Spread su PUN
<b>POD</b>	IT001E00102562
<b>Prezzo medio (anno 2021)</b>	269,49 €/MWh
<b>Consumo annuo (anno 2021)</b>	10.216 MWh
Fornitura Gas Naturale	
<b>Fornitore</b>	Enel Energia S.p.A. (2019) ENI S.p.A. (2020, 2021)
<b>Fornitura</b>	Cliente Business (2019) Industrial (2020, 2021)
<b>PDR</b>	99999930099201
<b>Prezzo medio (anno 2021)</b>	0,56 €/Smc
<b>Consumo annuo (anno 2021)</b>	10.298.401 Smc

Tabella 17 - Caratteristiche della fornitura

Per quanto riguarda i dati misurati di consumo di energia elettrica, si riporta di seguito una tabella riassuntiva con le caratteristiche dello strumento di misura e della relativa utenza misurata:

Energia Elettrica [kWh]			
Utenza misurata	Marca	Modello	Matricola
Attività Principali			
Elettrolisi NaOH	Energy Team	XMC34F	6979830075
Elettrolisi KOH	Energy Team	XMC34F	6979830080
CLAR	Siemens	Sentron PAC3200	LQN 0416
	Siemens	Sentron PAC3200	LQN 4616
	Siemens	Sentron PAC3200	LQN 4419
	Siemens	Sentron PAC3200	LQN 2005
	Siemens	Sentron PAC3200	LQN 4120
	Electrex	DEC	30377
Servizi Ausiliari			
Aria Compressa	Schneider	PM700	0068047240
	Siemens	Sentron PAC3200	LQN 1918
Depurazione Acque	Siemens	Sentron PAC3200	LQN 3818

	Electrex	DEC	30374
Servizio idrico Integrato (Cabina C6, Cabina C8, pensile)	Siemens	Sentron PAC3200	LQN 5018
	Schneider	PM 550	32003
	Electrex	DEC	40742
Pesatura	Schneider	PM9	039194301
	Siemens	Sentron PAC3200	LQN 1812
	Schneider	PM9	039194279
Autoproduzione Azoto	Schneider	PM500	31228 31236
Ausiliari Elettrolisi (circuito cloro, ipoclorito, osmosi)	Siemens	Sentron PAC3200	LQN 1220
Produzione vapore	Siemens	Sentron PAC3200	LQN 3818
	-	meccanico	96-00892
Termocombustore	Electrex	DEC	42258
<b>Servizi Generali</b>			
Officine (meccanica ed elettrica)	-	Meccanico	77900037
	-	Meccanico	77900721
Laboratorio/Uffici	Electrex	DEC	40004
	Schneider	PM700	445A2AF9
	Electrex	DEC	40010
Mensa	Electrex	DEC	42246
Altri servizi generali	Schneider	PM9	039194336
Sicurezza	Schneider	PM9	039194323
	-	Meccanico	96-11402

Tabella 18 - Caratteristiche misuratori Energia Elettrica con indicazione di marca, modello e matricola per ogni area funzionale

Per quanto riguarda i dati misurati di consumo di gas naturale, si riporta di seguito una tabella riassuntiva con le caratteristiche dello strumento di misura e della relativa utenza misurata:

Gas Naturale [Smc]			
Utenza misurata	Marca	Modello	Matricola
<b>Servizi Ausiliari</b>			
Produzione vapore	Consumo calcolato per differenza tra PDR e misuratori sotto riportati		
Mingazzini 1	FCI	ST51A – 3G321M203	687275
Mingazzini 2	FCI	ST51A – 3G321M203	687276
Termocombustore	Schopp&faeser	d-4950 minden	-

Tabella 19 - Caratteristiche misuratori Gas Naturale con indicazione di marca, modello e matricola per ogni utenza misurata

Per quanto riguarda i dati misurati di produzione di vapore recuperato dal termocombustore, si riporta di seguito una tabella riassuntiva con le caratteristiche dello strumento di misura e della relativa utenza misurata:

Vapore [ton_vs]			
Utenza misurata	Marca	Modello	Matricola
<b>Servizi Ausiliari</b>			
Termocombustore (press. di vapore)	Fuji	FKPT83VFAALYY	ALE6298F
Termocombustore (vapore)	Rosemount	Vortex 8800	53442

Tabella 20 - Caratteristiche misuratori di vapore saturo con indicazione di marca, modello e matricola per ogni utenza misurata

Per quanto riguarda i dati misurati di consumo di idrogeno per la produzione di vapore, si riporta di seguito una tabella riassuntiva con le caratteristiche dello strumento di misura e della relativa utenza misurata:

Idrogeno [Nmc]			
Utenza misurata	Marca	Modello	Matricola
<b>Servizi Ausiliari</b>			
Idrogeno in caldaia BONO	Fuji	FKCW33V5AMCYAA	AEH1876F

Tabella 21 - Caratteristiche misuratori di idrogeno con indicazione di marca, modello e matricola per ogni utenza misurata

Per quanto riguarda i dati misurati di produzione, si riporta di seguito una tabella riassuntiva con le caratteristiche dello strumento di misura e della relativa utenza misurata:

Produzioni				
Utenza misurata	u.d.m.	Marca	Modello	Matricola
Attività Principali				
Soda Caustica (NaOH)	L/h	Emerson	F025H524CCAZIZZZZ	21020152
	kg/mc	Emerson	F025H524CCAZIZZZZ	21020152
	°C	Emerson	F025H524CCAZIZZZZ	21020152
Potassa caustica (KOH)	L/h	Emerson	F025H524CCAZIZZZZ	21014247
	kg/mc	Emerson	F025H524CCAZIZZZZ	21014247
	°C	Emerson	F025H524CCAZIZZZZ	21014247
Idrogeno (H <sub>2</sub> ) – dealogenazione 1	Smc/h	Fuji	FKCTJ33V5AKCYAA	ADB35688
Idrogeno (H <sub>2</sub> ) – dealogenazione 2	Smc/h	KROHNE	H250	2/197726.001
Idrogeno (H <sub>2</sub> ) – acido cloridrico	Smc/h	Fuji	FKCTJ33V5AKCYAA	A9K36263
Ipoclorito di Sodio	Produzione misurata tramite misura del livello serbatoio (rif. Allegato 2)			
CLAR				
Impianto Acido Cloridrico				
Servizi Ausiliari				
Bono (acqua alimento)	°C	°C	rosemount	664
Bono (press. vapore)	Bar	Bar	Fuji	FKPW03V5AACYYoY
Bono (vapore)	mc/h	mc/h	Fuji	FKCW35V5AACYYAA
Mingazzini (acqua alimento)	°C	Emerson	248HAI1N0XAQ4	5348711
Mingazzini (press. vapore)	Bar	Emerson	2088G3S2BA1S111Q4	20WEPPJ0654748
	Bar	Emerson	2088G3S2BA1S111Q4	20WEPPJ0654749
Mingazzini (vapore)	mc/h	Emerson	8800DF040SK3E1D111MTAQ4PDYI	15088979
	mc/h	Emerson	8800DF040SK3E1D111MTAQ4PDYI	15088978
Servizio idrico Integrato	mc	Fuji	FHCT34V1AMBYY	-
	mc	SIEMENS	SITRANS FST030	N1K6198001914
	mc	SIEMENS	SITRANS FUE1010	46803
Autoproduzione Azoto	Kg/h	CS-INSTRUMENTS	VA420	07147098

Tabella 22 - Caratteristiche misuratori di produzioni con indicazione di marca, modello e matricola per ogni tipologia produttiva o utenza

## C.2 DATI DI CONDUZIONE

I processi produttivi e gli impianti presentano un regime di funzionamento continuativo (24/365)

### C.3 SCHEMA ENERGETICO

Lo schema energetico è elaborato a supporto della descrizione degli utilizzi di ciascun vettore energetico nell'ambito di specifici confini all'interno dell'oggetto dell'audit energetico. I dettagli di tale descrizione dipendono dalla disponibilità di misure dirette e dalla rilevanza dell'ambito di interesse.

Lo schema energetico è costruito relativamente ad ogni vettore energetico acquistato e utilizzato nello stabilimento ed ha lo scopo di suddividere i consumi annui del vettore specifico tra le diverse utenze presenti nel sito stesso. Per facilitare la realizzazione dello schema e le successive elaborazioni, le utenze sono state aggregate in funzione del centro di consumo a cui fanno riferimento (area funzionale) e della macro-area di riferimento. Per ogni macro-area è poi stata calcolata l'incidenza del suo consumo sui consumi finali.

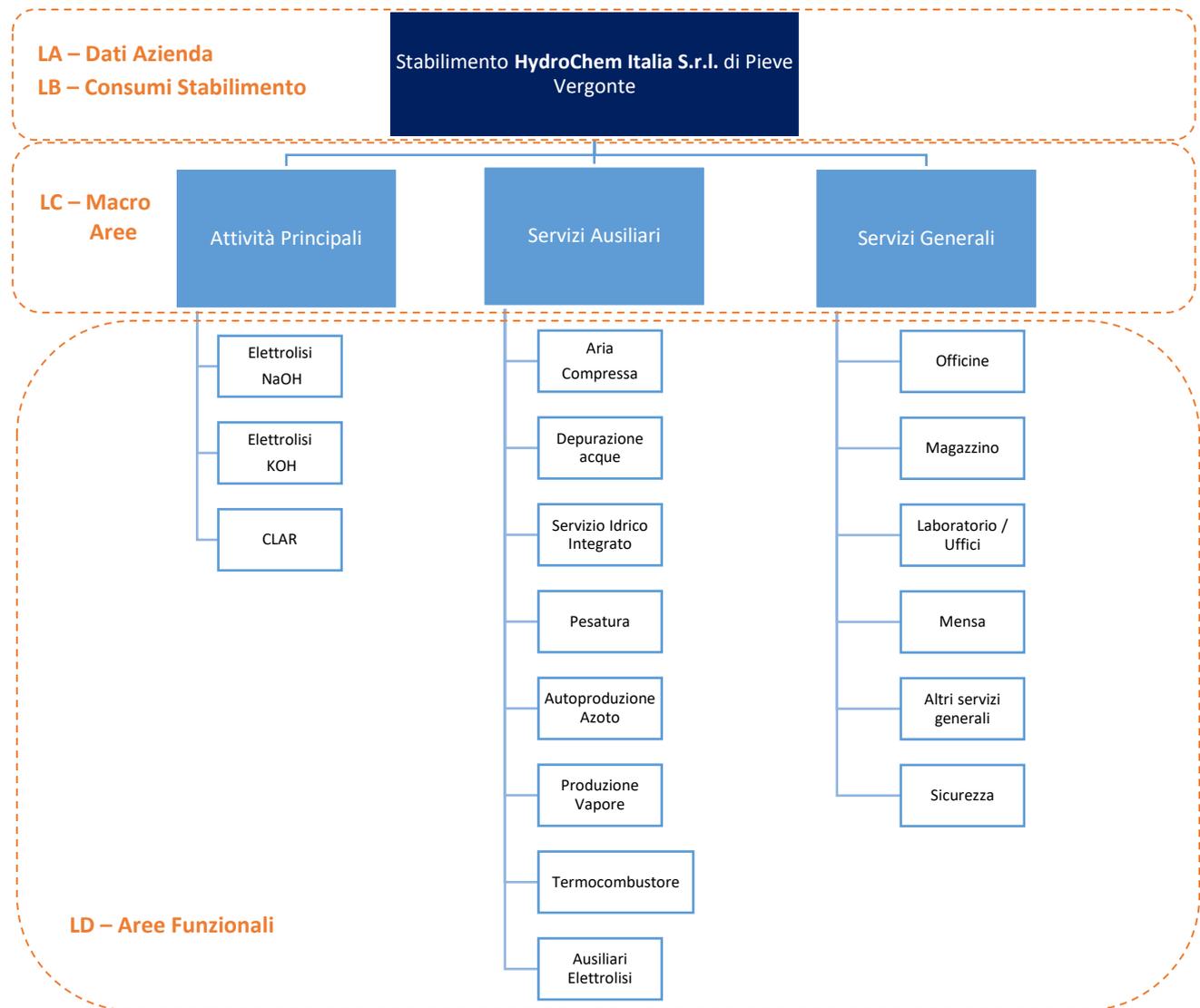


Figura 30 - Schema energetico per il vettore i-esimo

In figura 30 è riportata la struttura ad albero dello schema energetico utilizzato. Tale schematizzazione prevede quattro livelli di approfondimento:

- **Livello A (LA):** racchiude le informazioni generali dello stabilimento, come:
  - Denominazione, Indirizzo, P.IVA, Settore merceologico;
  - Classificazione azienda: numero di dipendenti, fatturato;
  - Anno di riferimento dei dati di consumo e produzione;
  - Consumi complessivi.

- Livello B (LB): rappresenta una sintesi della struttura energetica relativa a ciascun vettore presente nello stabilimento. Con tale livello di dettaglio si presentano le informazioni circa il consumo complessivo del singolo vettore ed il relativo indice di prestazione;
- Livello C (LC): costituisce una prima schematizzazione della struttura energetica aziendale. È caratterizzato dalla suddivisione del singolo vettore energetico nelle macro-aree funzionali. Per ogni area sarà riportato il relativo consumo e l'indice di prestazione energetica associato;
- Livello D (LD): riporta l'utilizzo di ciascun vettore energetico per area funzionale. Tale livello consente di scorporare i consumi complessivi ad un elevato grado di dettaglio. Per le singole aree funzionali viene calcolato, oltre all'indice di prestazione globale, l'indice di prestazione specifico (di seguito Ips) ovvero il rapporto tra il vettore energetico in ingresso e la destinazione d'uso specifica dell'utenza descritta nei paragrafi successivi.

## C.4 CONSUMI ENERGETICI

L'analisi dei consumi energetici è eseguita analizzando in un primo momento l'andamento del consumo complessivo di stabilimento sia in forma aggregata in termini di energia prima, sia per singolo vettore, valutandone le variazioni annuali e confrontando i profili annuali di assorbimento/prelievo/produzione. In questa prima analisi si distingueranno inoltre i quantitativi approvvigionati esternamente (ricavati da fatture) e i quantitativi autoprodotti destinati a vendita e/o autoconsumo. Successivamente, tramite elaborazione dei dati di consumo energetico dell'anno di riferimento 2021 derivanti dai misuratori interni indicati nel paragrafo C.1, si analizzeranno i consumi interni organizzati per aree funzionali, organizzate secondo lo schema indicato nel precedente paragrafo C.3, sia in forma aggregata in termini di energia prima, sia per singolo vettore, valutandone il peso percentuale sui consumi complessivi di stabilimento. Nei paragrafi successivi verranno poi analizzate le singole aree funzionali, con il calcolo degli indici di prestazione globali e specifici.

### C.4.1 ANALISI CONSUMI TRIENNIO 2019 – 2021

L'analisi energetica che segue prende in considerazione il triennio 2019 – 2021, caratterizzato da profondi cambiamenti dal punto di vista impiantistico e quindi dei consumi energetici e della produzione.

Dai grafici seguenti si possono infatti distinguere due periodi principali, corrispondenti alle situazioni ante (anni 2019 e 2020) e post-avviamento (anno 2021) dei nuovi impianti di elettrolisi cloro-soda e cloro-potassa; impianti questi ultimi che hanno portato ad un forte aumento del consumo di energia elettrica e di energia termica (in parte gas naturale e in parte idrogeno recuperato dal processo elettrolitico e utilizzato come combustibile in caldaia).

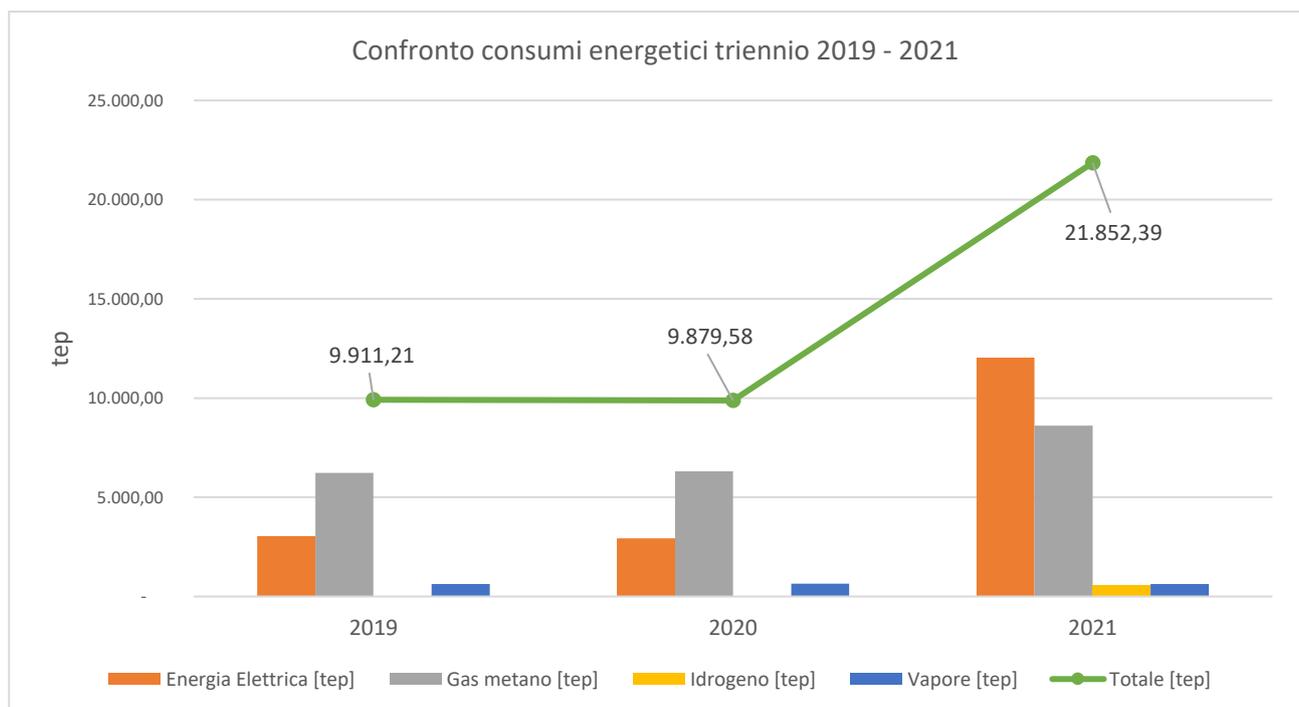


Grafico 2 - Quantitativi annuali di energia primaria, suddivisa per fonte energetica, consumata nello stabilimento HydroChem di Pieve Vergonte

### C.4.1.1 VETTORE V1 E (V1) - ENERGIA ELETTRICA

L'energia elettrica è un vettore energetico comune ad ogni realtà industriale ed è utilizzato, almeno in minima parte, in qualsiasi processo. Per lo stabilimento in esame, l'energia elettrica risulta però il vettore energetico preponderante, con una quota del 55% sui consumi totali di stabilimento per l'anno 2021; prima del 2021 invece, in considerazione del fatto che non erano presenti i due impianti di elettrolisi cloro-soda e cloro-potassa, il vettore energetico preponderante era il gas naturale, con una quota media maggiore del 60%.

Nella specifica realtà industriale qui esaminata, l'energia elettrica è impegnata in tutte le aree funzionali; in misura minore ma comunque presente anche nelle aree "Produzione vapore" e "termocombustore", dove i consumi elettrici misurati sono relativi principalmente ai ventilatori aria comburente e ai motori delle pompe.

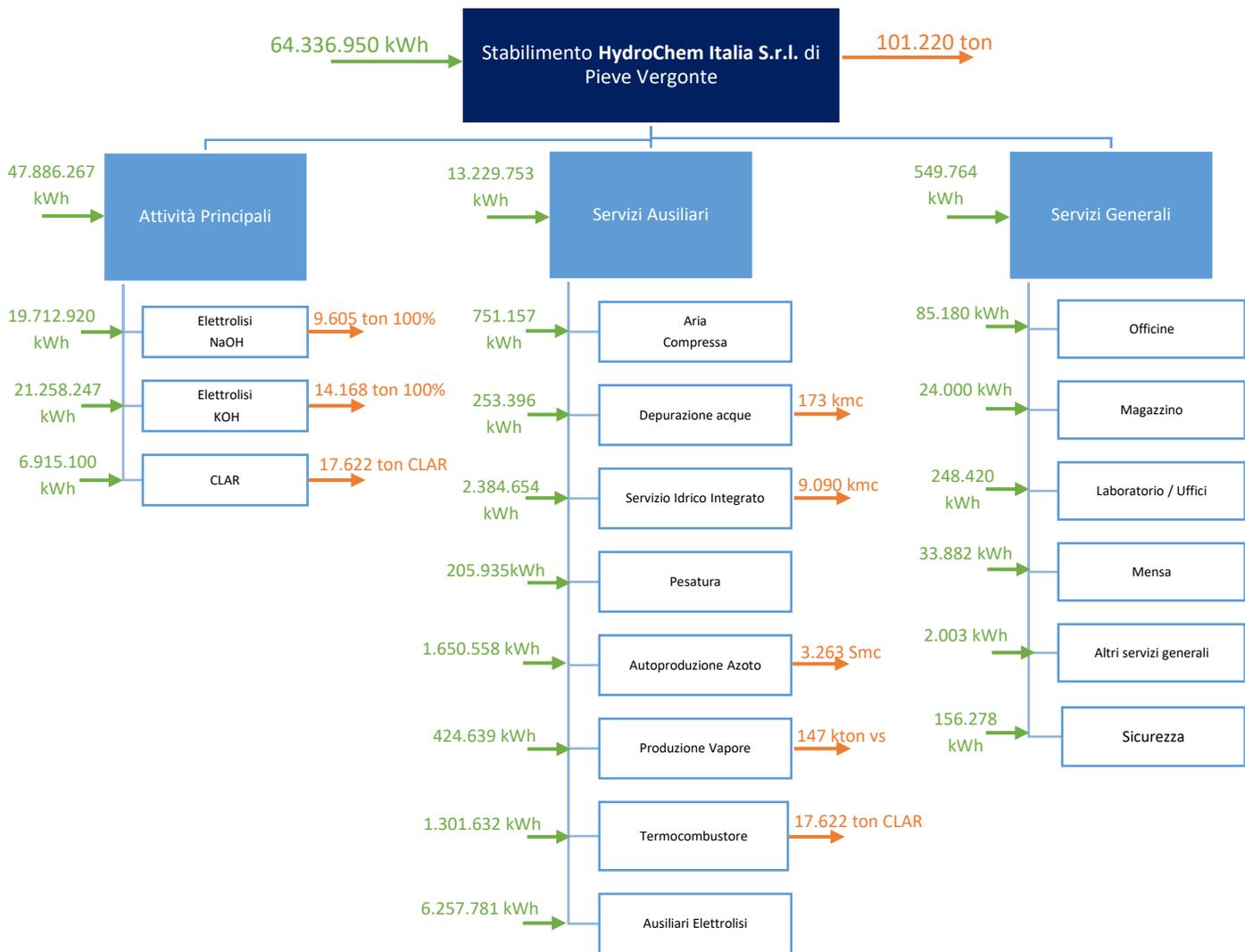


Figura 31 - Flow Chart con evidenziate le aree di consumo per il vettore energia elettrica e relativa produzione globale/specifica (2021)

La condizione di approvvigionamento dello stabilimento in esame rappresenta un caso particolare dal punto di vista della fornitura dell'energia elettrica in quanto la società HydroChem Italia gestisce direttamente due centrali idroelettriche, descritte di seguito:

#### 1. Centrale idroelettrica di Ceppo Morelli

La Centrale di Ceppo Morelli è situata in Valle Anzasca (Verbania) a quota 813 m s.l.m. ed utilizza le acque dei torrenti Anza e Quarazza, prelevate in Comune di Macugnaga a quota 1.334 m s.l.m. ed ha le seguenti caratteristiche:

- Potenza nominale: 10.800 kW
- Potenza nominale media annua di concessione: 9.782 kW
- Portata derivabile di concessione: 25 moduli max (16,70 medi)

- Producibilità anno: 50.000 MWh

Il complesso delle opere è così composto:

**a) OPERE IN COMUNE DI MACUGNAGA**

- i. Prese d'acqua dai torrenti Anza e Tambak, confluenti allo sbarramento di Quarazza tramite galleria lunga 2.458 m (portata 2,1 mc/s).
- ii. Diga sul torrente Quarazza (lago artificiale delle Fate) avente le seguenti caratteristiche:
  - Sbarramento in cemento armato ad arco rovesciato con ciglio di sfioro in sommità (1.336 m slm)
  - Sviluppo totale in soglia: 152,50 m
  - Lunghezza sfioro corrispondente ad arco: 31,20 m
  - Profondità massima interna: 13,25 m
  - Volume totale di invaso: 120.000 mc
  - Superficie bacino imbrifero sotteso: 26 kmq
  - Max portata di piena prevista a progetto: 210 mc/s pari a 8 mc/s per Kmq
  - Max portata smaltibile attraverso gli scarichi: 20 mc /s
  - Canale in galleria dallo sbarramento al bacino di carico acque a monte della condotta alla Centrale (lunghezza 5.859 m – portata 400 l/s).

**b) OPERE IN COMUNE DI CEPPO MORELLI**

- i. Presa acqua dal torrente Tignaga, confluyente al bacino di carico a monte della condotta alla Centrale, tramite tubazione (Lunghezza 957 m)
- ii. Bacino di carico (invaso 1.100 mc)
- iii. Condotta forzata, lunga 855 m con un salto utile di 513 m
- iv. Centrale Idroelettrica:
  - La condotta forzata alimenta n° 2 gruppi turbina/Alternatore costituiti: il primo da due Turbine Pelton accoppiate ad unico Alternatore da 9.000 kVA ed il secondo, da una Turbina Pelton accoppiata ad Alternatore da 4.500 kVA.
  - Potenza 10,8 MW (due macchine 7,2 MW + 3,6 MW)
  - Canale restituzione acque alla diga Soc. Edison (lunghezza 160m – portata 2.700 l/s)
  - Elettrodotto da Centrale a Stabilimento (50kV):
  - L'energia prodotta alla tensione di 2,4 kV viene trasformata in loco a 50 kV e trasportata allo Stabilimento mediante apposito elettrodotto che corre per circa 22 km circa su 113 tralicci.
  - La produzione media annua è di 57.000.000 kWh.

**2. Centrale idroelettrica di Megolo**

La centrale è situata in Comune di Pieve Vergonte - frazione Megolo - a quota 220 m s.l.m. ed utilizza, oltre alle acque del fiume Toce, quelle di scarico della Centrale "Edison" di Pieve Vergonte ha le seguenti caratteristiche:

- Potenza nominale: 7.500 kW;
- Potenza nominale media annua di concessione: 6.024 kW.

La Centrale di Megolo è stata messa in servizio nell'anno 1941 ed è regolata dalle seguenti concessioni governative, come - grande derivazione d'acqua: R.D. N° 784 del 4 Aprile 1940 con disciplinare N° 1696 dell'11-12-1939. La Centrale di MEGOLO ad acqua fluente sfrutta l'acqua del fiume TOCE e parte del fiume ANZA. La presa sul fiume TOCE è in località PRATA nel comune VOGOGNA, con uno sbarramento composto originariamente da N.°4 paratoie (attualmente a seguito modifiche del MAGISTRATO DEL PO, per la regimazione idraulica sono diventate N.°6), per un totale di Mt. 115 di larghezza. Tale opera è stata dotata di apposita "scala di risalita", onde favorire la mobilità delle specie ittiche. La quantità d'acqua utilizzata è di complessivi moduli massimi 750 di cui 640 come derivazione Toce e 110 come scarico della Centrale Edison. Alla progressiva 1,5 km circa, si innesta nel canale lo scarico della Centrale sopraccitata - le cui acque sono derivate dal torrente Anza. Dalla presa sul fiume TOCE parte un canale di carico a pelo libero, a sezione trapezia lungo Mt. 4.950 circa, con una sezione media di 15 m. per 4 di altezza. A circa mt. 600 dalle griglie, ci sono sul canale di carico, altre tre paratoie che servono per modulare la portata dell'acqua alla centrale. Il canale è quasi tutto a cielo aperto ad eccezione di due tratte dove è in galleria. La prima galleria attraversa il fiume ANZA, ha una lunghezza di m. 500, a due luci, la seconda galleria attraversa il torrente ARSA in località RUMIANCA, ha una lunghezza di m. 150, anch'essa a due luci. In centrale MEGOLO prima di arrivare alle turbine, l'acqua passa attraverso N.°4 griglie, (due per

ogni macchina) con una luce cad. di m. 5,50 per m. 3,85 di larghezza. La centrale di Megolo ha subito un completo revamping ed attualmente è composta da un generatore sincrono trifase, marca RUSELPROM anno 2010, 9000Volt, Hz 50, della potenza di 5400 KVA, con eccitatrice statica marca ABB UNITROL-F. Le due turbine idrauliche sono di tipo Kaplan ad asse verticale, marca Andino, anno di costruzione 2010, giri/min 214, accoppiate coassialmente all'alternatore. L'energia prodotta è trasportata in stabilimento con una linea aerea a doppia terna, alla tensione di 9000 V con una lunghezza di circa mt. 2.800. La portata d'acqua per ogni gruppo è di mc/sec. 37,5. con un salto utile di mt.10,80. Dalla centrale parte il canale di scarico, lungo mt.1500, per restituire l'acqua al fiume TOCE. La produzione media annua degli ultimi 8 anni è stata di 33 milioni di KWh. Ad integrazione del consumo complessivo di energia, lo Stabilimento è allacciato alla rete elettrica Terna da 132 kV. Durante il periodo che va dalla tarda primavera all'autunno, la produzione delle due centrali idroelettriche supera il consumo dello stabilimento. Tale eccesso di energia elettrica viene ceduto sul mercato.

Occorre specificare che, relativamente alla situazione attuale, in considerazione del forte consumo di energia elettrica da parte degli impianti produttivi, l'autoproduzione di energia elettrica non risulta sufficiente al soddisfacimento del fabbisogno energetico complessivo, specialmente nei mesi invernali; fabbisogno che viene integrato tramite prelievo da Rete Elettrica Nazionale con fornitura le cui caratteristiche sono riportate nel precedente paragrafo C.1.

Dall'analisi di approvvigionamento del vettore energetico energia elettrica, focalizzata sul triennio 2019 – 2021, si osserva immediatamente quanto affermato nei paragrafi iniziali in merito al fatto che lo stabilimento ha subito forti modifiche in termini impiantistici a partire dal 2019 a seguito della dismissione del precedente impianto di elettrolisi a mercurio e delle successive operazioni di ammodernamento per la costruzione di nuovi impianti di elettrolisi con celle a membrana. Nel periodo 2019, 2020 e primo semestre del 2021 infatti si nota un consumo energetico (linea gialla del grafico seguente) più basso rispetto al secondo semestre del 2021, periodo durante il quale sono entrati in funzione gli impianti di elettrolisi cloro-soda e cloro-potassa. Il consumo del periodo precedente al 2021 è da attribuire quasi interamente all'impianto CLAR.

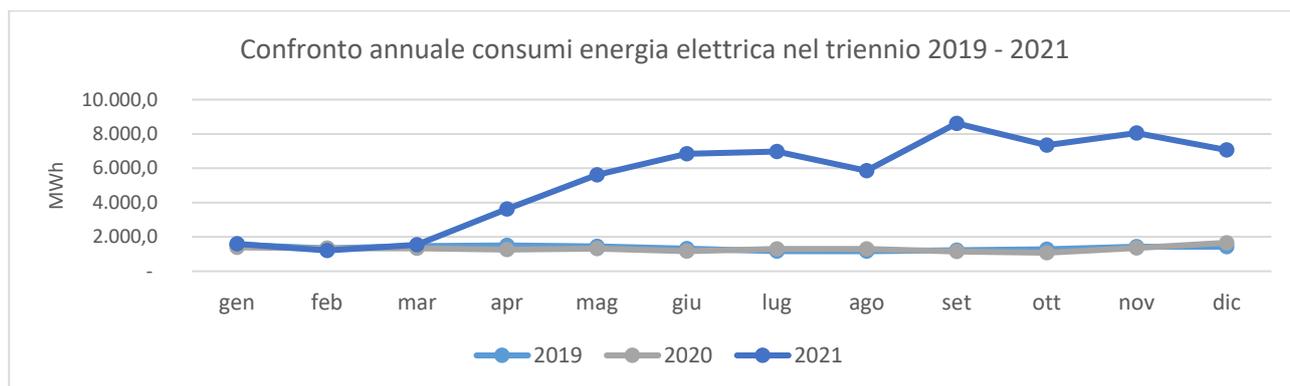


Grafico 3 - Confronto annuale dei consumi interni di energia elettrica per il triennio 2019 - 2021

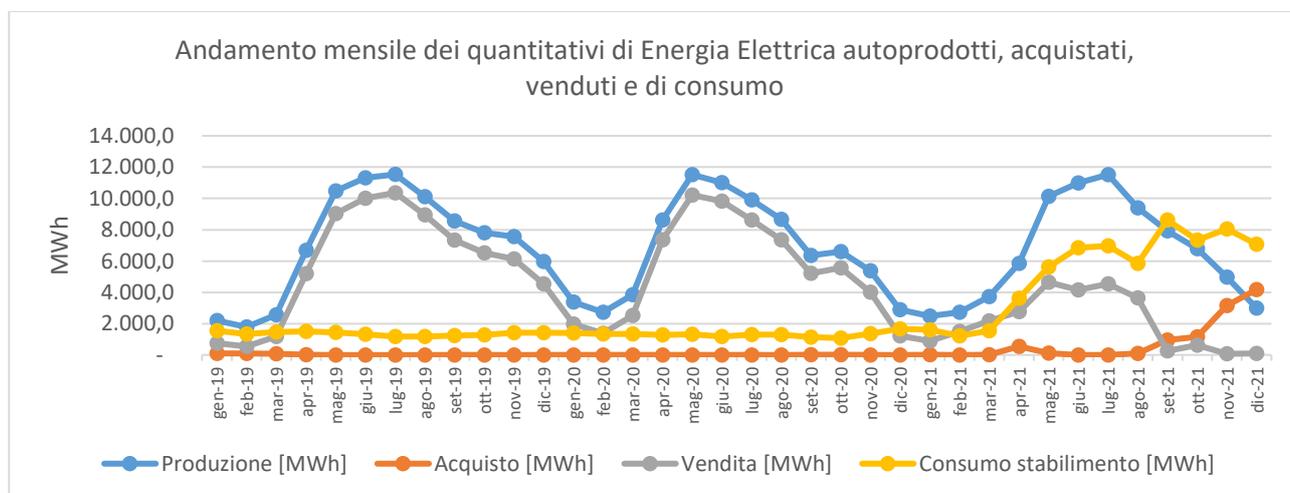


Grafico 4 - Quantitativi mensili di Energia Elettrica autoprodotta, acquistata esternamente, ceduta a rete e consumata dallo stabilimento nel triennio 2019-2021

In particolare, si nota come nel periodo 2019 – prima metà del 2021 in ragione dei ridotti consumi elettrici dello stabilimento, l'autoproduzione di energia elettrica a mezzo centrali idroelettriche risulta superiore alla domanda di energia da parte del processo, la quale domanda viene quindi soddisfatta dall'autoproduzione azzerando di fatto i quantitativi di acquisto da Rete Elettrica nazionale. L'autoproduzione di energia elettrica eccedente il fabbisogno dello stabilimento è destinata alla vendita.



Grafico 5 - Ripartizione percentuale dei quantitativi annuali di energia elettrica autoprodotta, acquistata esternamente, ceduta a rete e consumata dallo stabilimento nel triennio 2019-2021

Data la presenza di autoproduzione di energia elettrica, che nel 2021 ha coperto buona parte del fabbisogno di energia elettrica dello stabilimento, la spesa sostenuta per l'acquisto dell'energia elettrica, risulta relativamente bassa e pari a circa 3 M€, ma con un costo specifico piuttosto elevato e pari a circa 270 €/MWh. Il costo di autoproduzione di energia elettrica invece, che tiene conto dei canoni di concessione utilizzo acqua, degli ammortamenti degli interventi di revamping eseguiti sulle centrali, del personale, di O&M e di altri costi minori (assicurazioni, consulenze, etc), risulta pari a 30,7 €/MWh. Il costo medio ponderato del vettore energia elettrica risulta pertanto pari a 68,7 €/MWh

Stante quanto sopra, si riporta nel seguito il grafico relativo al calcolo dell'indice di prestazione globale con dettaglio mensile. L'indice di prestazione globale (Ipg) riferito al vettore elettrico è calcolato come rapporto tra il consumo energetico complessivo dello stabilimento (somma di autoproduzione in autoconsumo + acquisto, quindi al netto delle esportazioni) e la produzione complessiva in peso (ton) dei prodotti finiti o semilavorati destinati alla vendita.

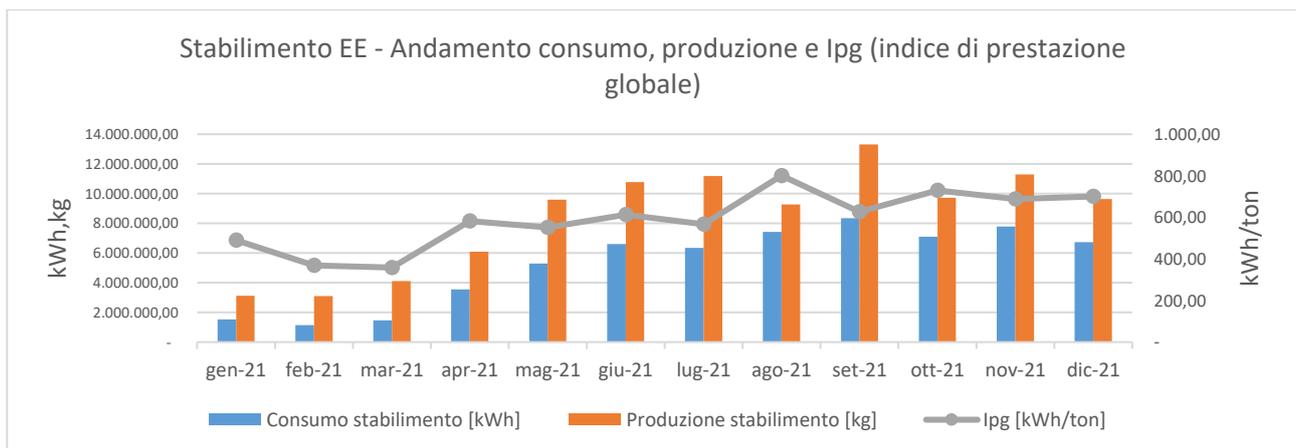


Grafico 6 - Andamento consumo elettrico, produzione e Ipg (indice di prestazione globale) a livello di stabilimento (2021)

La situazione fotografata dal grafico rappresenta un transitorio di avviamento dei nuovi impianti, in particolare, è possibile osservare come nel primo trimestre vi fosse una situazione caratterizzata da bassi consumi e produzioni (in funzionamento unicamente l'impianto CLAR e alcune sezioni dell'impianto di produzione ipoclorito di sodio e acido cloridrico), mentre a partire da aprile 2021 si osserva un graduale aumento dei consumi energetici e della produzione connesso al graduale avvio dapprima dell'impianto elettrolisi KOH e successivamente dell'impianto NaOH; insieme a questi, grazie alla disponibilità dei prodotti e co-prodotti dell'elettrolisi, sono aumentati anche i consumi e le produzioni

degli impianti ipoclorito di sodio (disponibilità di soda caustica dall'elettrolisi cloro-soda) e acido cloridrico (disponibilità di idrogeno e cloro da entrambi gli impianti elettrolisi).

#### C.4.1.2 VETTORE V2 - GAS NATURALE

Il consumo di gas naturale, nel 2021, rappresenta circa il 40% dei consumi di energia primaria dello stabilimento ed è destinato quasi interamente alla produzione di calore, sotto forma di vapore saturo, e in minima parte per l'utenza termocombustore del reparto CLAR.

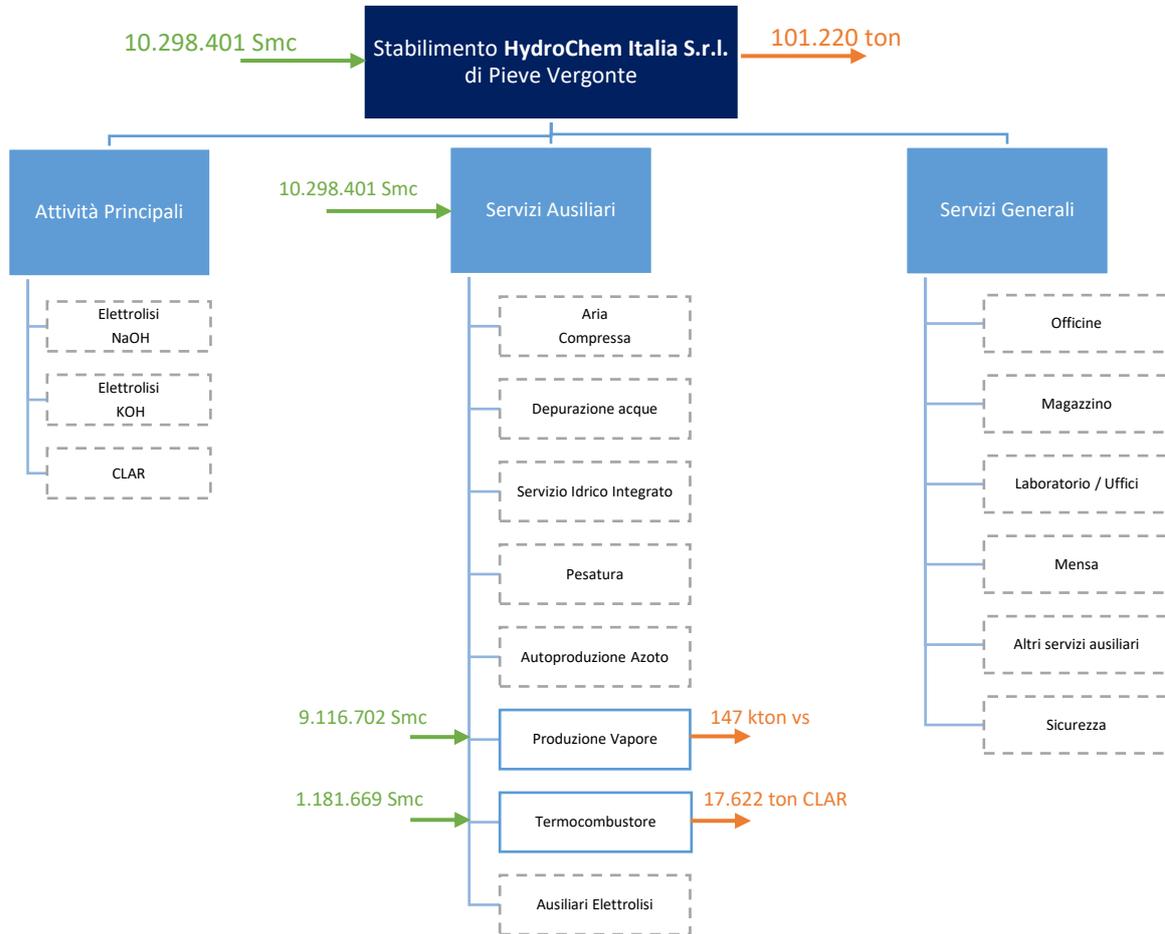


Figura 32 - Flow Chart con evidenziate le aree di consumo per il vettore gas naturale e relativa produzione globale/specifica (2021)

Il Gas naturale viene interamente approvvigionato da Rete di distribuzione nazionale, con caratteristiche del punto di consegna riportate nel precedente paragrafo C.1, e non sono presenti in sito sistemi di autoproduzione che impiegano Gas naturale.

Si riporta di seguito l'andamento dei consumi, come fatturati, di gas naturale nel triennio 2019-2021 e un confronto delle annualità esaminate:

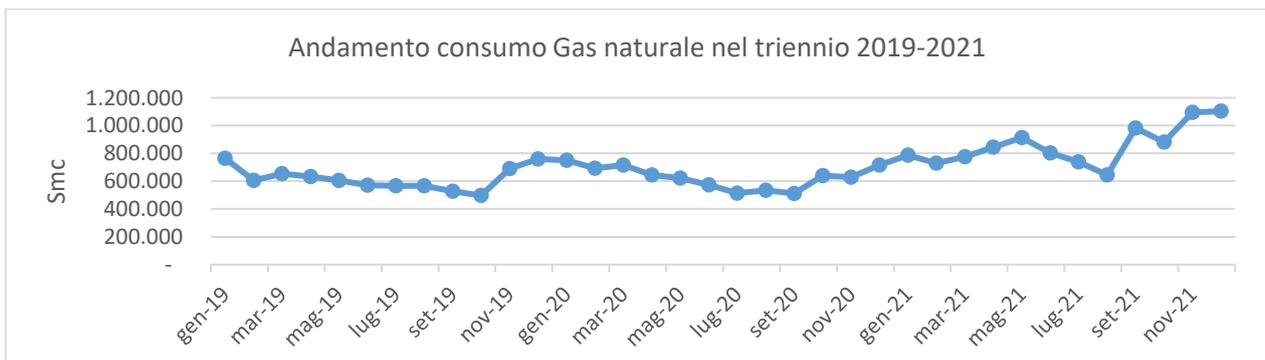


Grafico 7 - Andamento dei consumi mensili di gas naturale nel triennio 2019 - 2021

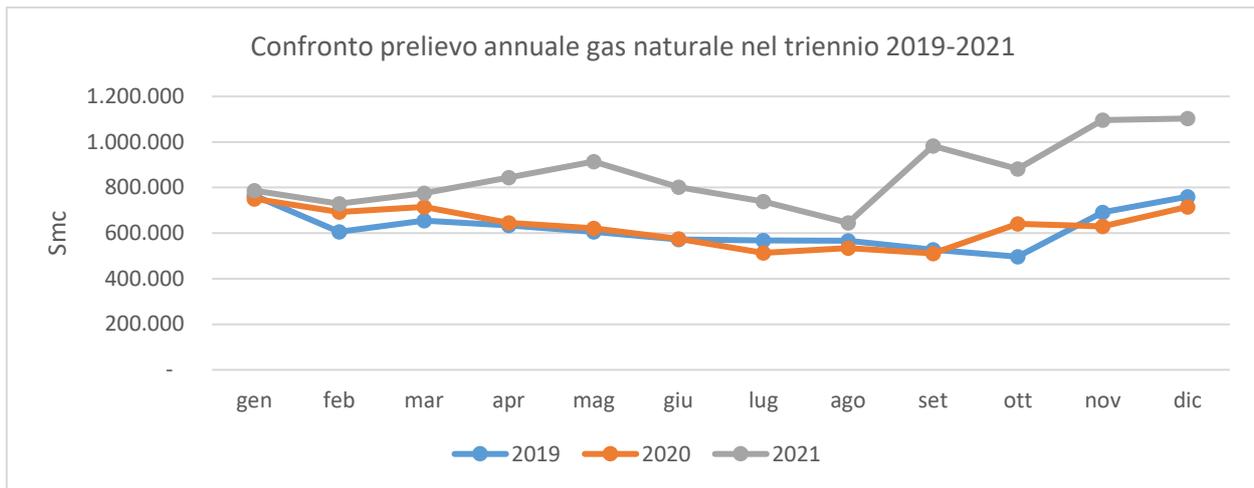


Grafico 8 - Confronto annuale dei consumi di gas naturale per il triennio 2019 - 2021

Dai grafici si nota una ridotta variazione di prelievo di gas nei mesi estivi, connesso alla stagione estiva durante la quale le temperature medie più alte consentono una dispersione di calore del vapore minore, e un complessivo aumento durante il 2021 per soddisfare la maggiore richiesta di vapore da parte del processo produttivo della soda e potassa caustica. Si precisa che l'aumento del consumo di gas risulta comunque contenuto grazie all'utilizzo di parte dell'idrogeno autoprodotta per la combustione in caldaia BONO destinata alla produzione di vapore.

Si riporta infine un grafico con l'andamento mensile dei volumi di produzione e del consumo di gas naturale con dettaglio mensile e contestuale calcolo dell'indicatore di prestazione generale definito dal rapporto tra le due quantità:

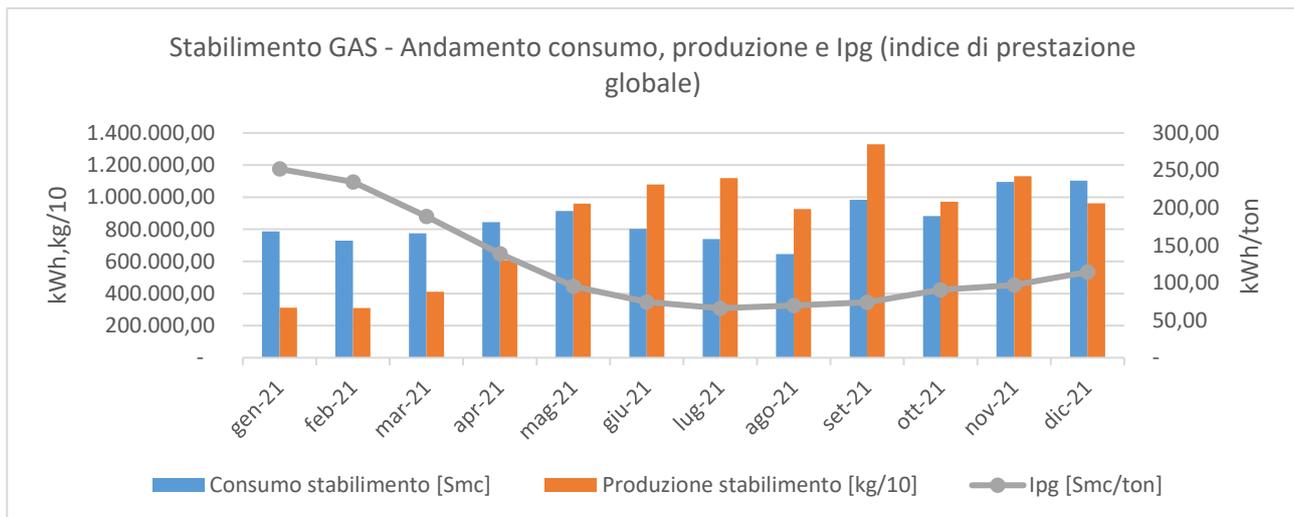


Grafico 9 - Andamento consumo gas, produzione e Ipg (indice di prestazione globale) a livello di stabilimento (2021)

Contrariamente all'analogo grafico relativo ai consumi elettrici, in questo grafico si osserva una diminuzione del consumo specifico di gas riferito alla produzione totale (o indicatore di prestazione globale gas). Ciò è da ricondurre al minor peso della quota vapore (e quindi consumo di gas, al netto del gas utilizzato per la produzione CLAR che non ha subito incrementi) richiesto dalla produzione di idrossido di sodio/potassio rispetto alla produzione complessiva composta da prodotti CLAR + soda e potassa + ipoclorito di sodio + acido cloridrico.

### C.4.1.3 VETTORE V5 - IDROGENO

Presso lo stabilimento è presente una caldaia per la produzione di vapore (caldaia BONO) dotata di bruciatore bi-fuel per alimentazione a gas naturale e idrogeno. L'idrogeno alimentato alla caldaia viene autoprodotta come by-product dagli impianti di elettrolisi cloro-soda e cloro-potassa; in particolare, parte dell'idrogeno autoprodotta è destinato al processo produttivo come materia prima e parte come combustibile in caldaia. La ripartizione tra quota materia prima e quota combustibile è fortemente dipendente dalla richiesta di mercato dei prodotti che utilizzano l'idrogeno come materia prima ma anche dai costi energetici associati al gas naturale.

Prima del 2021 (nel biennio 2019 – 2020), ovvero prima dell'avviamento di tali impianti, la caldaia bi-fuel veniva alimentata solamente a gas naturale.

L'idrogeno utilizzato come combustibile in caldaia contribuisce, nel 2021, al 3% dei consumi di energia primaria dello stabilimento.

Si riporta di seguito l'andamento mensile 2021 dei consumi di idrogeno come combustibile in caldaia e successivamente un grafico che mostra la ripartizione dei quantitativi come materia prima e combustibile nell'anno e nelle mensilità 2021.

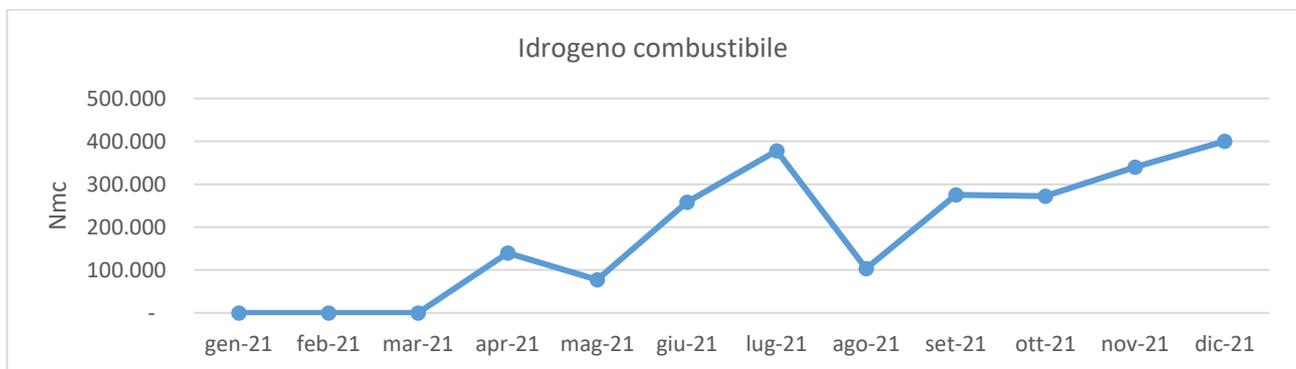


Grafico 10 - Andamento mensile dei consumi di idrogeno come combustibile in caldaia BONO (2021)

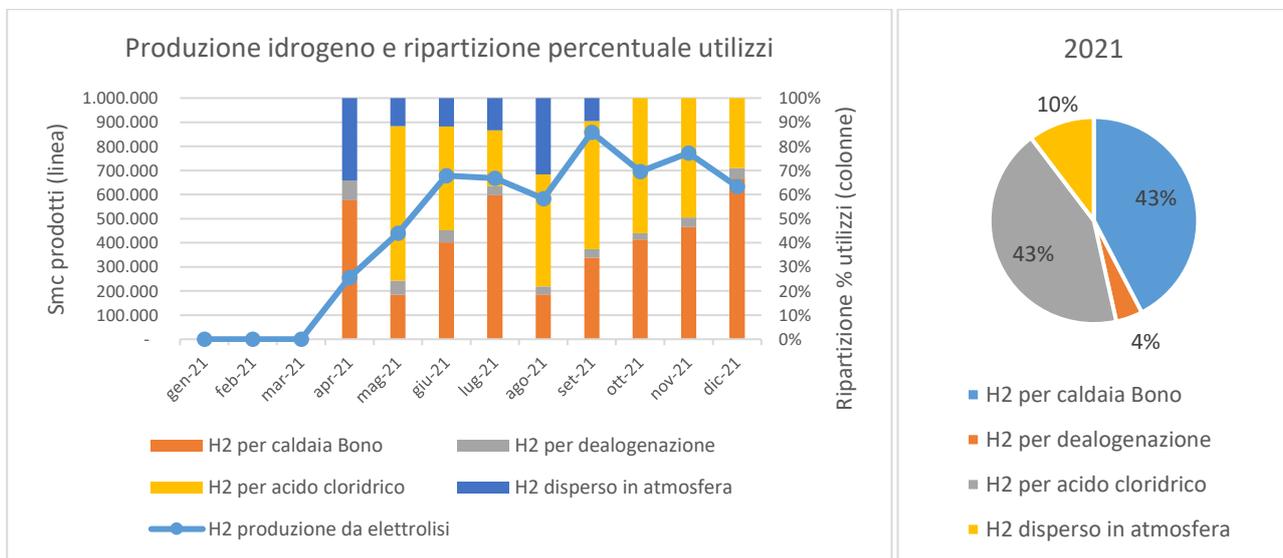


Grafico 11 - Produzione complessiva H2 (smc) e ripartizione annuale e mensile di utilizzo (2021)

Come anticipato, essendo l'idrogeno un co-prodotto della reazione di elettrolisi del cloruro di sodio e potassio, la produzione mensile (linea blu del grafico) cresce a partire dal mese di aprile fino al mese di giugno in cui si osserva una stabilizzazione intorno ad un valore di 750.000 Smc/mese. Nelle colonne, che mostrano il complemento a 100 dei singoli utilizzi dell'idrogeno prodotto come materia prima (dealogenazione e acido cloridrico), combustibile (caldaia BONO) o come dispersione in atmosfera, si osserva che per quest'ultimo caso (dispersione in atmosfera) è presente nei primi 6 mesi di funzionamento una quota che va dal 30% al 10% di dispersione; tale fattispecie è riconducibile a operazioni di start-up dell'impianto. Da ottobre 2021 la quota di idrogeno disperso in atmosfera è pari allo 0% e tutto il quantitativo

prodotto viene utilmente impiegato come materia prima o come combustibile in quote percentuali che vanno rispettivamente dal 60% al 35% e dal 40% al 65% circa.

#### C.4.1.4 VETTORE V4 – CALORE (VAPORE SATURO)

Lo stabilimento dispone di un sistema di recupero del calore per la produzione di vapore saturo a una pressione di circa 9,5 bar, con acqua di alimento mediamente a 105 °C. In particolare, il sistema di recupero sfrutta il calore contenuto nei fumi di scarico del termocombustore, utilizzato per il trattamento dei vapori dell’impianto CLAR, per la produzione di circa 3 t/h di vapore saturo.

Per la conversione del vapore prodotto, misurato in ton/h, in Energia Termica [MJ] si è fatto riferimento all’entalpia specifica del vapore saturo e del liquido saturo, come riportato di seguito:

- Entalpia specifica vapor saturo a 9,5 bar [kJ/kg\_vs]: 2.775,15 kJ/kg\_vs;
- Entalpia specifica liquido saturo a 105°C [kJ/kg\_ls]: 440,21 kJ/kg\_ls.

Il calore recuperato, sotto forma di vapore saturo a 9,5 bar, contribuisce, nel 2021, al 3% dei consumi di energia primaria dello stabilimento.

Si riporta di seguito l’andamento della produzione di vapore nel triennio 2019-2021 e un confronto delle annualità esaminate:

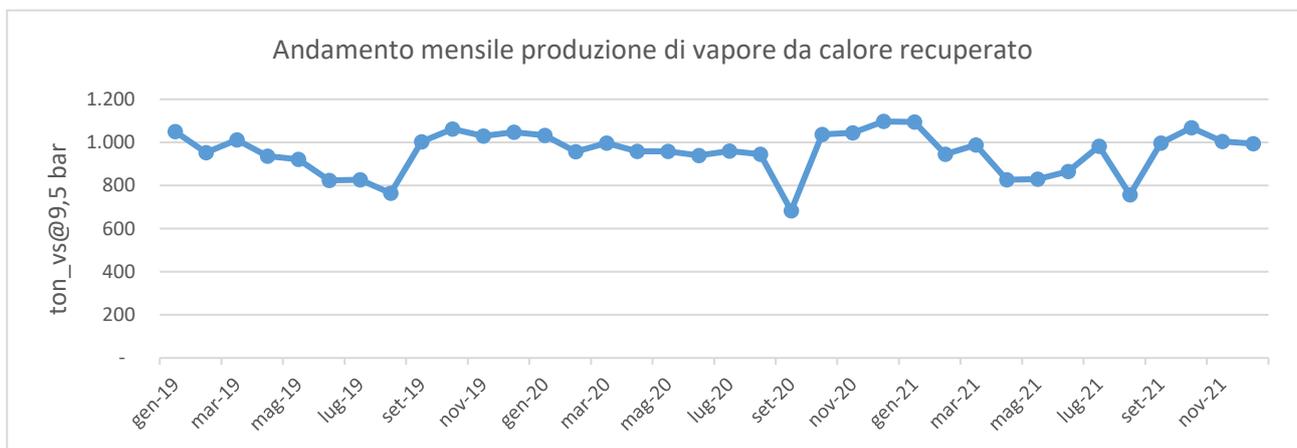


Grafico 12 - Andamento della produzione mensile di vapore da recupero di calore nel triennio 2019 – 2021

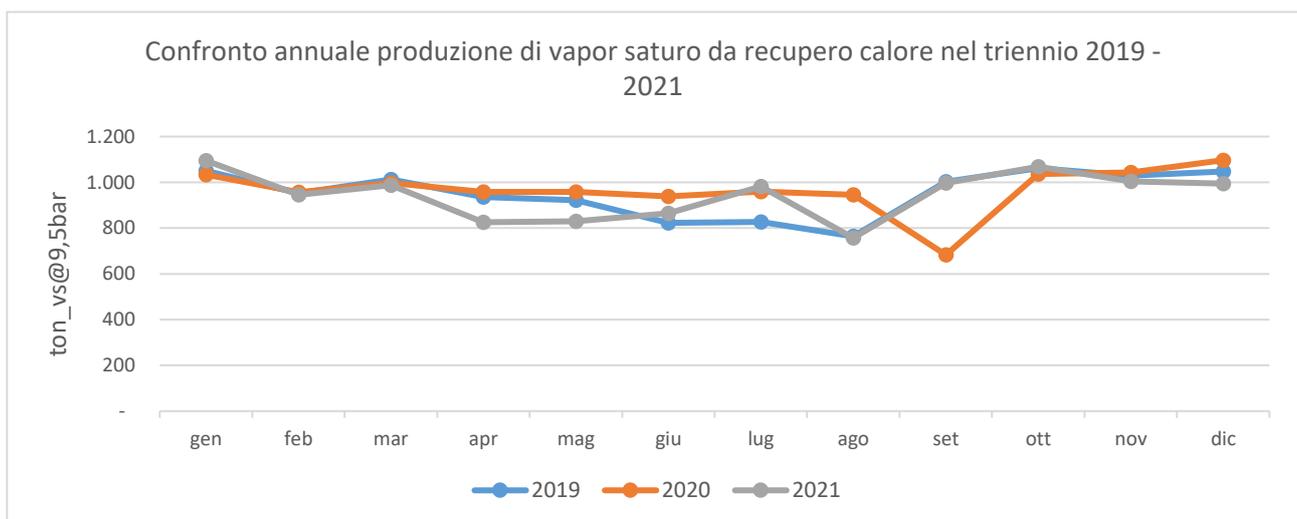


Grafico 13 - Confronto annuale della produzione mensile di vapore da recupero di calore per il triennio 2019 – 2021

Come si osserva, la produzione di vapore presenta un andamento pressoché costante, con un valore di produzione mensile intorno ai 1000 ton/mese.

#### C.4.2 ANALISI CONSUMI 2021

L'analisi dei consumi energetici è eseguita analizzando in un primo momento l'andamento del consumo complessivo di stabilimento sia in forma aggregata in termini di energia prima, sia per singolo vettore, valutandone le variazioni annuali e confrontando i profili annuali di assorbimento/prelievo/produzione. In questa prima analisi si distingueranno inoltre i quantitativi approvvigionati esternamente (ricavati da fatture) e i quantitativi autoprodotti destinati a vendita e/o autoconsumo. Successivamente, tramite elaborazione dei dati di consumo energetico dell'anno di riferimento 2021 derivanti dai misuratori interni indicati nel paragrafo C.1, si analizzeranno i consumi interni organizzati per aree funzionali, organizzate secondo lo schema indicato nel precedente paragrafo C.3, sia in forma aggregata in termini di energia prima, sia per singolo vettore, valutandone il peso percentuale sui consumi complessivi di stabilimento. Nei paragrafi successivi verranno poi analizzate le singole aree funzionali, con il calcolo degli indici di prestazione globali e specifici.

Come detto quindi l'analisi ha consentito di effettuare una completa mappatura energetica dei consumi dello stabilimento e la suddivisione degli stessi nelle singole aree funzionali al fine di identificare le aree/impianti più energivori.

Nella tabella seguente sono riportati i consumi totali dei vettori energetici primari di acquisto relativi all'anno 2021. Per ogni vettore si riporta il consumo totale espresso nell'unità di misura di acquisto, il relativo controvalore in TEP e la relativa incidenza percentuale:

Codice	Vettore	u.d.m.	Valore	Fattore di conversione in TEP	TEP	Incidenza (%)
1	Energia Elettrica	kWh	10.215.954	$0,187 \cdot 10^{-3}$	1.910	18,16
2	Gas Naturale	Smc	10.298.401	$8.360 \cdot 10^{-7}$	8.609	81,83
8	Gasolio	t	1,1	$10.200 \cdot 10^{-4}$	1,1	0,01
<b>Totale</b>					<b>10.521</b>	<b>100%</b>

Tabella 23 - Consumi totali per vettore acquistato (Anno 2021)

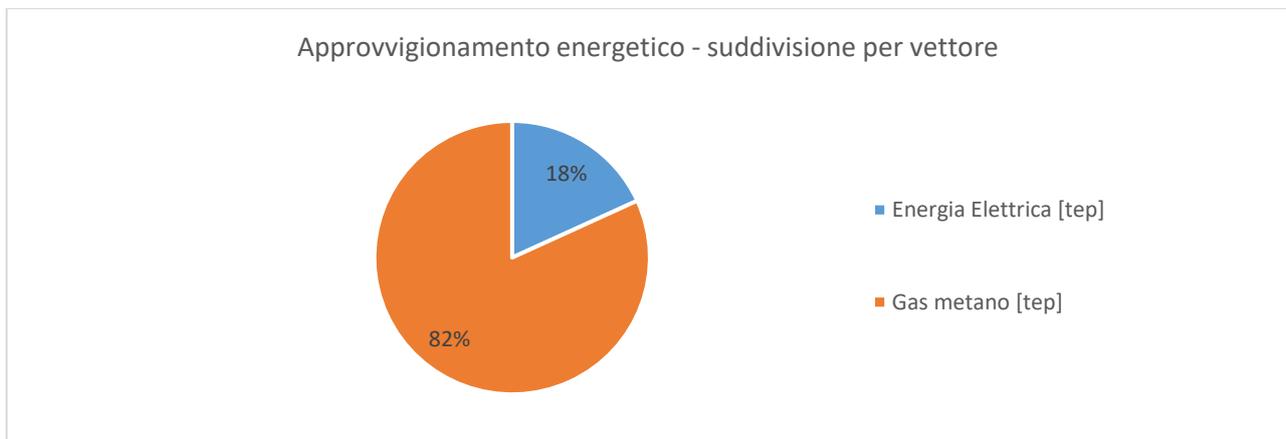


Grafico 14 - Ripartizione dei quantitativi di energia acquistata esternamente, convertiti in energia primaria (2021)

Il reale fabbisogno di energia primaria dello stabilimento differisce però da quanto ricostruito sulla base delle fatture di acquisto dei vettori energetici primari per la presenza di più impianti di autoproduzione di energia elettrica, descritti nel precedente paragrafo C.4.1.1, di un impianto di recupero calore per la produzione di vapore saturo e del recupero di parte dell'idrogeno co-prodotto dagli impianti elettrolisi per la combustione in caldaia

Codice	Vettore	u.d.m.	Valore	Fattore di conversione in TEP	TEP	Incidenza (%)
1	Energia Elettrica	kWh	10.215.954	$0,187 \cdot 10^{-3}$	1.910	8,74
(1)	Energia Elettrica	kWh	54.120.996	$0,187 \cdot 10^{-3}$	10.121	46,31
2	Gas Naturale	Smc	10.298.401	$8.360 \cdot 10^{-7}$	8.609	39,40
3	Gasolio	t	1,1	$10.200 \cdot 10^{-4}$	1,1	0,01
(4)	Vapore saturo a 9 bar	t	26.504	(Hvs@9bar-Hls@105°C)	633	2,90
(5)	Idrogeno	Nmc	2.244.359	$10,8 \text{ MJ/Nmc} \times 1/41.870 \text{ tep/MJ}$	579	2,65
<b>Totale</b>					<b>21.853</b>	<b>100%</b>

Tabella 24 - Consumi totali per vettore consumato (Anno 2021)

Si riporta di seguito un grafico in cui possibile notare come cambiano le percentuali di consumo dei vettori energetici primari in considerazione della quota di autoproduzione di energia elettrica:

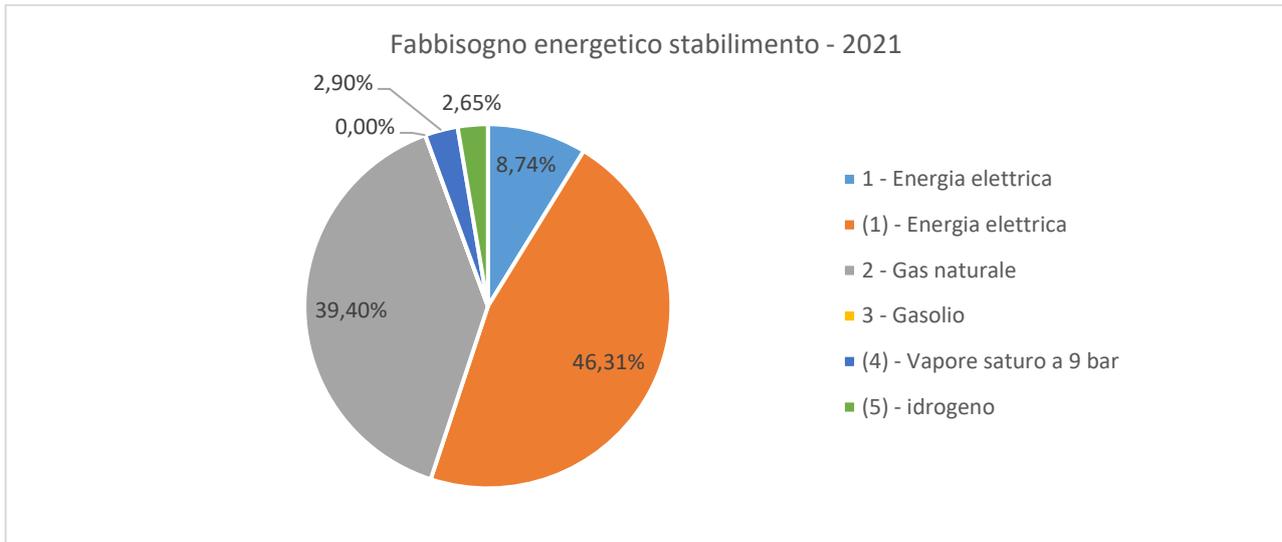


Grafico 15 - Fabbisogno energetico dello stabilimento tenuto conto dell'autoproduzione di energia elettrica, calore e idrogeno (2021)

Per quanto riguarda il vettore energetico "gasolio", utilizzato per la movimentazione interna, in considerazione del trascurabile contributo, non se ne approfondirà l'analisi di utilizzo.

Per consentire una analisi approfondita, i consumi di energia dello stabilimento sono stati suddivisi in aree funzionali, secondo la struttura energetica dello stabilimento esposta nei capitoli precedenti. La tabella seguente mostra i dati di consumo globali aggregati su due diversi livelli di approfondimento. Il livello C (di seguito LC) è riferito ai consumi delle macro-aree funzionali, mentre il livello D (di seguito LD) è riferito alle singole aree funzionali.

Macro-aree (livello C)			Singole aree funzionali (livello D)		
Aree	TEP	Incidenza (%)	Aree	TEP	Incidenza (%)
Attività principali	8.955	41,9	Elettrolisi NaOH	3.686	17,2%
			Elettrolisi KOH	3.975	18,6%
			CLAR	1.293	6,0%
Servizi ausiliari	12.327	57,6	Aria compressa	140	0,7%
			Depurazione acque	47	0,2%
			Servizio Idrico Integrato	446	2,1%
			Pesatura	39	0,2%
			Autoproduzione Azoto	309	1,4%
			Ausiliari Elettrolisi	1.170	5,5%
			Produzione vapore	8.945	41,8%
			Termocombustore	1.231	5,8%
Servizi generali	103	0,5	Officine	16	0,1%
			Magazzino	4	0,0%
			Laboratorio / Uffici	46	0,2%
			Mensa	6	0,0%
			Altri servizi generali	0	0,0%
			Sicurezza	29	0,1%
<b>Totale</b>			<b>21.385</b>	<b>100%</b>	

Tabella 25 – Ripartizione dei consumi in TEP (2021)

La Tabella precedente è stata ricavata dalla conversione dei valori di consumo dei singoli vettori energetici, utilizzando i coefficienti di conversione indicati in Tabella 3. Si nota in particolare che la maggior parte dei consumi è imputabile alle caldaie per la produzione di vapore per il processo produttivo ma un'ulteriore incidenza significativa è data dall'area produttiva "elettrolisi" (elettrolisi NaOH ed elettrolisi KOH).

La differenza tra il valore di fabbisogno energetico complessivo riportato nella tabella precedente pari a 21.385 TEP ed il valore di fabbisogno energetico complessivo riportato in tabella 23 è dovuto al fatto che, essendo i valori inseriti nella tabella 24 ricostruiti con approccio bottom-up, la quota misurata non copre il 100% dei consumi fatturati ma esiste uno scarto di circa il 2%, relativo unicamente ai consumi elettrici: il consumo di gas naturale infatti è interamente coperto da misure e da calcoli che tengono conto di differenze tra misure.

Nel grafico seguente è mostrata la percentuale di consumo di energia primaria di ogni macro-area:

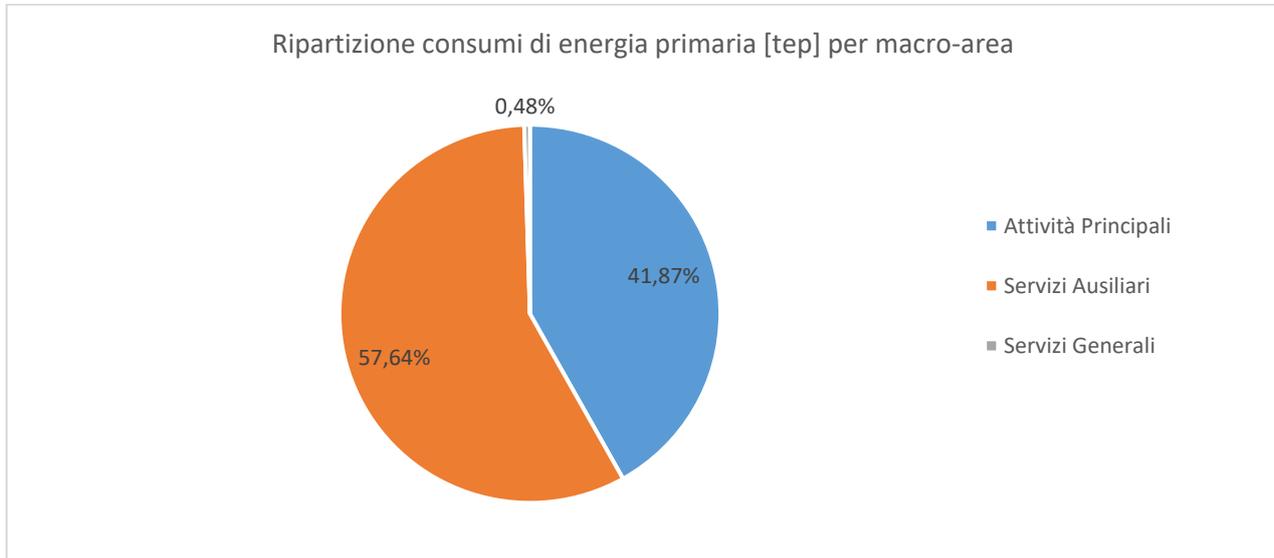


Grafico 16 – Ripartizione dei consumi di energia primaria per Macro-aree (2021)

Nelle tabelle seguenti si riporta invece la ripartizione dei consumi dei singoli vettori energetici nelle unità di misura di acquisto/misura.

Nella Tabella 26 in particolare sono riportati i consumi di Energia Elettrica per l'anno 2021. In particolare, i maggiori consumi di energia elettrica sono imputabili al processo elettrolitico. Un'ulteriore incidenza significativa è data dall'impianto CLAR e dall'area "ausiliari elettrolisi" che comprende principalmente i consumi del circuito cloro e delle piastre elettrolisi.

Macro-aree (livello C)			Singole aree funzionali (livello D)		
Aree	kWh	Incidenza (%)	Aree	kWh	Incidenza (%)
Attività principali	47.886.267	77,7%	Elettrolisi NaOH	19.712.920	32,0%
			Elettrolisi KOH	21.258.247	34,5%
			CLAR	6.915.100	11,2%
Servizi ausiliari	13.229.753	21,5%	Aria compressa	751.157	1,2%
			Depurazione acque	253.396	0,4%
			Servizio Idrico Integrato	2.384.654	3,9%
			Pesatura	205.935	0,3%
			Autoproduzione Azoto	1.650.558	2,7%
			Ausiliari Elettrolisi	6.257.781	10,1%
			Produzione vapore	424.639	0,7%
			Termocombustore	1.301.632	2,1%
Servizi generali	549.764	0,9%	Officine	85.180	0,1%
			Magazzino	24.000	0,0%
			Laboratorio / Uffici	248.420	0,4%
			Mensa	33.882	0,1%
			Altri servizi generali	2.003	0,0%
			Sicurezza	156.278	0,3%
			<b>Totale</b>	<b>61.665.784</b>	<b>100%</b>

Tabella 26 - Ripartizione dei consumi di Energia Elettrica nelle singole aree funzionali (2021)

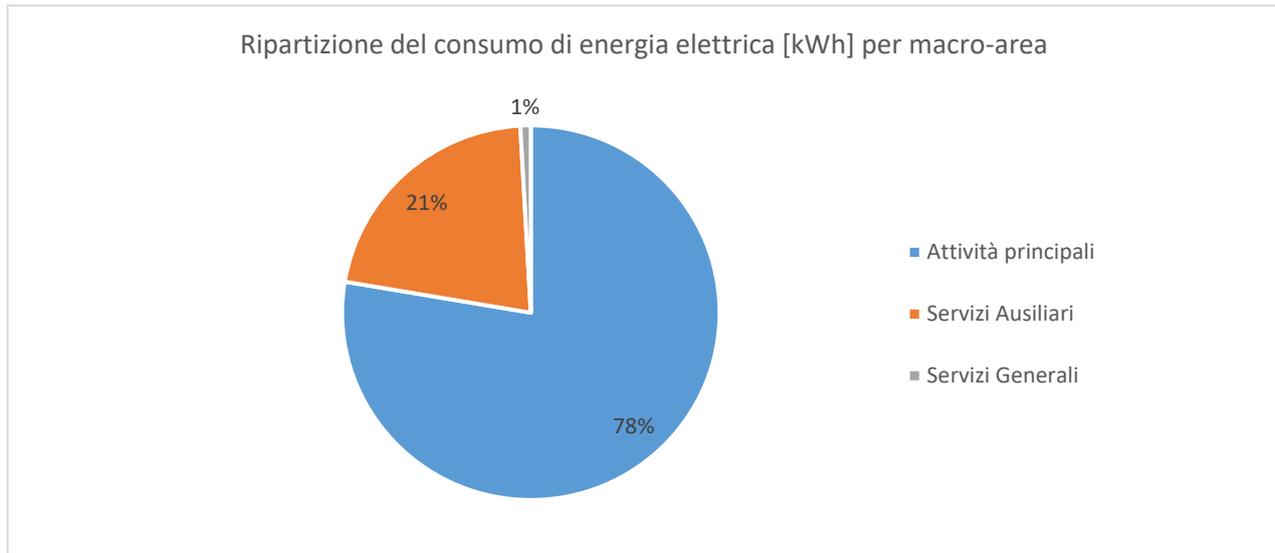


Grafico 17 - Ripartizione dei consumi di energia elettrica per Macro-aree, Anno 2021

In Tabella 27 troviamo l'analogo per il Gas Naturale. Il consumo di gas naturale è interamente imputabile alla produzione di vapore necessario per il processo e per il trattamento dei fumi dell'impianto CLAR all'interno di un termodistruttore.

Macro-aree (livello C)			Singole aree funzionali (livello D)		
Aree	Smc	Incidenza (%)	Aree	Smc	Incidenza (%)
Attività principali	-	-	Elettrolisi NaOH	-	-
			Elettrolisi KOH	-	-
			CLAR	-	-
Servizi ausiliari	10.298.401	100%	Aria compressa	-	-
			Depurazione acque	-	-
			Servizio Idrico Integrato	-	-
			Pesatura	-	-
			Autoproduzione Azoto	-	-
			Ausiliari Elettrolisi (Circuito Cloro e Ipoclorito di Sodio)	-	-
			Produzione vapore	9.116.702	88,5
			Termocombustore	1.181.669	11,5
Servizi generali	-	-	Officine	-	-
			Magazzino	-	-
			Laboratorio / Uffici	-	-
			Mensa	-	-
			Altri servizi generali	-	-
			Sicurezza (Antincendio, by-pass acque)	-	-
<b>Totale</b>			<b>10.298.401</b>	<b>100%</b>	

Tabella 27 - Ripartizione dei consumi di gas nelle singole aree funzionali (2021)

Relativamente ai vettori energetici autoprodotti "idrogeno" e "vapore saturo", l'intero quantitativo di energia autoprodotta viene consumato all'interno dell'area funzionale "Produzione vapore".

Per valutare l'incidenza di costo dei diversi vettori energetici, sono stati calcolati i costi dei singoli vettori energetici approvvigionati, riportati in Tabella 28:

Vettore	Costo unitario	Costo per Vettore	Incidenza (%)
Energia Elettrica	0,269 €/kWh	2.753.104 €	32,3 %
Gas Naturale	0,560 €/Smc	5.768.188 €	67,7 %
<b>Totale</b>		<b>8.521.291 €</b>	<b>100%</b>

Tabella 28 - Incidenza dei vettori energetici (2021)

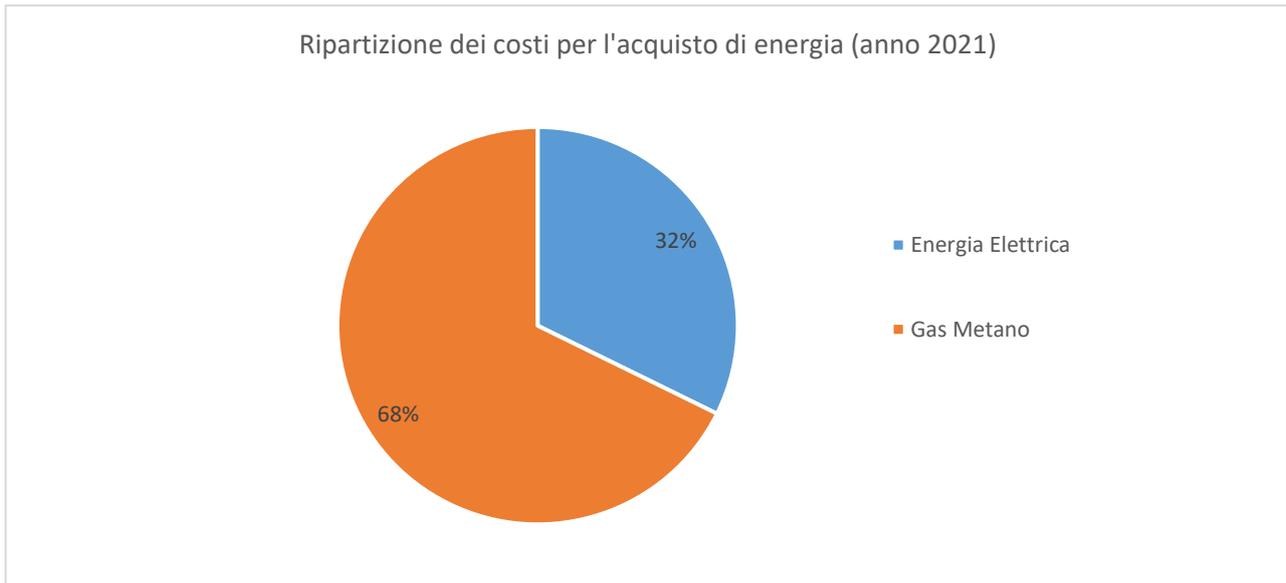


Grafico 18 - Ripartizione dei costi [€] per l'acquisto di energia elettrica e gas per lo stabilimento di Pieve Vergonte (2021)

Come si vedrà nel seguito, il costo reale associato all'energia elettrica, che tiene conto anche del costo di autoproduzione di energia risulta più basso. Di contro, il consumo interno di energia elettrica da autoproduzione risulta notevolmente maggiore rispetto alla quota di approvvigionamento esterno.

Si riporta di seguito una tabella di sintesi del calcolo del costo medio dell'energia elettrica e del consumo totale di energia elettrica dello stabilimento, con un grafico che mostra l'incidenza reale dei costi di approvvigionamento e produzione di energia.

Quantitativi	Energia Elettrica [MWh]	Costo [€/MWh]
Acquisto	10.216,0	269,5
Autoproduzione in autoconsumo	54.121,0	30,7
<b>Consumi interni</b>	<b>64.336,9</b>	<b>68,7</b>

Tabella 29 - Calcolo del costo medio ponderato dell'energia elettrica (costi di acquisto e produzione) (2021)

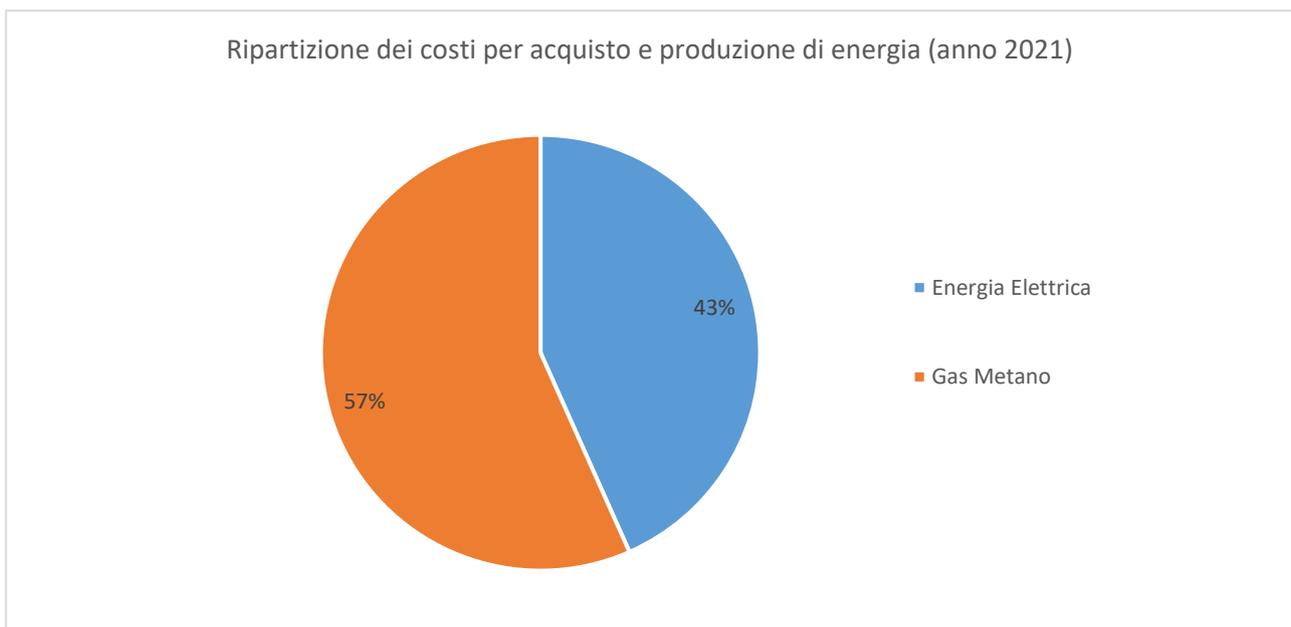


Grafico 19 - Ripartizione dei costi [€] per acquisto e produzione di energia elettrica e gas per lo stabilimento di Pieve Vergonte (2021)

In conformità a quanto riportato all'interno delle Linee Guida ENEA per la compilazione della Diagnosi Energetica, si sono calcolate, per ogni vettore energetico, le percentuali di copertura tramite misura e stime dei consumi energetici

di stabilimento ricostruiti con approccio bottom-up rispetto al consumo totale di stabilimento ricavato da fatture e trasformazioni interne e le percentuali di copertura con misura dei consumi delle macro aree funzionali delle attività principali, dei servizi ausiliari e dei servizi generali ricostruiti con approccio bottom-up rispetto al consumo totale della macro area funzionale.

In particolare, per siti industriali con consumo maggiore di 10.000 tep, le percentuali di monitoraggio (consumi energetici coperti tramite misure), di ogni singolo vettore, previste dalle linee guida ENEA per le macro-aree funzionali sono: 85% per attività principali, 50% per servizi ausiliari e 20% per servizi generali.

Sono esclusi i vettori energetici il cui consumo totale incide per meno del 10% sul totale del consumo dei siti. Si ricorda comunque che la somma dei vettori energetici eventualmente esclusi, non deve in ogni caso eccedere il 10% del consumo totale di sito.

Si riporta nella seguente tabella 30 un riepilogo dei requisiti previsti da ENEA e nella tabella 31 la verifica del rispetto dei requisiti.

Livello	Approccio bottom-up	Requisito ENEA
LB	Misura + stima	95%
LC – Attività principali	Misura	85%
LC – Servizi Ausiliari	Misura	50%
LC – Servizi Generali	Misura	20%

Tabella 30 - Requisiti monitoraggio Linee Guida ENEA per la compilazione della Diagnosi Energetica

Vettore energetico	Incidenza vettore su consumo totale sito	Livello	Approccio bottom-up	Requisito ENEA	Verifica
Energia Elettrica	55,05%	LB	Misura + stima	95%	95,8%
		LC – Attività principali	Misura	85%	96,0%
		LC – Servizi Ausiliari	Misura	50%	96,0%
		LC – Servizi Generali	Misura	20%	91,8%
Gas Naturale	39,40%	LB	Misura + stima	95%	100%
		LC – Attività principali	Misura	85%	100%
		LC – Servizi Ausiliari	Misura	50%	100%
		LC – Servizi Generali	Misura	20%	100%
Gasolio	0,00%	LB	Misura + stima	escluso	100%
Vapore saturo a 9 bar	2,90%	LB	Misura + stima	escluso	100%
Idrogeno	2,65%	LB	Misura + stima	escluso	100%

Tabella 31 - Verifica rispetto dei requisiti di monitoraggio Linee Guida ENEA per la compilazione della Diagnosi Energetica

### C.4.3 ATTIVITÀ PRINCIPALI

Le attività principali per lo stabilimento, come già indicato in precedenza, sono rappresentate dall'impianto di produzione cloro aromatici (CLAR) e dagli impianti di elettrolisi Cloro-soda e Cloro-potassa.

Gli impianti indicati utilizzano solamente Energia Elettrica e contribuiscono per circa l'75% ai consumi complessivi di energia elettrica dello stabilimento (40% circa dei consumi complessivi di energia primaria). Tra questi, gli impianti maggiormente energivori risultano i due impianti di elettrolisi.

Di seguito si riporta la ripartizione nelle singole aree funzionali dei consumi energetici relativi alle attività principali:

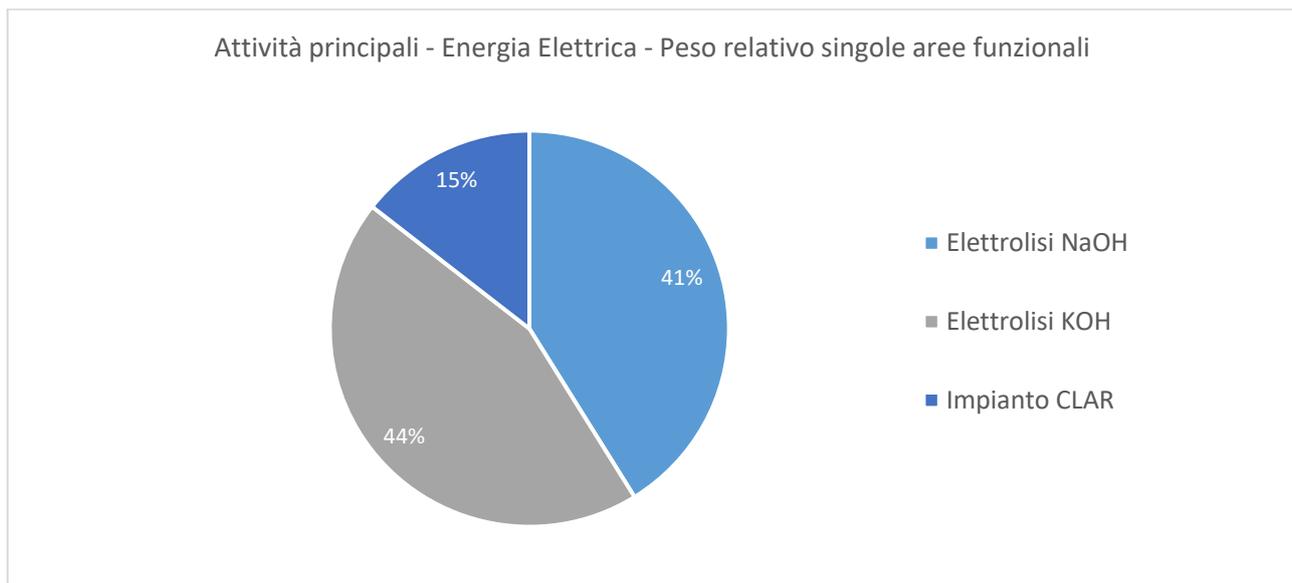


Grafico 20 - Ripartizione consumi di energia elettrica [kWh] per le aree funzionali delle attività principali (2021)

Macro-aree (livello C)			Singole aree funzionali (livello D)		
Aree	kWh	Incidenza su totale (%)	Aree	kWh	Incidenza su area (%)
Attività principali	47.886.267	75,6%	Elettrolisi NaOH	19.712.920	31,1%
			Elettrolisi KOH	21.258.247	33,6%
			CLAR	6.915.100	10,9%

Tabella 32 - Ripartizione consumi di energia elettrica nelle aree funzionali e relativo peso sulle attività principali (2021)

Le utenze preponderanti (>90kW) inserite all'interno dei presenti reparti sono riportate nella tabella sottostante:

Reparto	Identificazione	Funzione	Potenza [kW]
CLAR	Cloro Toluene	Pompe della vasca di rilancio clorotoluene	55
CLAR	Cloro Toluene	Pompe della vasca di rilancio clorotoluene	55
CLAR	Cloro Toluene	Pompe della vasca di rilancio clorotoluene	75
CLAR	Cloro Toluene	Colonna C250	75
CLAR	Cloro Toluene	Colonna C250	75
CLAR	Cloro Toluene	Colonna C203	29
CLAR	Cloro Toluene	Colonna C203	29
CLAR	Cloro Toluene	Pompe della vasca di rilancio clorobenzeni	55
CLAR	Cloro Toluene	Pompe della vasca di rilancio clorobenzeni	55
CLAR	Cloro Toluene	Pompe della vasca di rilancio clorobenzeni invio a Dealogenazione	55
CLAR	Cloro Toluene	Gruppo frigo in CTER	55
CLAR	Toluene	Gruppo Frigo	160
CLAR	Cabina elettrica C16	Pompa rilancio al pensile	45
CLAR	Cabina elettrica C16	Pompa rilancio al pensile	45
CLAR	Distillazione Estrattiva	Pompe della vasca di rilancio clorotoluene	55

CLAR	Distillazione Estrattiva	Posizione P8001B rilancio H2O Pompa in vasca Nord	55
CLAR	Dealogenazione	Agitatore	29
CLAR	Dealogenazione	Riscaldatore termico	120
CLAR	Termocombustore	Pompa rilancio	29
CLAR	Termocombustore	Pompa rilancio	29
CLAR	Termocombustore	Ventilatore Termodistruttore	37

Tabella 33 - lista utenze elettriche maggiori di 29 kW, per impianto CLAR, 2021

Per quanto riguarda gli impianti “elettrolisi” cloro-soda e cloro-potassa, nelle attività principali sono stati inseriti i soli consumi relativi alle celle elettrolitiche e non anche dei sistemi ad esse ausiliari. Ciò permetterà di valutare le prestazioni energetiche dei due impianti, in particolare del processo elettrolitico, in rapporto agli indicatori di prestazione di riferimento (rif. BREFs, BAT Reference document for “Production of Chlor Alkali”) che analizzano il solo consumo delle celle di elettrolisi.

#### C.4.3.1 ELETTROLISI NaOH

L’impianto “Elettrolisi NaOH” è destinato alla produzione di idrossido di sodio (NaOH, o soda caustica) in soluzione acquosa circa al 32% di concentrazione in peso. Tale sostanza è principalmente destinata alla commercializzazione e in minima parte viene utilizzata nel processo di produzione dell’ipoclorito di sodio. Per poter essere commercializzata è però necessario concentrare la soluzione uscente dalla cella elettrolitica fino al 50% di concentrazione in peso tramite dei concentratori a triplo effetto.

Come anticipato precedentemente, i consumi analizzati in questo paragrafo fanno riferimento al solo consumo elettrico della cella elettrolitica, che è responsabile per circa il 31% dei consumi elettrici dello stabilimento (17% dei consumi complessivi di energia primaria), risultando la seconda utenza più energivora a livello di consumi elettrici dello stabilimento (la terza in termini di energia primaria).

L’impianto di elettrolisi cloro-soda, con tecnologia a membrana, rientra tra gli impianti oggetto del progetto di ammodernamento dello stabilimento avviato dalla nuova proprietà nel corso del 2019 a seguito della dismissione, da parte della precedente proprietà per motivi legati a obblighi legislativi, dell’impianto di elettrolisi cloro-soda con tecnologia celle a mercurio, avvenuto nel 2017.

L’avviamento del nuovo impianto risale al maggio 2021, pertanto la fotografia annuale (2021) dei consumi energetici dell’impianto è relativa ai primi 8 mesi di funzionamento.

Si riporta di seguito l’andamento mensile dei consumi di energia elettrica e della produzione specifica (NaOH normalizzato al 100% di concentrazione in peso):

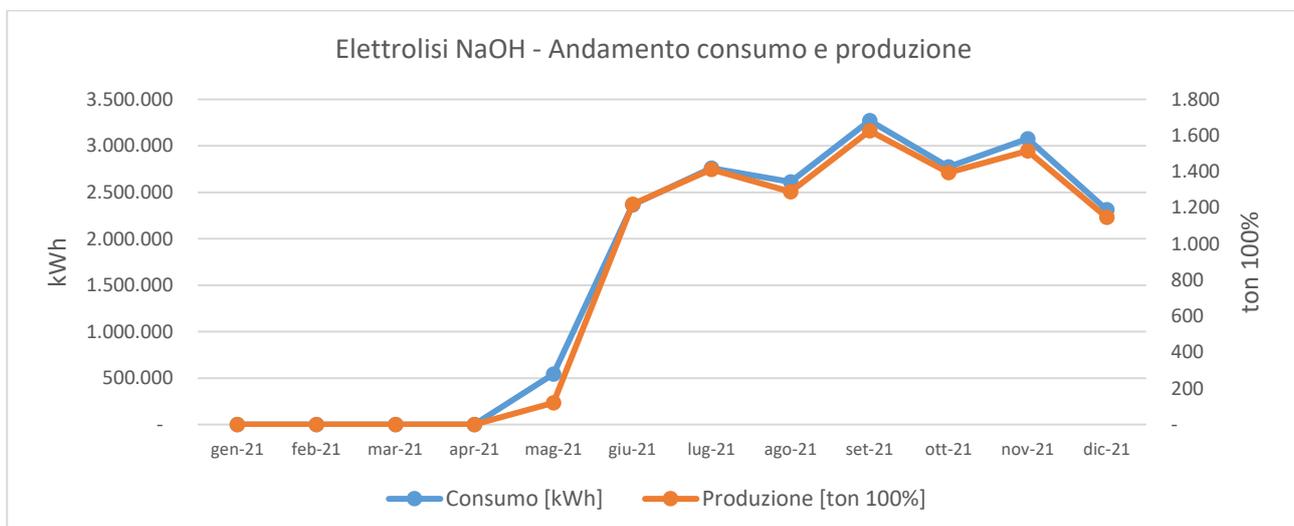


Grafico 21 - Andamento mensile dei consumi di energia elettrica [kWh] e produzioni [ton] dell’impianto Elettrolisi NaOH (2021)

Dal grafico precedente si nota una particolare correlazione tra il consumo elettrico e la produzione dell'impianto. Ciò è evidente osservando anche i due grafici seguenti che mostrano il consumo energetico in funzione della produzione, con un coefficiente di correlazione lineare significativamente alto, e il consumo specifico in funzione della produzione, che risulta pressoché indipendente dalla produzione. Si specifica che i grafici di seguito ottenuti sono stati elaborati escludendo il dato di maggio 2021, relativo a una condizione di transitorio di avviamento.

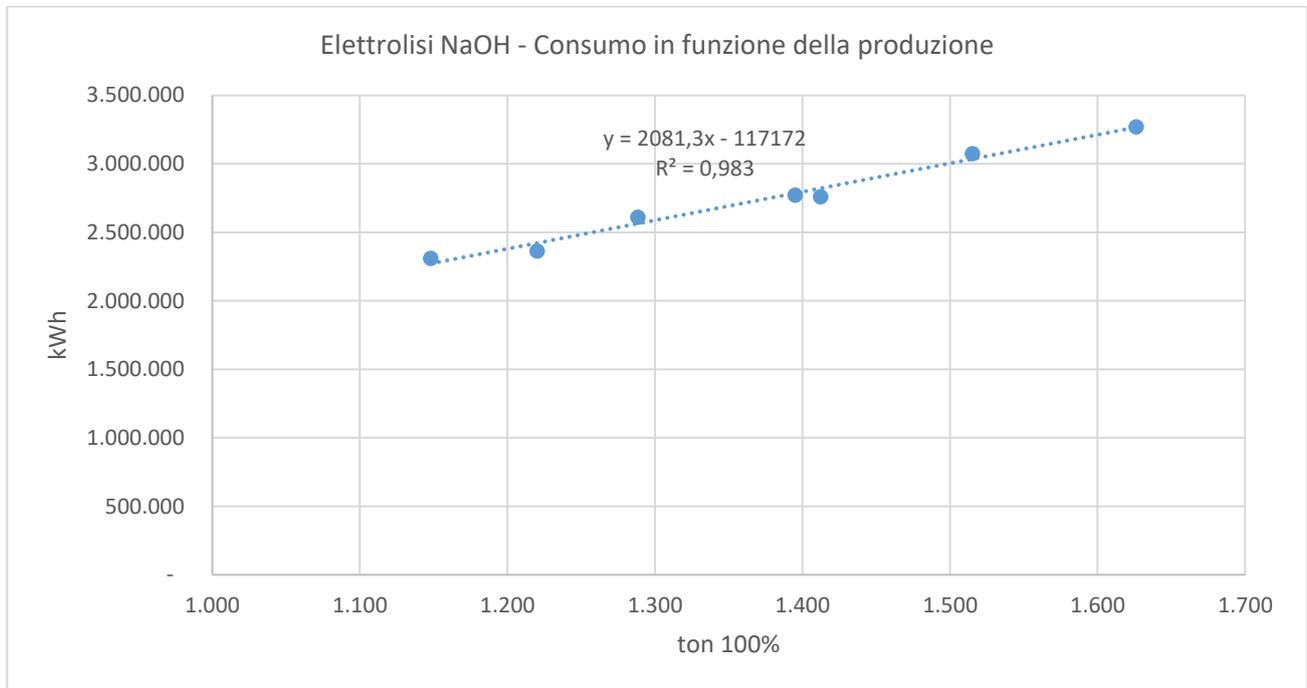


Grafico 22 - Consumo dell'impianto cloro-soda in funzione della produzione (2021)

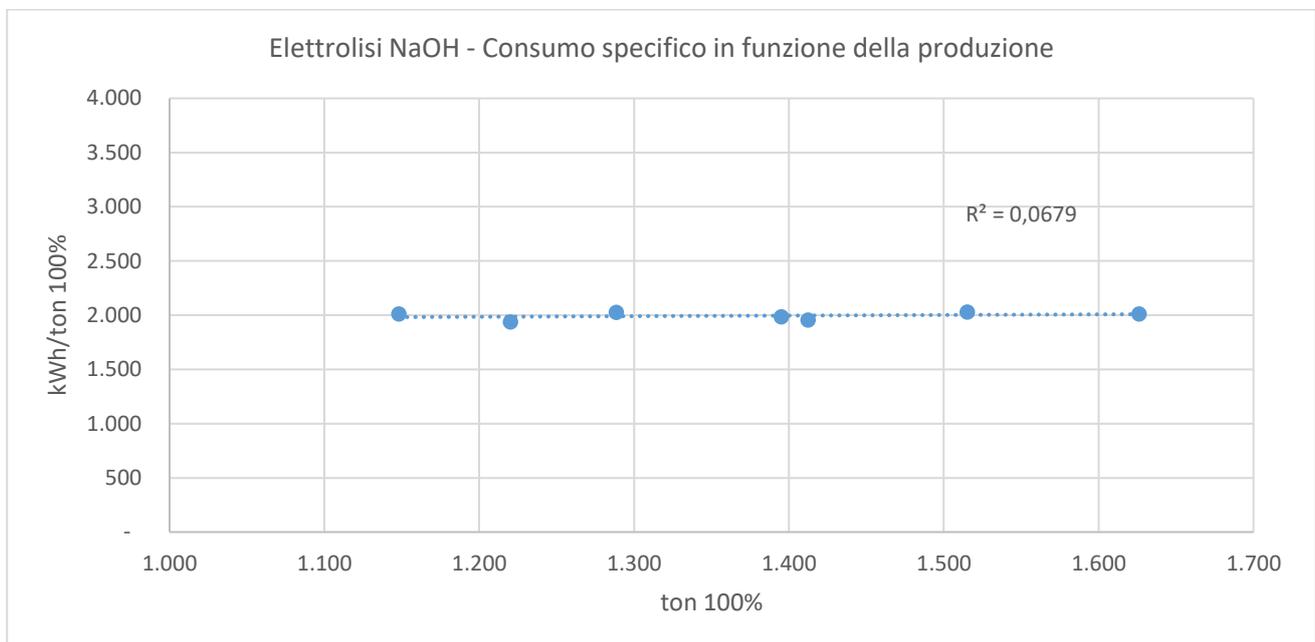


Grafico 23 - Consumo specifico dell'impianto cloro-soda in funzione della produzione (2021)

Si riporta di seguito una tabella riassuntiva degli elementi quantitativi dell'analisi numerica:

Impianto	Ips [kWh/ton100%]	Ips max [kWh/ton100%]	Ips min [kWh/ton100%]	Dev.std ips [kWh/ton100%]	Dev.std rispetto alla media
Elettrolisi NaOH	1.995,93	2.030,69	1.938,93	35,83	1,8 %

Tabella 34 - Ips "Elettrolisi NaOH" (2021)

### C.4.3.2 ELETTROLISI KOH

L'impianto "Elettrolisi KOH" è destinato alla produzione di idrossido di potassio (KOH, o potassa caustica) in soluzione acquosa circa al 30% di concentrazione in peso. Per poter essere commercializzato è però necessario concentrare la soluzione uscente dalla cella elettrolitica fino al 50% di concentrazione in peso tramite un concentratore a triplo effetto.

Come anticipato precedentemente, i consumi analizzati in questo paragrafo fanno riferimento al solo consumo elettrico della cella elettrolitica, che è responsabile per circa il 34% dei consumi elettrici dello stabilimento (18% circa dei consumi complessivi di energia primaria), risultando la prima utenza più energivora a livello di consumi elettrici dello stabilimento (la seconda in termini di energia primaria).

L'impianto di elettrolisi cloro-potassa, con tecnologia a membrana, rientra tra gli impianti oggetto del progetto di ammodernamento e ampliamento dello stabilimento avviato dalla nuova proprietà nel corso del 2019. In precedenza, non erano presenti impianti di produzione di potassa caustica presso il sito in esame.

L'avviamento del nuovo impianto risale ad aprile 2021, pertanto la fotografia annuale (2021) dei consumi energetici dell'impianto è relativa ai primi 9 mesi di funzionamento.

Si riporta di seguito l'andamento mensile dei consumi di energia elettrica e della produzione specifica (KOH normalizzato al 100% di concentrazione in peso):

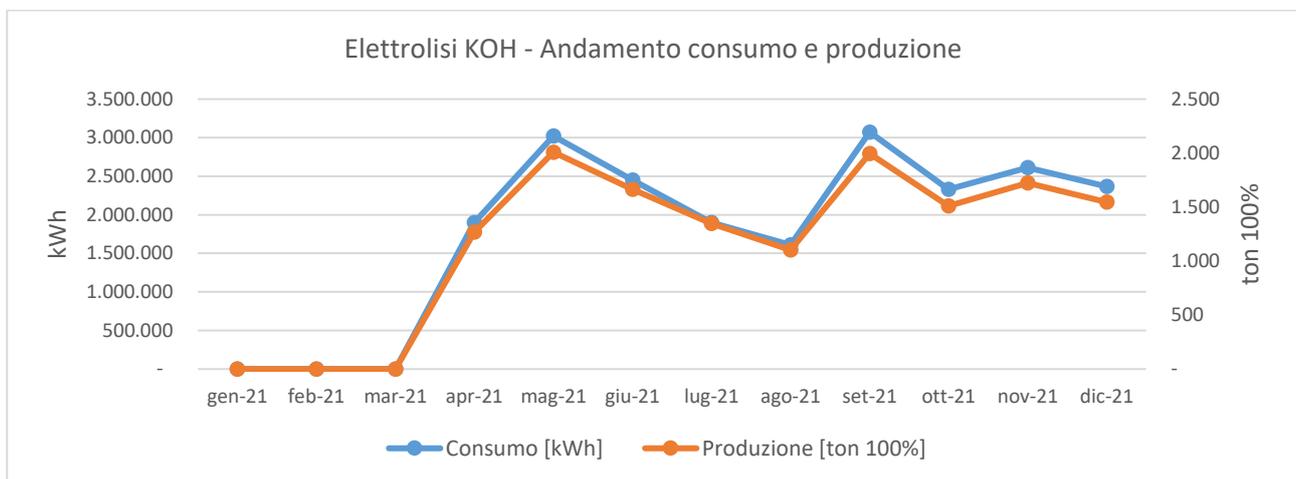


Grafico 24 - Andamento mensile dei consumi di energia elettrica [kWh] e produzioni [ton] dell'impianto Elettrolisi KOH (2021)

Dal Grafico precedente si nota una particolare correlazione tra il consumo elettrico e la produzione dell'impianto. Ciò è evidente osservando anche i due grafici seguenti che mostrano il consumo energetico in funzione della produzione, con un coefficiente di correlazione lineare significativamente alto, e il consumo specifico in funzione della produzione, che risulta pressoché indipendente dalla produzione.

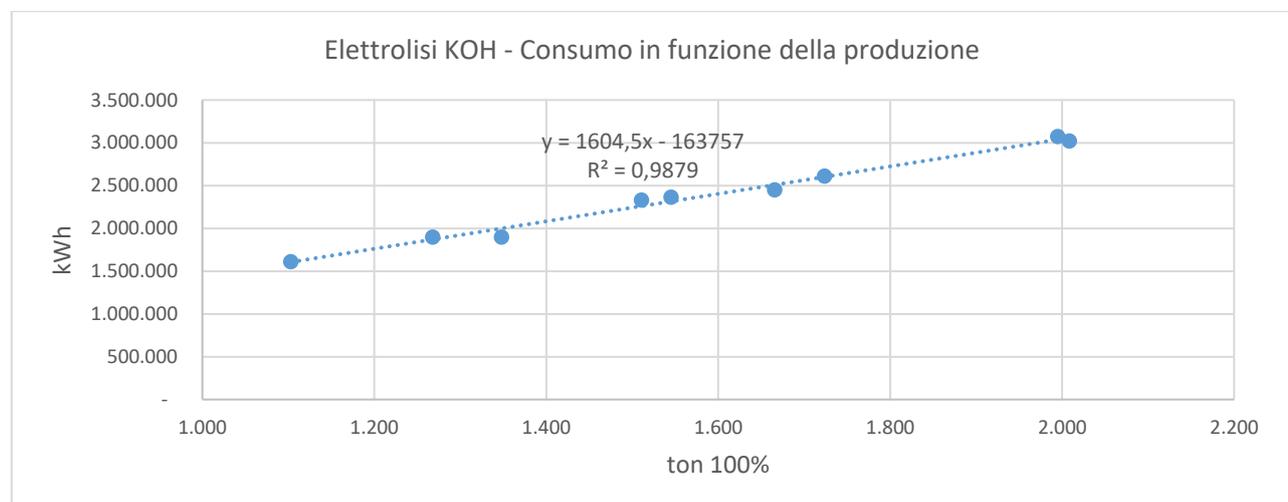


Grafico 25 - Consumo dell'impianto cloro-potassa in funzione della produzione (2021)

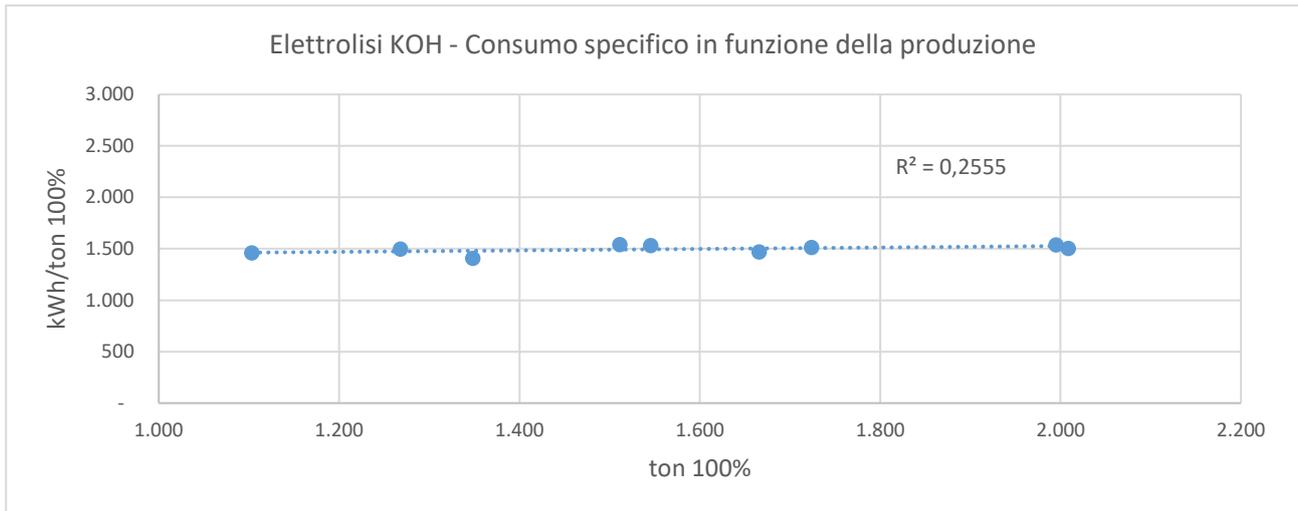


Grafico 26 - Consumo specifico dell'impianto cloro-potassa in funzione della produzione (2021)

Si riporta di seguito una tabella riassuntiva degli elementi quantitativi dell'analisi numerica:

Impianto	Ips [kWh/ton100%]	Ips max [kWh/ton100%]	Ips min [kWh/ton100%]	Dev.std ips [kWh/ton100%]	Dev.std rispetto alla media
Elettrolisi KOH	1.500,44	1.541,69	1.408,64	43,48	2,9 %

Tabella 35 - Ips "Elettrolisi KOH" (2021)

#### C.4.3.3 CLAR

L'impianto CLAR è composto da una serie di impianti destinati alla produzione di derivati cloruro aromatici, ovverosia di una serie di prodotti ottenuti tramite differenti processi. I consumi energetici ed i prodotti vengono accorpate sotto il cappello di "impianto CLAR" in ragione del fatto che gli stessi impianti possono essere utilizzati nel processo di fabbricazione di prodotti differenti, che vengono prodotti in campagne.

L'impianto CLAR costituisce, per il vettore energia elettrica, il terzo centro di consumo dello stabilimento con il 11% circa di incidenza sui consumi totali di energia elettrica (6% dei consumi complessivi di energia primaria).

Si riporta di seguito l'andamento mensile dei consumi di energia elettrica e della produzione dell'impianto:

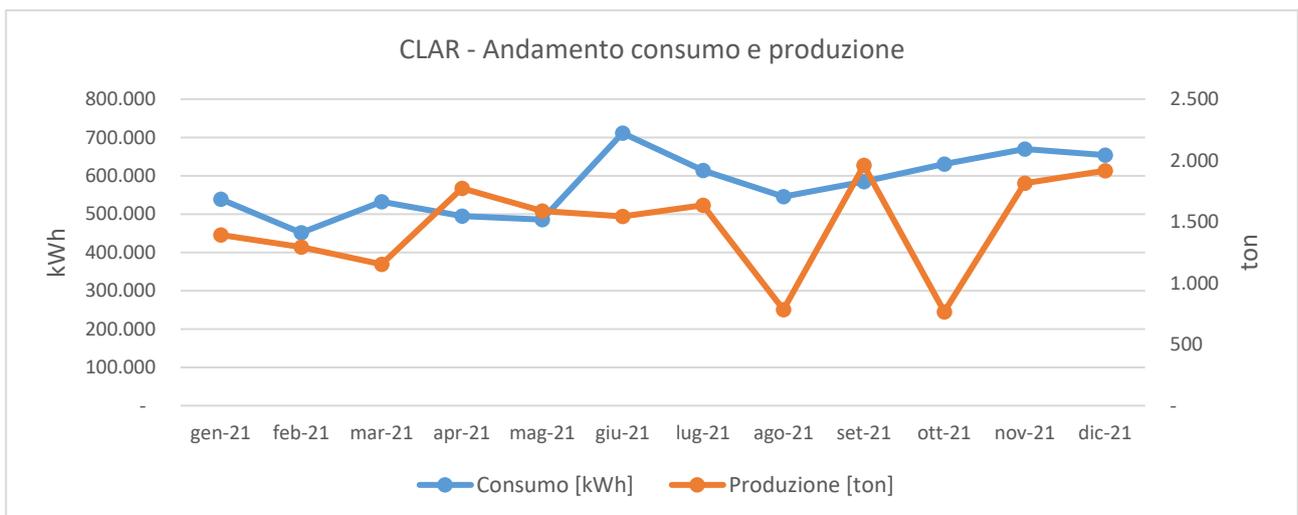


Grafico 27 - Andamento mensile dei consumi di energia elettrica [kWh] e produzioni [ton] dell'impianto CLAR (2021)

Dal grafico si osserva che nel corso del 2021 sia i consumi energetici che la produzione complessiva mostrano una tendenza di crescita. A partire dal mese di maggio, infatti, è stata avviata una nuova sezione di Fotoclorurazione che ha permesso l'aumento della capacità produttiva.

Il grafico seguente mostra invece la variazione del consumo specifico dell'impianto CLAR in funzione della produzione. Nonostante il grafico mostri una correlazione significativa, in ragione del fatto che non è stato possibile associare con esattezza i consumi energetici alla specifica tipologia produttiva, non si definisce un indicatore basato sulla curva ottenuta.

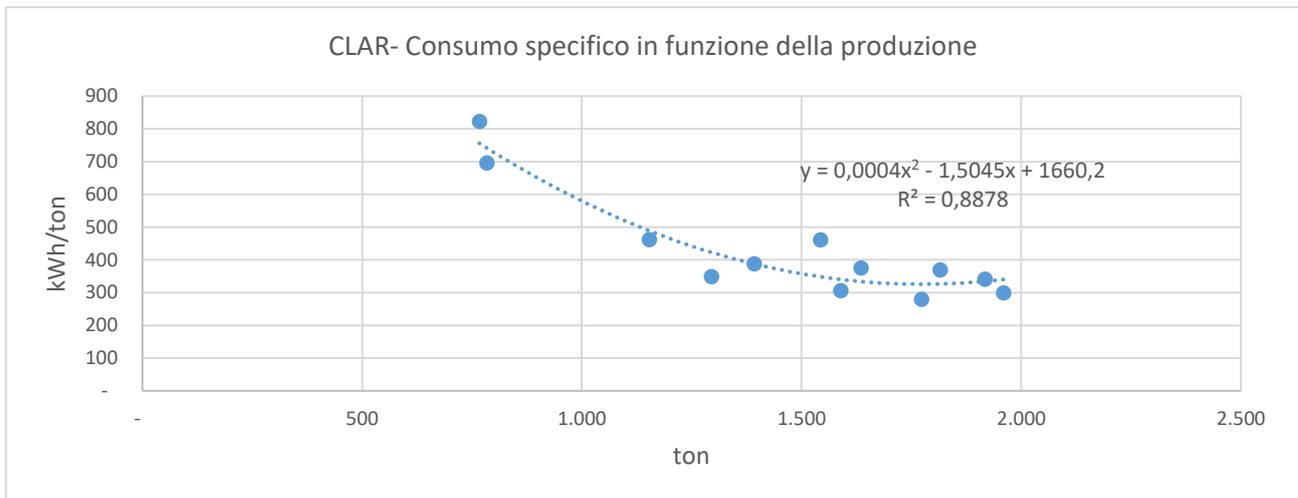


Grafico 28 - Consumo specifico dell'impianto cloro-potassa in funzione della produzione (2021)

#### C.4.4 SERVIZI AUSILIARI

I servizi ausiliari hanno una elevata incidenza sui consumi complessivi di stabilimento in termini di energia primaria, pesando per circa il 56%.

Ciò è dovuto all'utilizzo di gas naturale per la produzione di vapore in caldaia; la sola voce "Produzione vapore" pesa, infatti, per circa il 41% sul totale dell'energia primaria complessivamente consumata in sito.

Lato energia elettrica, l'area "servizi ausiliari" pesa per poco più del 20%, con un'incidenza significativa dell'area "ausiliari elettrolisi" (che comprendono principalmente i consumi associati al circuito cloro, ipoclorito di sodio e piastre elettrolisi) per circa il 12%.

Di seguito si riporta la ripartizione nelle singole aree funzionali dei consumi energetici relativi alle attività principali, distinti per vettore:

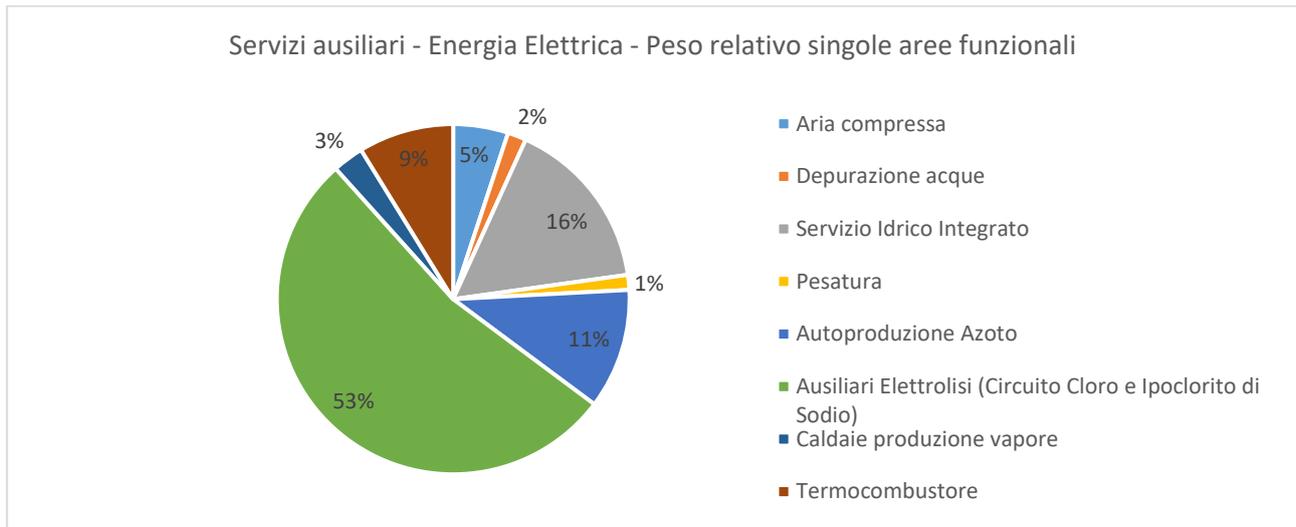


Grafico 29 - Ripartizione consumi di energia elettrica [kWh] per le aree funzionali dei servizi ausiliari (2021)

Macro-aree (livello C)			Singole aree funzionali (livello D)		
Aree	kWh	Incidenza (%)	Aree	kWh	Incidenza (%)
Servizi ausiliari	14.885.522	23,5%	Aria compressa	751.157	1,2%
			Depurazione acque	253.396	0,4%
			Servizio Idrico Integrato	2.384.654	3,9%
			Pesatura	205.935	0,3%
			Autoproduzione Azoto	1.650.558	2,7%
			Ausiliari Elettrolisi (Circuito Cloro e Ipoclorito di Sodio)	6.257.781	10,1%
			Produzione vapore	424.639	0,7%
			Termocombustore	1.301.632	2,1%

Tabella 36 - Dati di consumo di energia elettrica [kWh] suddivisi per area funzionale (2021)

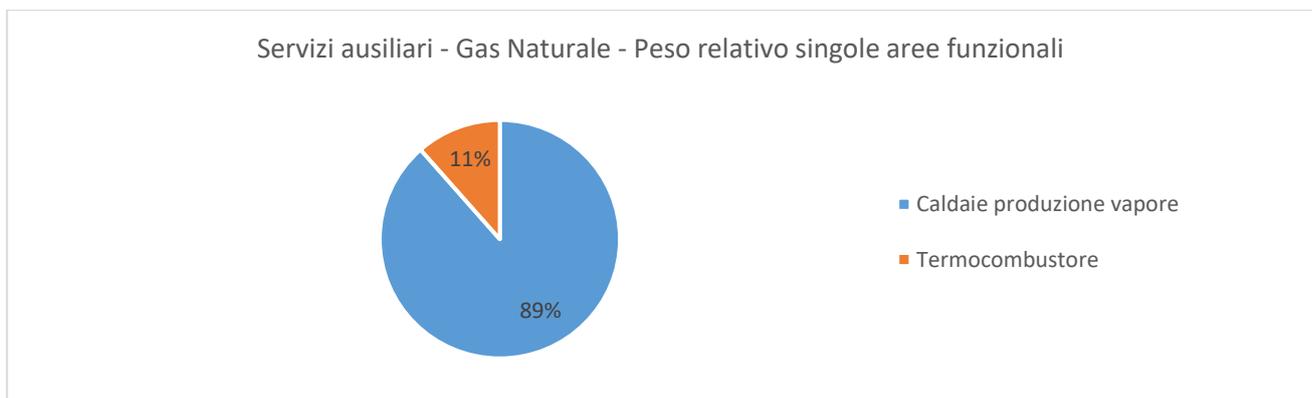


Grafico 30 - Ripartizione consumi di gas naturale [Smc] per le aree funzionali dei servizi ausiliari (2021)

Macro-aree (livello C)			Singole aree funzionali (livello D)		
Aree	Smc	Incidenza (%)	Aree	Smc	Incidenza (%)
Servizi ausiliari	10.298.401	100%	Aria compressa	-	0,0%
			Depurazione acque	-	0,0%
			Servizio Idrico Integrato	-	0,0%
			Pesatura	-	0,0%
			Autoproduzione Azoto	-	0,0%
			Ausiliari Elettrolisi (Circuito Cloro e Ipoclorito di Sodio)	-	0,0%
			Produzione vapore	9.116.702	88,5%
			Termocombustore	1.181.699	11,5%

Tabella 37 - Dati di consumo di gas naturale [Smc] suddivisi per area funzionale (2021)

Oltre ad energia elettrica e gas naturale, i vettori energetici di trasformazione interna (idrogeno e calore sotto forma di vapore) fanno interamente riferimento all'area "Produzione vapore", contribuendo ad aumentarne ulteriormente il peso relativo in termini di consumo energetico.

Si riporta di seguito un grafico di Pareto in cui si trova il valore di consumo di energia primaria e da cui è evidente che poche utenze contribuiscono a determinare più del 90% dei consumi complessivi di energia primaria:

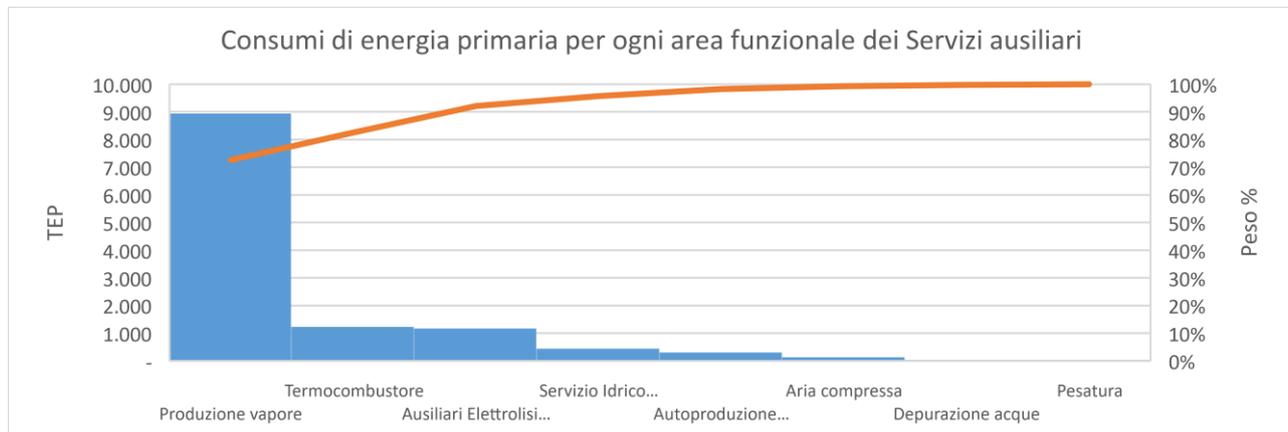


Grafico 31 - Diagramma di Pareto con indicazione del consumo di energia primaria per le aree funzionali monitorate e relativo peso in termini %

Le utenze elettriche preponderanti (>90kW) inserite all'interno dei presenti reparti sono riportate nella tabella sottostante:

Reparto	Identificazione	Funzione	Potenza
SICU	P3	Pompa antincendio	147 kW
SICU	P2	Pompa antincendio	132 kW
Aria compressa	Compressore Aria 2 (atlas)	Compressore	110 kW
Aria compressa	Compressore Aria 1 (kaeser)	Compressore	160 kW
Autoprod, azoto	Autoproduzione azoto	Compressore	200 kW
Servizio idrico	Pompa pozzo 16	Pompa acqua ind.	169 kW
Servizio idrico	Pompa pozzo 17	Pompa acqua ind.	169 kW
Servizio idrico	Pompa pozzo 18	Pompa acqua ind.	169 kW

Tabella 38 - lista utenze elettriche maggiori di 90 kW, servizi ausiliari (2021)

Le utenze termiche sono riportate nella tabella seguente:

Reparto	Identificazione	Funzione	Potenza
Produzione vapore	CANNON BONO CTD ECO	Caldaia produzione vapore	14,5 MW
Produzione vapore	MINGAZZINI PB50	Caldaia produzione vapore	2,99 MW
Produzione vapore	MINGAZZINI PB50	Caldaia produzione vapore	2,99 MW

Tabella 39 - lista utenze termiche, servizi ausiliari (2021)

### C.4.4.1 PRODUZIONE VAPORE

L'area funzionale "Produzione vapore" è composta da una caldaia da 14,5 MW che produce vapore saturo ad una pressione di circa 16,5 bar(g) e con una capacità totale di produzione di portata di vapore netta verso l'utenza di 20 ton/h e da due caldaie da 2,99 MW/cad per la produzione di vapore saturo a una pressione di circa 16,5 bar(g) con una capacità complessiva di circa 4 ton/h/cad.

I consumi energetici di questa area riguardano principalmente il vettore gas naturale e in minima parte energia elettrica. A quest'area sono stati riferiti anche i consumi interni derivanti dai vettori di trasformazione interna idrogeno e calore recuperato sotto forma di vapore saturo.

L'area "produzione di vapore" è la più energivora in termini di energia primaria, pesando sul totale dei consumi di energia primaria dello stabilimento per circa il 42%, contro il 18% circa della seconda area più energivora rappresentata dall'impianto elettrolisi KOH.

Si riporta di seguito l'andamento mensile dei consumi energetici in termini di energia primaria suddivisi per fonte energetica, in cui si nota che il vettore gas (valori di consumo su asse delle ordinate sinistro) apporta un contributo preponderante rispetto alle altre fonti energetiche:

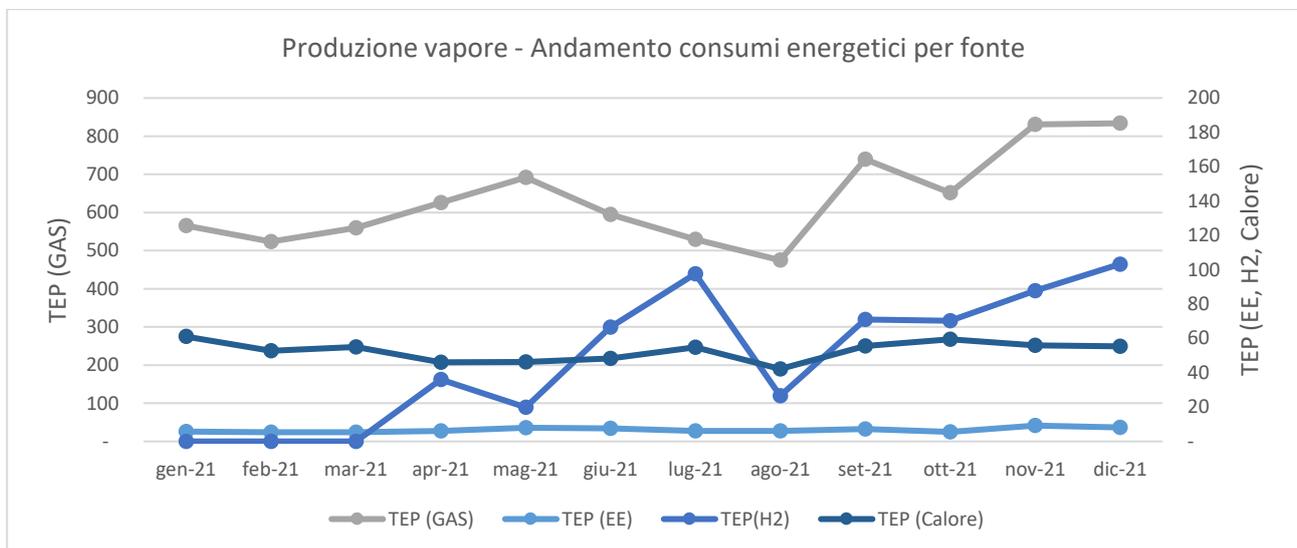


Grafico 32 – Andamento mensile consumo energetico per la produzione vapore, suddiviso per fonti (2021)

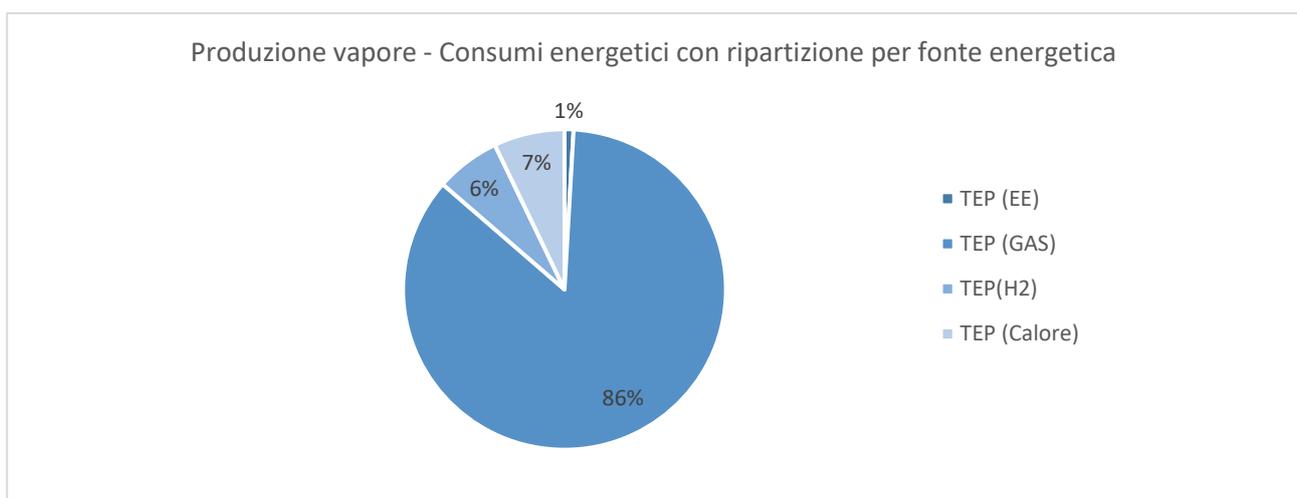


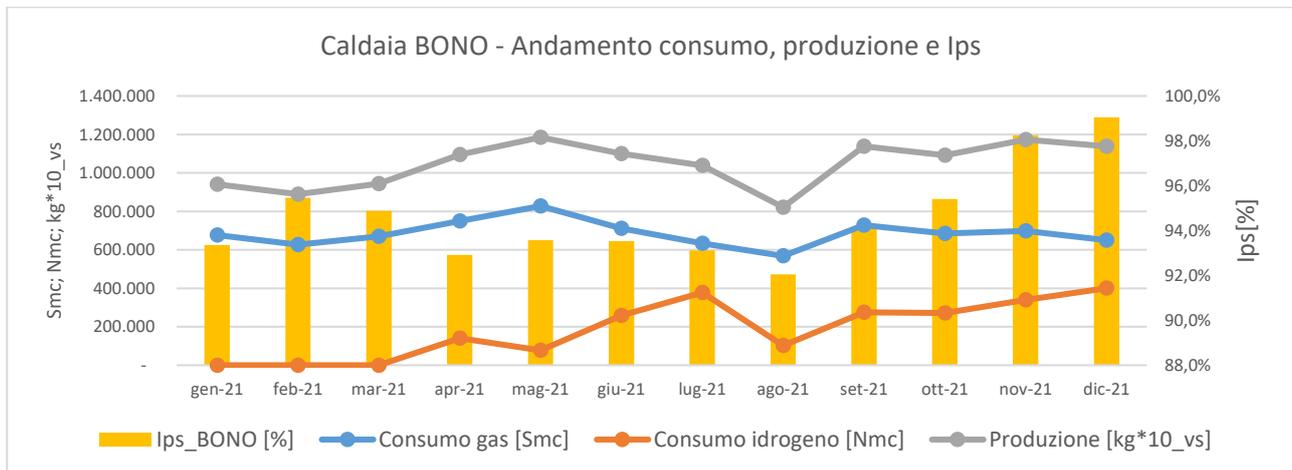
Grafico 33 - Ripartizione percentuale vettori energetici area "produzione vapore" (2021)

Avendo a disposizione i dati di produzione di vapore delle singole utenze, è possibile calcolare l'indicatore di prestazione specifico rappresentato dal rendimento medio, nel corso del 2021, delle singole caldaie (caldaia BONO singolarmente e caldaie Mingazzini accorpate).

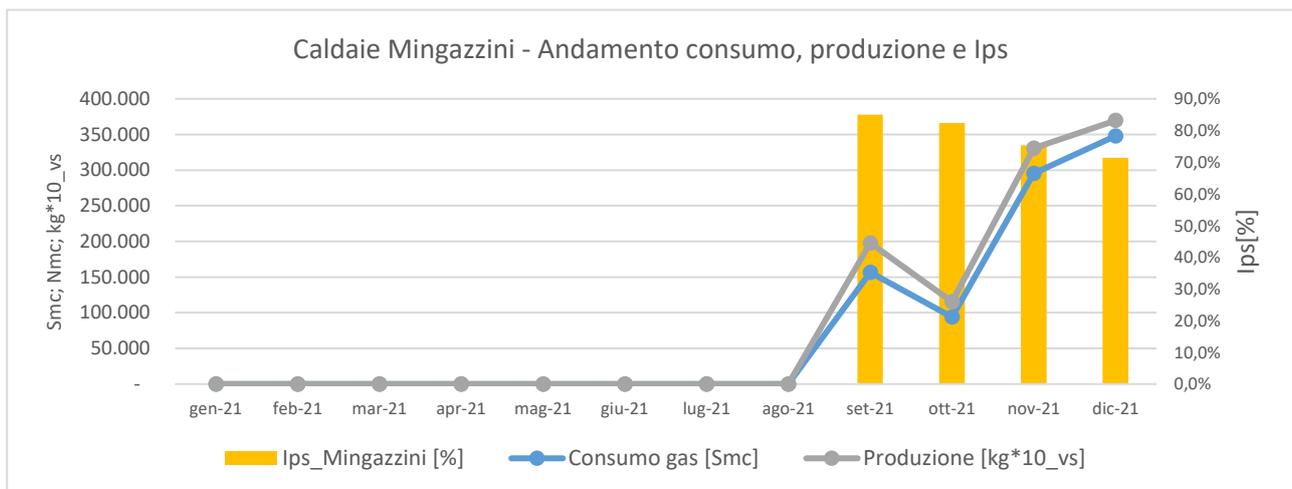
Per la conversione del vapore prodotto, misurato in ton/h, in Energia Termica [MJ] si è fatto riferimento all'entalpia specifica del vapore saturo e del liquido saturo, come riportato di seguito:

- Entalpia specifica vapor saturo a 16,5 bar [kJ/kg\_vs]: 2.793,73 kJ/kg\_vs;
- Entalpia specifica liquido saturo a 105°C [kJ/kg\_ls]: 440,21 kJ/kg\_ls.

Si riportano quindi i grafici che mostrano l'andamento di consumi energetici, produzione specifica e rendimento delle singole utenze.



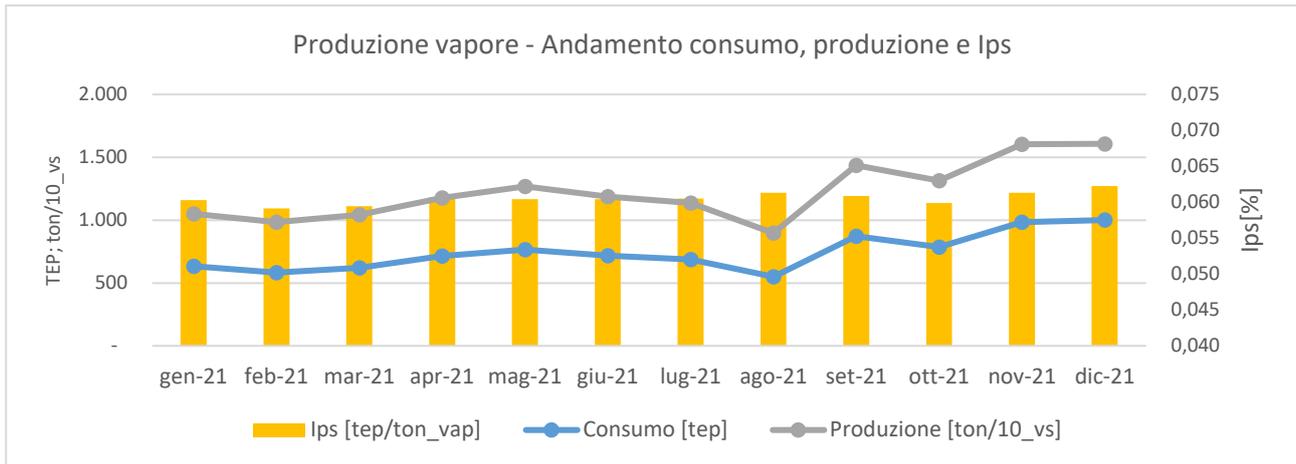
**Grafico 34 - Andamento mensile del consumo energetico distinto per fonte, della produzione di vapore saturo e del rendimento della caldaia BONO (2021)**



**Grafico 35 - Andamento mensile del consumo energetico distinto per fonte, della produzione di vapore saturo e del rendimento delle caldaie MINGAZZINI (2021)**

Dai due grafici si nota un ottimo valore di rendimento della caldaia BONO per tutto il periodo del 2021 mentre per il rendimento aggregato delle due caldaie mingazzini il rendimento si attesta su valori inferiori e in decrescita a partire dall'avvio delle due caldaie, avvenuta a settembre 2021. Tale fattispecie è riconducibile al fatto che le due caldaie vengono analizzate in forma aggregata e i funzionamenti a regimi parziali delle due caldaie penalizzano la prestazione complessiva. Nel corso del 2022 sarà possibile analizzare i dati di produzione e consumo individualmente per le due caldaie, analizzando più approfonditamente la prestazione energetica reale delle due caldaie.

Si riporta infine un grafico che mostra l'andamento dei consumi energetici, della produzione di vapore e dell'indicatore di prestazione specifico dell'intera area funzionale, che tiene conto anche del contributo del vapore prodotto tramite recupero di calore sul termocombustore.



**Grafico 36 - Andamento mensile del consumo energetico, della produzione di vapore saturo complessivo e dell'indicatore di prestazione specifico dell'area funzionale "produzione vapore" (2021)**

L'Indicatore di prestazione specifico complessivo risulta stabile e costante per tutto l'arco del 2021, con minime variazioni mensili.

Impianto	Ips [tep/ton_vs]	Ips max [tep/ton_vs]	Ips min [tep/ton_vs]	Dev.std ips [tep/ton_vs]	Dev.std rispetto alla media
Produzione vapore	0,061	0,062	0,059	$8,49 \cdot 10^{-4}$	1,4 %

**Tabella 40 - Ips "produzione vapore" (2021)**

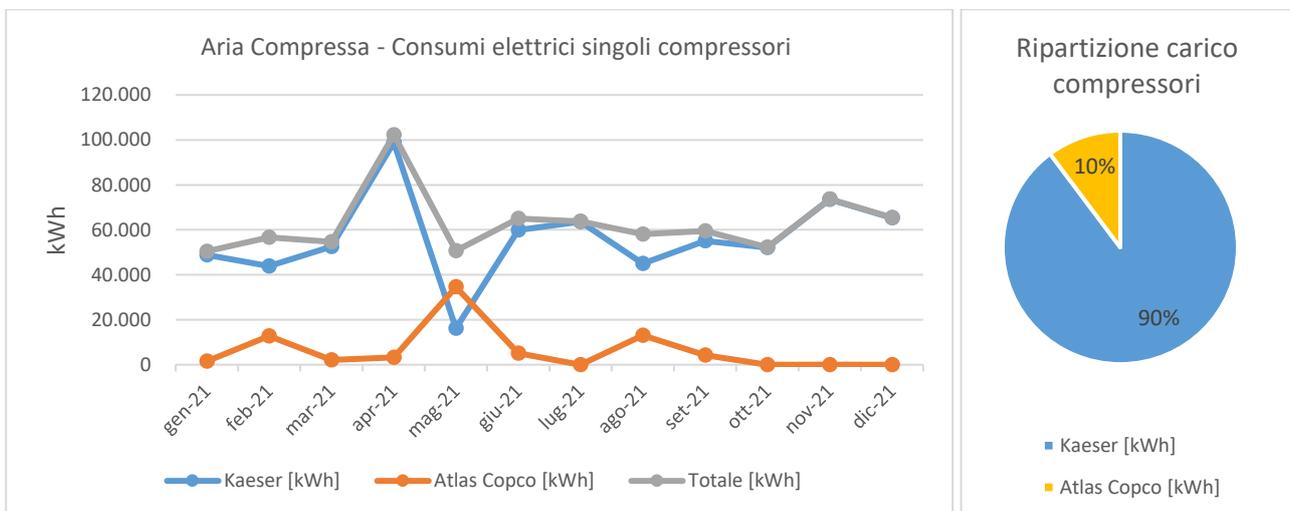
#### C.4.4.2 ARIA COMPRESSA

L'aria compressa, prodotta in un range di pressione operativa che varia da 5 a 6 bar(g), rappresenta un'utilities utilizzata negli impianti produttivi principalmente per azionamenti pneumatici. L'impianto di compressione dell'aria è composto da due compressori volumetrici (a vite), uno dei quali è sempre attivo e il secondo svolge funzione di back-up o integrazione della domanda di aria compressa in caso di picchi nella domanda.

Per i due compressori vengono monitorati singolarmente i consumi elettrici mentre non è presente un sistema di monitoraggio del quantitativo di aria compressa prodotta.

Non sarà pertanto possibile definire un indicatore di prestazione energetica specifico ma verrà calcolato l'indicatore di prestazione energetica globale definito dal rapporto tra i consumi elettrici e la produzione complessiva dello stabilimento.

Si osserva di seguito l'andamento mensile dei consumi energetici dell'area funzionale e la percentuale di utilizzo dei due compressori presenti, nell'anno di riferimento 2021:



**Grafico 37 - Andamento dei consumi mensili dei compressori di stabilimento e ripartizione percentuale del carico (anno 2021)**

Il compressore che è chiamato a soddisfare la totalità della domanda risulta essere il compressore a vite Kaeser da 160 kW, mentre si osserva che il compressore di back-up (Atlas Copco da 110 kW) è stato chiamato ad integrare la domanda di aria compressa nei soli mesi di febbraio e maggio 2021 mentre nei restanti mesi viene mantenuto in condizione di OFF o stand-by.

Dall'analisi dei consumi del solo compressore Kaeser si osserva in particolare che il consumo elettrico medio mensile è pari a circa 60.000 kWh/mese, corrispondente ad un valore di potenza media assorbita pari a 79 kW.

#### Compressore Kaeser:

- Potenza nominale: 160 kW;
- Consumo annuale (anno 2021): 693.143 kWh/anno
- Consumo medio mensile (anno 2021): 57.562 kWh/mese
- Funzionamento continuo: 8.760 h/anno
- Potenza media mensile: circa 79 kW
- Coefficiente di carico medio: 50% (rispetto a potenza nominale)

La scelta di un compressore a vite a giri variabili è connessa in particolare al fatto che il processo produttivo non necessita di grandi portate di aria compressa e da una richiesta di aria variabile da parte dei processi. Complessivamente, l'area funzionale "Aria compressa" pesa, in relazione ai consumi totali di stabilimento, per circa l'1%.

Risulta però che il coefficiente di carico medio, se si esclude il picco di consumo elettrico di aprile 2021, è nell'intorno del 50 % della potenza nominale del compressore. Nel seguito, tramite opportune ipotesi, si valuteranno i benefici derivanti dall'installazione di una nuova macchina a giri variabili di minore taglia.

Si riporta infine un grafico che mostra l'andamento dei consumi energetici, della produzione complessiva e del valore di indicatore di prestazione globale.

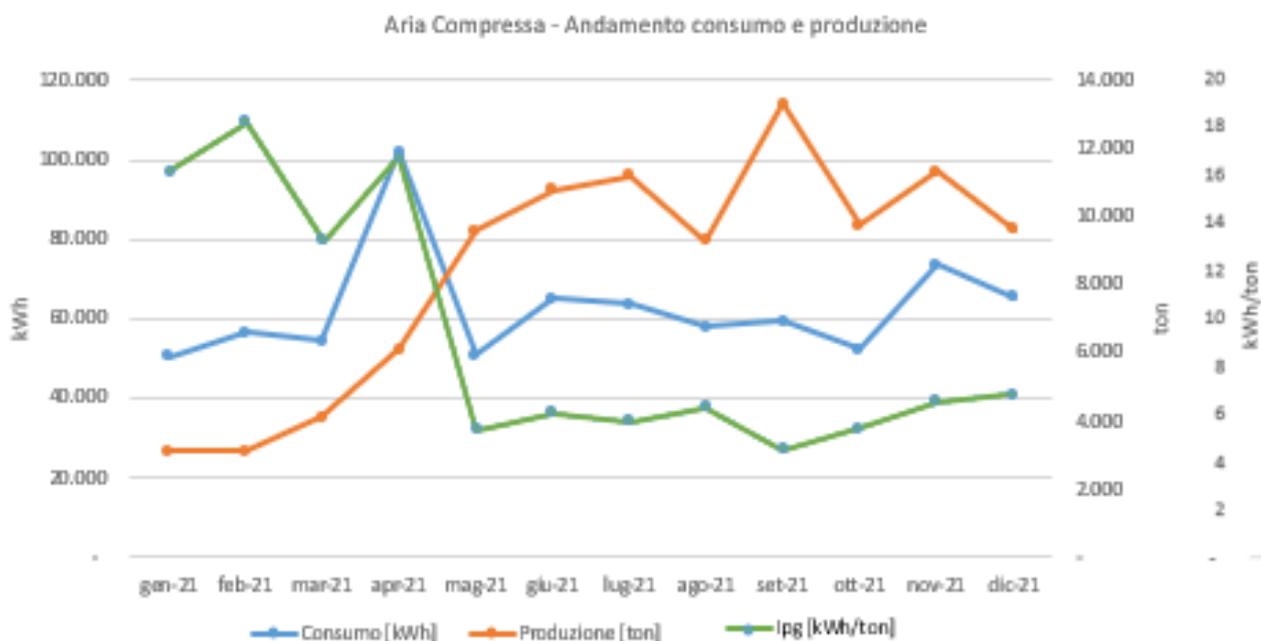


Grafico 38 - Andamento dei consumi elettrici dell'impianto di produzione dell'aria compressa, della produzione totale di stabilimento e dell'indicatore di prestazione globale (2021)

In considerazione del fatto che non è attualmente presente un sistema di monitoraggio per la misura del quantitativo di aria compressa prodotto dall'impianto, si sottolinea che l'installazione di questo tipo di strumentazione rappresenta una forte opportunità di miglioramento in ottica di valutazione delle performance dell'impianto e della valutazione rigorosa dei potenziali di efficientamento energetico dello stesso.

### C.4.3 DEPURAZIONE ACQUE

L'impianto di depurazione acque è composto da una serie di sistemi che utilizzano principalmente energia elettrica per scopi di movimentazione e vapore per il trattamento delle acque di trattamento dell'impianto CLAR. Relativamente al vapore, questo viene prodotto tramite generatori di vapore a partire dalla combustione di gas naturale e idrogeno (o solo gas naturale). Il peso relativo della presente area funzionale sui consumi elettrici di stabilimento è pari a circa lo 0,5%.

Le acque di risulta dagli impianti di depurazione presentano uno scarico dedicato (SF4) in quanto prevedono la misurazione in continuo di determinati parametri fisici e per eventuale correzione del PH prima dello scarico. Tuttavia, non vi è una corrispondenza tra consumi energetici e acqua di scarico a causa di sfasamento temporale tra trattamento e scarico e del fatto che gli scarichi includono quota parte delle acque meteoriche.

Si riporta di seguito un grafico che mostra l'andamento dei consumi energetici, della produzione complessiva e del valore di indicatore di prestazione globale.

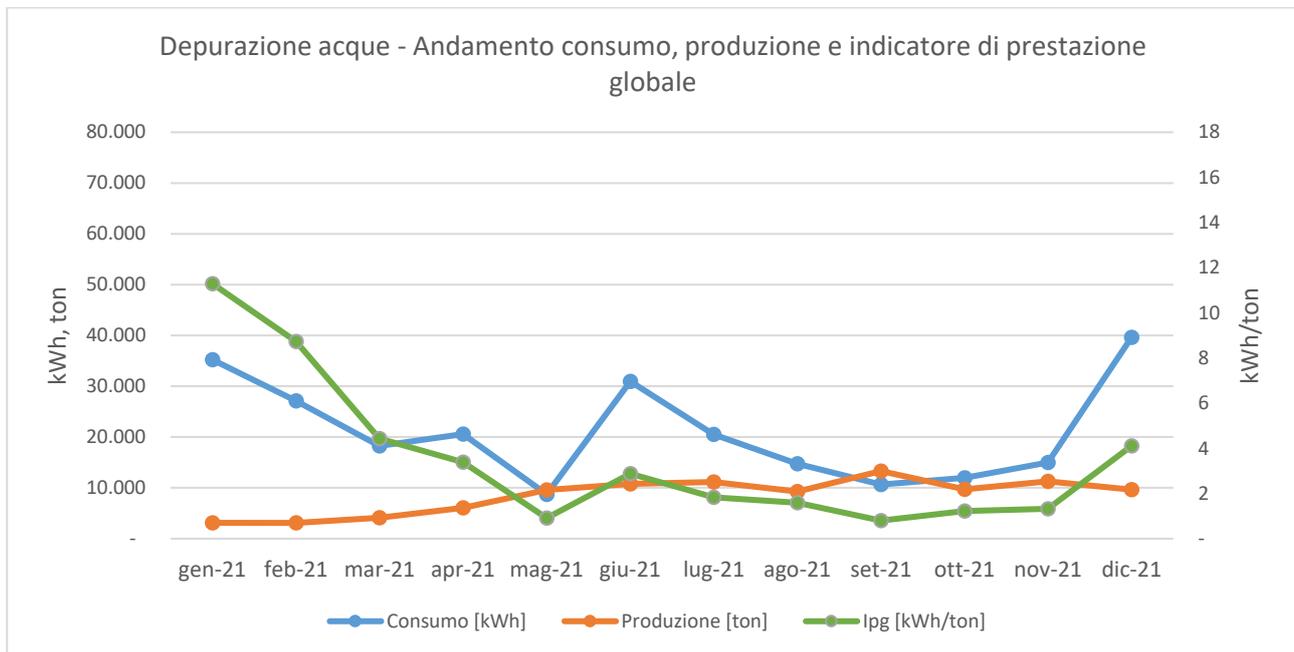


Grafico 39 - Andamento dei consumi elettrici dell'impianto di depurazione acque, della produzione totale di stabilimento e dell'indicatore di prestazione globale (2021)

### C.4.4.4 SERVIZIO IDRICO INTEGRATO

La presente area funzionale accorpa i consumi, puramente elettrici (circa 2% dei consumi complessivi di stabilimento), dei 3 pozzi di emungimento acque di processo e raffreddamento. Della totalità di acqua emunta (circa 1000 mc/h) circa il 5% (50 mc/h) è destinata alla produzione di acqua demineralizzata, la restante quota è utilizzata per scopi di raffreddamento e in minima parte per integrazione acqua di processo (es. cloruro di sodio e potassio).

Lo stabilimento dispone di un sistema di monitoraggio in continuo dei quantitativi di acqua emunti e dei quantitativi inviati allo scarico ed è in grado così, attraverso bilancio idrico, di determinare i quantitativi di acqua destinati alla produzione al lordo delle perdite per evaporazione, ritenute trascurabili.

Si riporta di seguito il sinottico del sistema di monitoraggio menzionato:

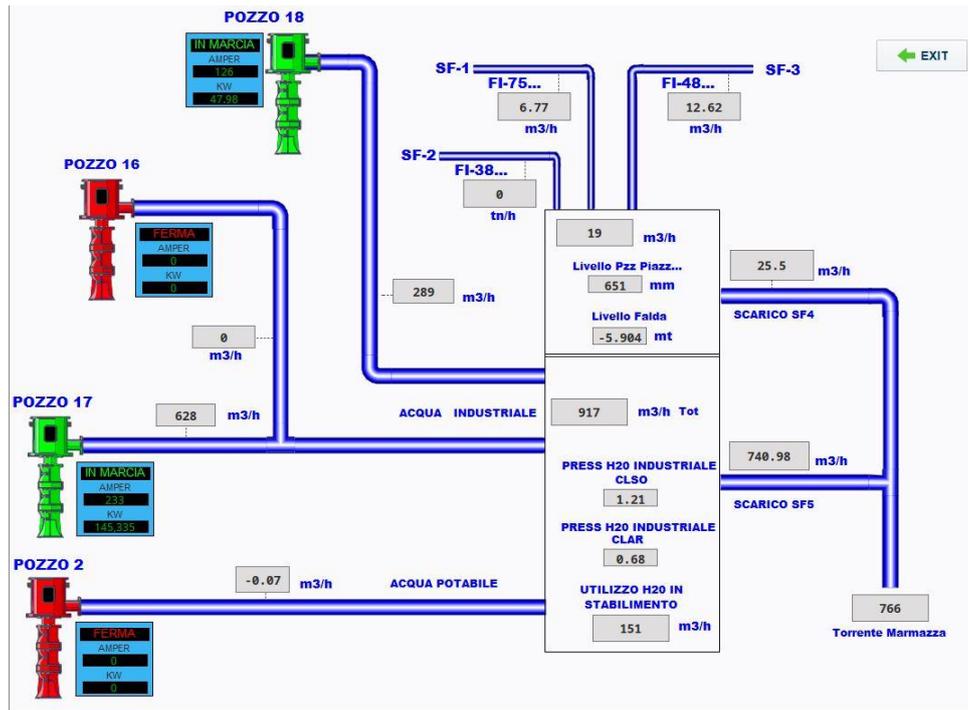


Figura 33 - Sinottico sistema di monitoraggio del "Servizio Idrico integrato"

Nella figura si osservano i pozzi di emungimento attualmente attivi presso lo stabilimento (Pozzo 16, 17 e 18) e il vecchio pozzo acqua potabile ora dismesso (Pozzo 2). Si osserva inoltre che uno dei tre pozzi attivi (pozzo 16) risulta fermo in quanto utilizzato come back-up/emergenza. Oltre a questi, è presente un'ulteriore utenza denominata "pensile", necessaria per garantire la disponibilità di acqua anche in caso di emergenza per alcuni servizi; il consumo elettrico legato a questa utenza è relativa alle pompe di rilancio che mandano l'acqua a un serbatoio di accumulo posto in quota. Gli scarichi idrici destinati al Torrente Marmazza (affluente del Fiume Toce) sono gli scarichi SF4 e SF5, mentre gli scarichi SF1, SF2 e SF3 sono scarichi parziali dell'impianto di depurazione interno che confluiscono allo scarico SF4. Come si nota, il bilancio netto pari a zero tra entrate (pozzi 16, 17 e 18) e uscite (SF4 e SF5) permette di calcolare la voce "Utilizzo H2O in stabilimento" che rappresenta appunto il quantitativo idrico utilizzato presso il sito al lordo delle dispersioni idriche dovute all'evaporazione dell'acqua di raffreddamento.

Si riporta di seguito un grafico che mostra l'andamento mensile dei quantitativi di acqua prelevata e dei quantitativi di acqua di scarico, per singolo pozzo e punto di scarico:

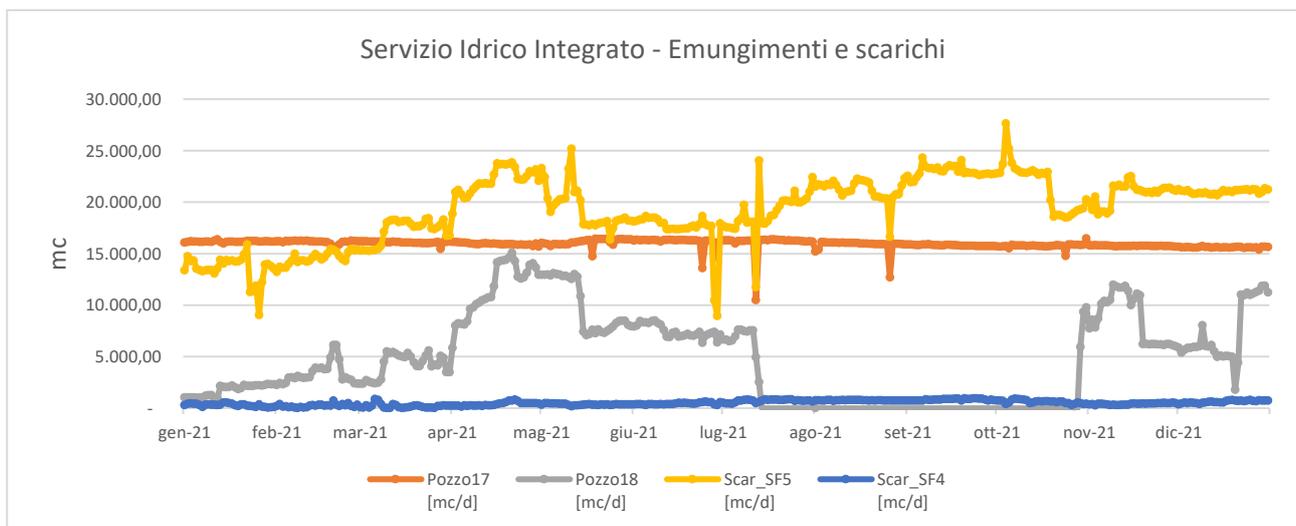


Grafico 40 - Andamento giornaliero dei quantitativi di acqua prelevata e dei quantitativi di acqua allo scarico (2021)

Si specifica innanzitutto che il pozzo 16 non è quasi mai entrato in funzione nel corso del 2021 e pertanto è stato escluso dai dati del grafico.

Dal grafico si osserva che il pozzo 17 presenta un prelievo costante di acqua di pozzo, andando di fatto a costituire il carico base per il prelievo di acqua di pozzo mentre il pozzo 18 presenta una forte variabilità di prelievo, permessa di fatto dalla presenza di inverter sulla pompa; nel periodo che va dal 13 luglio 2021 al 20 ottobre 2021, si osserva invece un emungimento nullo da parte del pozzo 18 a causa di un malfunzionamento dello strumento di misura. Relativamente agli scarichi invece è possibile osservare il forte rapporto tra acque di raffreddamento (linea gialla del grafico, scarico SF5) e lo scarico delle acque di trattamento (linea blu del grafico, scarico SF4).

Un simile andamento si osserva anche in relazione ai consumi energetici delle pompe dei pozzi di emungimento:

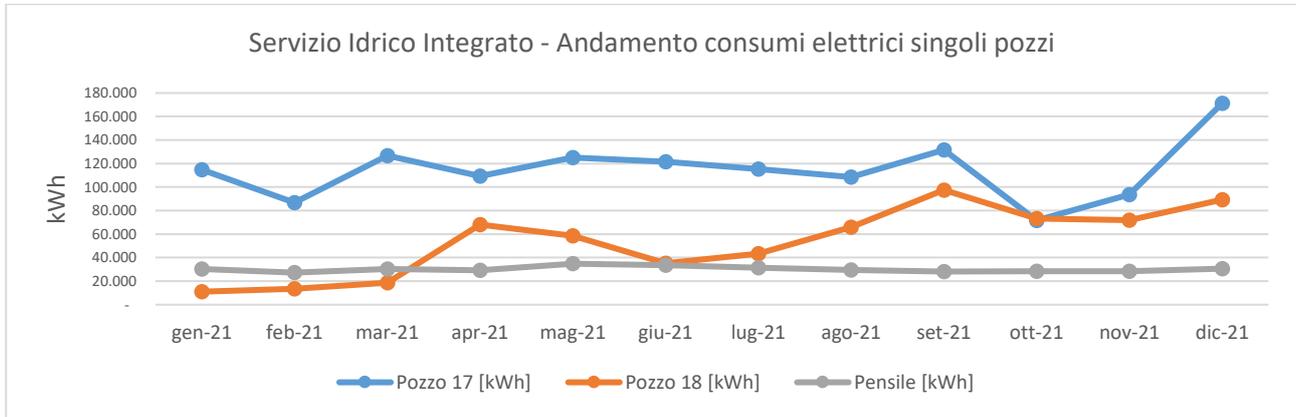


Grafico 41 - Andamento consumi elettrici mensili singoli pozzi (2021)

E dai grafici mensili di confronto consumi-prelievi dei singoli pozzi:

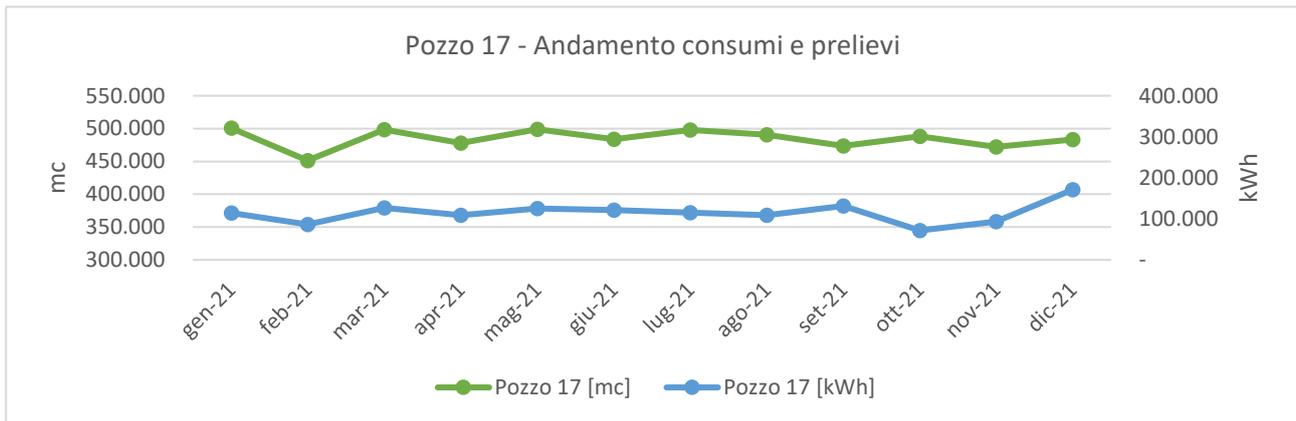


Grafico 42 - Andamento consumi e prelievi pozzo 17 (2021)

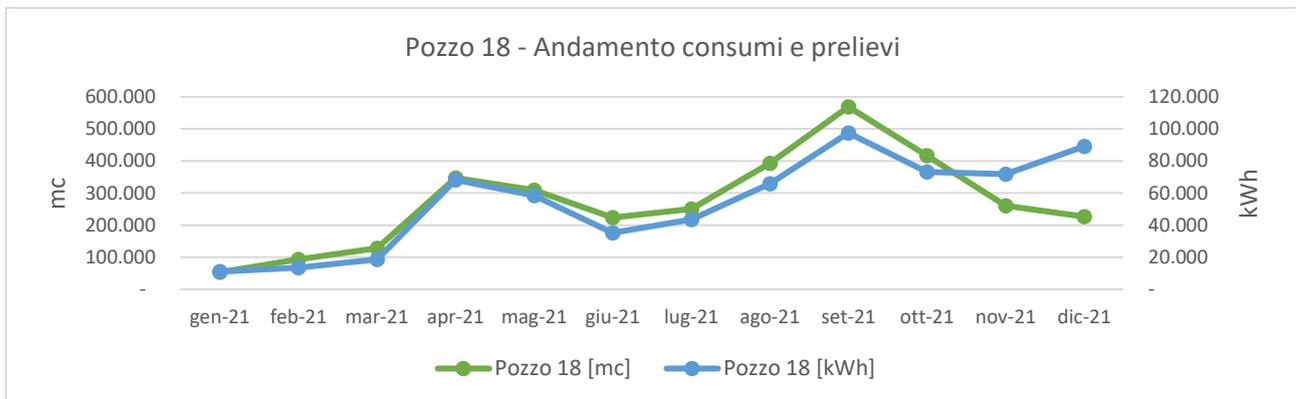


Grafico 43 - Andamento consumi e prelievi pozzo 18 (2021)

Per il calcolo dell'indicatore di prestazione specifico si farà riferimento al quantitativo misurato di acqua prelevata, essendo questa la variabile di funzionamento. In particolare, per il pozzo 18, a causa del malfunzionamento del misuratore di prelievo idrico nel periodo luglio-ottobre 2021, tale valore è stato ricostruito sulla base del consumo specifico registrato nel primo semestre del 2021.

#### C.4.4.5 PESATURA

L'area di pesatura è composta da utenze e attrezzature destinate al monitoraggio dei quantitativi di prodotto finito in uscita dallo stabilimento. Questa area incide per meno dell'0,5% sui consumi complessivi dello stabilimento.

#### C.4.4.6 AUTOPRODUZIONE AZOTO

Il sistema di autoproduzione azoto pesa per circa il 3 % sui consumi totali di stabilimento. I consumi connessi a questo impianto sono quasi interamente imputabili al compressore aria Kaeser da 200 kW utilizzato per la compressione della massa d'aria ambiente utilizzata come "materia prima" per l'estrazione dell'azoto tramite assorbitore rigenerativo.

Si riporta di seguito l'andamento dei consumi mensili e della produzione totale di stabilimento.

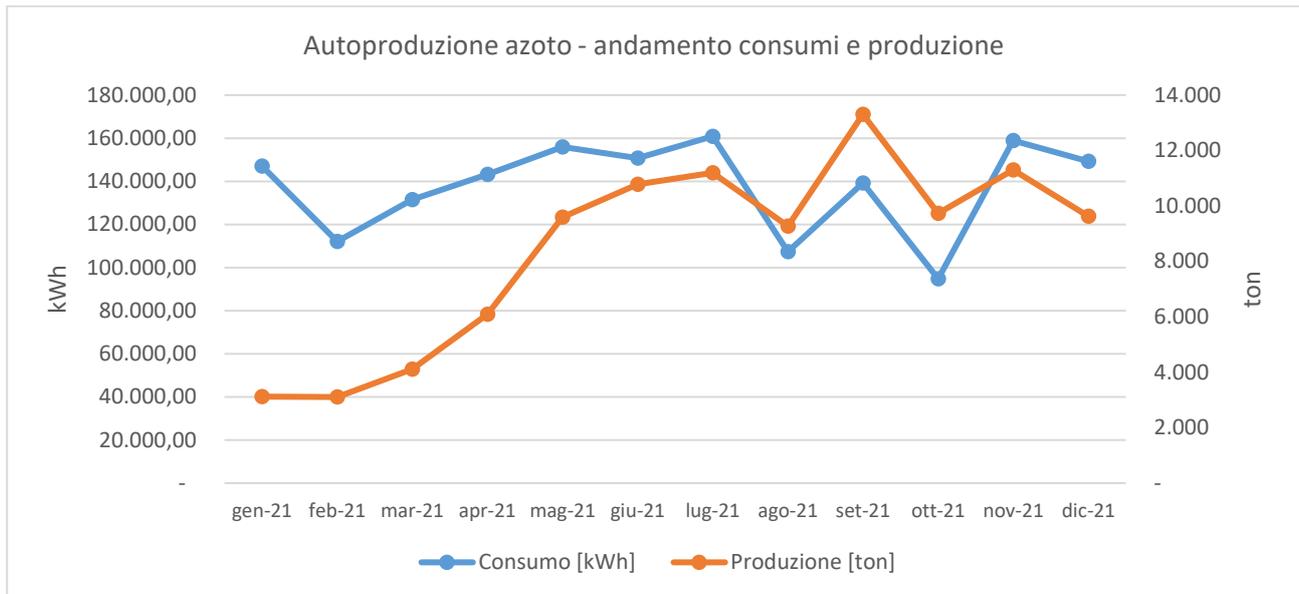


Grafico 44 - Andamento consumi energetici area "Autoproduzione Azoto" e produzione totale di stabilimento (2021)

È inoltre presente un misuratore del quantitativo di azoto prodotto dall'impianto, che verrà utilizzato per il calcolo dell'indicatore specifico di riferimento.

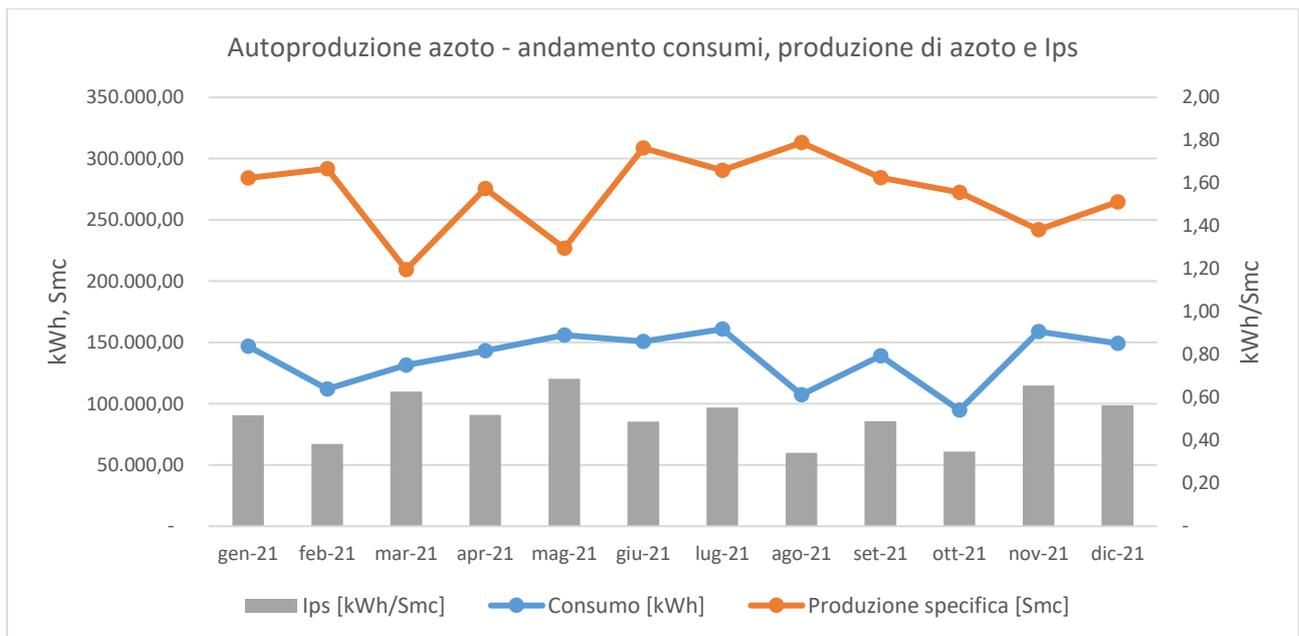


Grafico 45 - Andamento consumi energetici, produzione di azoto e Ips dell'area "Autoproduzione Azoto" (2021)

#### C.4.4.7 AUSILIARI ELETTROLISI

L'area funzionale "ausiliari elettrolisi" non fa riferimento ad un unico impianto ma racchiude i consumi elettrici di utenze afferenti a tre impianti principali:

- gruppi di trattamento cloro (o circuito cloro), composti essenzialmente da tre compressori e liquefattori, oltre alle pompe di circolazione, per il trattamento del cloro gas prodotto dalle celle elettrolitiche e trattamento e invio del cloro trattato ai processi;
- Impianto di produzione ipoclorito di sodio, composto essenzialmente da motori e pompe;
- Piastre elettrolisi cloro-soda e cloro-potassa, composto principalmente da motori elettrici asserviti al funzionamento degli impianti di elettrolisi.

Si riporta di seguito il grafico che mostra l'andamento dei consumi elettrici dell'area e la produzione complessiva di stabilimento.

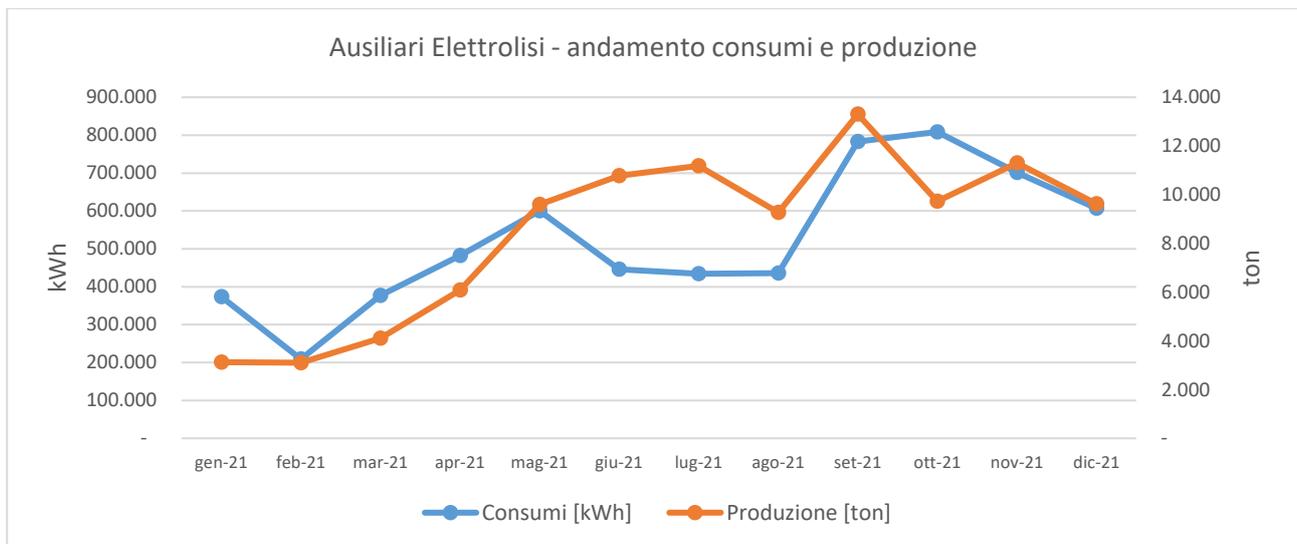


Grafico 46 - Andamento consumo "Ausiliari elettrolisi" e produzione totale di stabilimento (2021)

Nonostante non vi sia una stretta correlazione tra consumi della specifica area funzionale e la produzione complessiva di stabilimento, legata appunto al fatto che i consumi energetici fanno riferimento a specifici impianti, si osserva che l'andamento di entrambe le serie di dati è analogo in ragione dell'avviamento nei mesi di aprile e maggio degli impianti elettrolisi. L'avviamento di tali impianti ha infatti causato un aumento dei consumi dell'area in esame in considerazione del fatto che vengono misurati anche i consumi delle cosiddette "piastre elettrolisi" e contestualmente ha causato un incremento della produzione (idrossido di sodio e potassio, ipoclorito di sodio).

#### C.4.4.8 TERMOCOMBUSTORE

Il termocombustore è un sistema dotato di bruciatore gas naturale per il trattamento dei vapori/gas di risulta dall'impianto CLAR, che devono essere trattati prima dell'immissione in atmosfera. Il trattamento, come suggerisce il nome, consiste nella combustione di questi affluenti tramite l'utilizzo di gas e successivo brusco raffreddamento per prevenire la formazione di inquinanti. Prima dell'abbattimento della temperatura dei fumi è presente un recupero di calore per la produzione di vapore saturo, il cui contributo energetico è contabilizzato nell'area "produzione vapore". Si specifica che non tutto il calore reso disponibile dai fumi viene recuperato per la produzione di vapore saturo a causa del fatto che i fumi ancora a temperature elevate, come anticipato, devono essere raffreddati molto rapidamente per prevenire la formazione di inquinanti indesiderati.

L'impianto termocombustore prevede quindi principalmente l'uso di gas per il processo e in parte minore di energia elettrica; tale area funzionale pesa, in termini di energia primaria, per il 6% circa dei consumi complessivi di stabilimento.

Si riporta di seguito l'andamento mensile dei consumi energetici, suddivisi per fonte e della produzione complessiva.

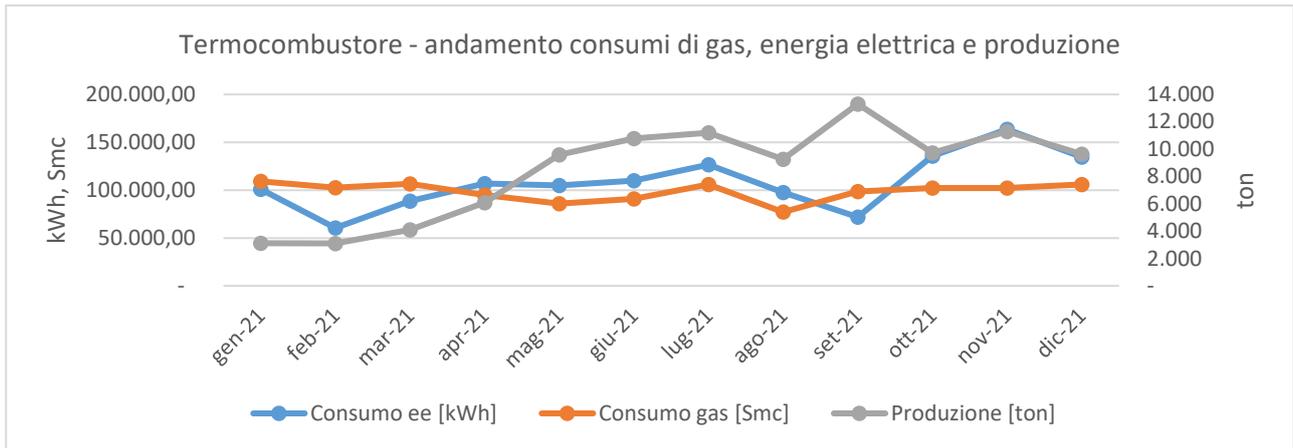


Grafico 47 - Andamento mensile del consumo energetico dell'area termocombustore e della produzione complessiva dello stabilimento (2021)

Si nota dal grafico come il consumo energetico del termocombustore non sia strettamente legato alla produzione complessiva di stabilimento.

#### C.4.5 SERVIZI GENERALI

I servizi generali comprendono una serie di utenze minori quali i consumi delle officine, l'illuminazione, la mensa, i magazzini e la centrale termica.

Si riporta di seguito un grafico con indicazione di tutte le aree di consumo individuate per i servizi generali e del relativo peso % sul totale dei consumi registrati per questa macro-area:

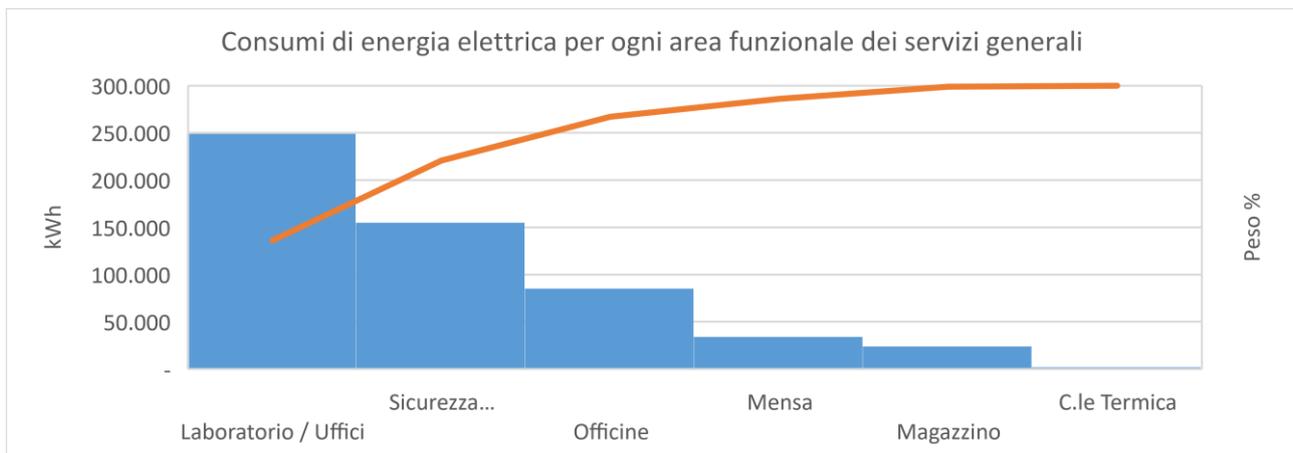


Grafico 48 - Diagramma di Pareto con indicazione del consumo di energia elettrica per le aree funzionali monitorate e relativo peso in termini % dei servizi generali (2021)

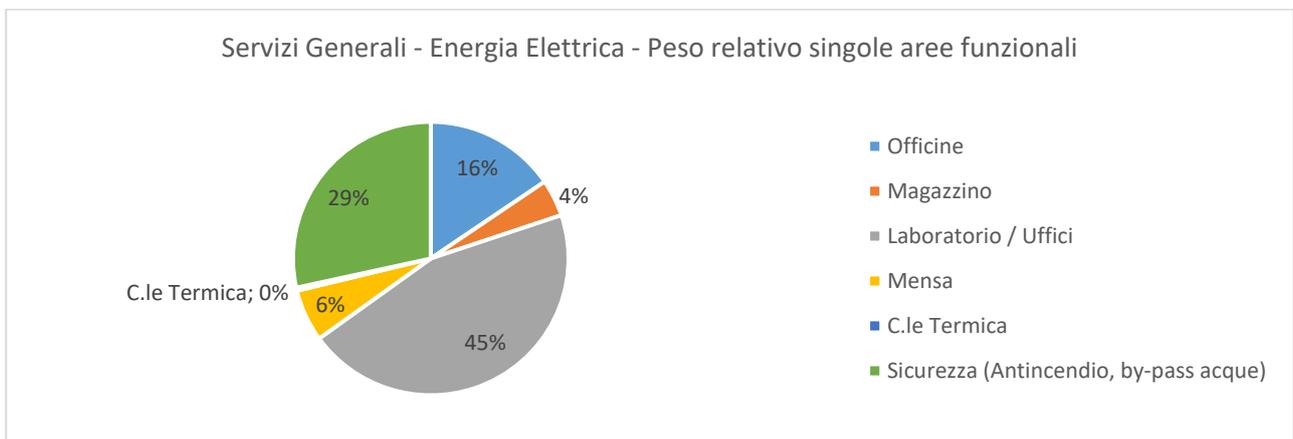


Grafico 49 - Ripartizione consumi di gas naturale [Smc] per le aree funzionali dei servizi generali (2021)

I consumi dei servizi generali sono tutti di natura elettrica; il peso percentuale dei consumi dell'area "servizi generali" rispetto ai consumi totali di stabilimento è inferiore all'1%, pertanto non si ritiene utile approfondire ulteriormente l'analisi.

## D. ANALISI DEGLI INDICI DI PRESTAZIONE

Al fine di identificare i principali centri di inefficienza dello stabilimento su cui concentrare l'attenzione in ottica di ridurre ed efficientare i consumi energetici, è utile effettuare un confronto tra gli indici individuati e analoghi indici presenti in letteratura, studi di settore, IPPC, associazioni di categoria e simili.

Ad eccezione del documento BREF seguente: "Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Chlor-alkali - Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control). Edizione 2014.", da cui è possibile estrapolare solamente il consumo specifico delle celle elettrolitiche per la produzione di Cloro, non si sono trovati riferimenti per indicatori di prestazione per impianti tipo CLAR o ipoclorito di sodio, che sono presenti nello stabilimento Hydrochem di Pieve Vergonte.

### D.1 RIEPILOGO INDICI DI PRESTAZIONE

Nelle tabelle seguenti sono elencati gli indici di prestazione globali e specifici individuati, distinti per vettore.

Livello – Reparto	Consumo Elettrico [kWh]	Produzione specifica [udm]	lpg [kWh/ton]	lps [kWh/udm]
<b>LB – complessivo stabilimento</b>	64.336.949	101.220 ton	635,62	-
<b>LC – Attività principali</b>	47.886.267	-	473,09	-
<b>LC – Servizi Ausiliari</b>	14.885.522	-	147,06	-
<b>LC – Servizi Generali</b>	549.764	-	5,43	-
<b>LD – Elettrolisi NaOH</b>	19.712.920	9.605 ton_100%	194,75	1.995,93
<b>LD – Elettrolisi KOH</b>	21.258.247	14.168 ton_100%	210,02	1.500,44
<b>LD – CLAR</b>	6.915.100	17.622	68,32	392,41
<b>LD – Aria Compresa</b>	751.157	-	7,42	-
<b>LD – Depurazione acque</b>	253.396	173.062 mc	2,50	-
<b>LD – Servizio Idrico Integrato</b>	2.384.654	9.089.606 mc	23,56	0,26
<b>LD - Pesatura</b>	205.935	-	2,03	-
<b>LD – Autoproduzione Azoto</b>	1.650.558	3.263.285 Smc	16,31	0,51
<b>LD – Ausiliari elettrolisi</b>	7.913.550	-	78,18	-
<b>LD – Produzione vapore</b>	424.639,40	147.028 ton_vs	4,20	2,89
<b>LD – Termocombustore</b>	1.301.632,21	17.622 ton_CLAR	12,86	73,86
<b>LD – Officine</b>	85.180,00	-	0,84	-

LD – Magazzino	24.000	-	0,24	-
LD – Laboratori/ uffici	248.420,21	-	2,45	-
LD – Mensa	33.881,94	-	0,33	-
LD – Altri servizi generali	2.003	-	0,02	-
LD - Sicurezza	156.278,40	-	1,54	-

Tabella 41 - Riepilogo lpg e lps, energia elettrica (2021)

Si fa notare che l'ips "LD – Elettrolisi NaOH" qui riportato, differisce rispetto all'analogo valore del file Excel in considerazione dell'eliminazione degli outlier (valori di produzione e consumo del mese di maggio 2021).

Livello – Reparto	Gas Naturale [Smc]	Produzione specifica [udm]	lpg [Smc/Ton]	lps [Smc/udm]
LB – complessivo stabilimento	10.298.401	101.220 ton	101,74	-
LC – Servizi Ausiliari	10.298.401	-	101,74	-
LD – Produzione vapore	9.116.702	147.028 ton_vs	90,07	62,01
LD – Termocombustore	1.181.699	17.622 ton_CLAR	11,67	67,06

Tabella 42 - Riepilogo lpg e lps, gas naturale (2021)

Livello – Reparto	Calore/vapore [MJ]	Produzione specifica [udm]	lpg [MJ/Ton]	lps [MJ/udm]
LB – complessivo stabilimento	26.503.891	101.220 ton	261,84	-
LC – Servizi Ausiliari	26.503.891	-	261,84	-
LD – Produzione vapore	26.503.891	147.028 ton_vs	261,84	180,26

Tabella 43 - Riepilogo lpg e lps, calore sotto forma di vapore (2021)

Livello – Reparto	Idrogeno [Nmc]	Produzione specifica [udm]	lpg [Nmc/Ton]	lps [Nmc/udm]
LB – complessivo stabilimento	2.244.360	101.220 ton	22,17	-
LC – Servizi Ausiliari	2.244.360	-	22,17	-
LD – Produzione vapore	2.244.360	147.028 ton_vs	22,17	15,26

Tabella 44 - Riepilogo lpg e lps, idrogeno (2021)

Si riportano infine in evidenza nella tabella seguente gli indici di prestazione energetica confrontabili con valori di consumo specifico di riferimento disponibili.

Impianto	Indice di prestazione specifico	Indice di prestazione di riferimento
Elettrolisi NaOH	1.955,93 kWh/ton_100%	2.281,21 kWh/ton_100%
Elettrolisi KOH	1.500,44 kWh/ton_100%	1.626,24 kWh/ton_100%
Caldaia BONO	94,7 %	92%

Dove i consumi specifici di riferimento sono derivati come di seguito:

- Elettrolisi NaOH (fonte: “Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Chlor-alkali - Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control). Edizione 2014.”): nel documento è riportato un consumo specifico di riferimento di 2.574,00 kWh/ton<sub>Cl2</sub>. Il consumo specifico sopra riportato è stato riparametrizzato in funzione delle tonnellate di idrossido di sodio prodotto sulla base del rapporto stechiometrico cloro-idrossido di sodio:

consumo specifico di riferimento da studio di settore <sub>Cl2</sub>	2.574 kWh/ton <sub>Cl2</sub>
Rapporto stechiometrico Cl2 - NaOH	1,13
Consumo specifico di riferimento da studio di settore <sub>NaOH</sub>	2.281,21 kWh/ton <sub>NaOH_100%</sub>

- Elettrolisi KOH (fonte: “Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Chlor-alkali - Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control). Edizione 2014.”): nel documento è riportato un consumo specifico di riferimento di 2.574,00 kWh/ton<sub>Cl2</sub>. Il consumo specifico sopra riportato è stato riparametrizzato in funzione delle tonnellate di idrossido di potassio prodotto sulla base del rapporto stechiometrico cloro-idrossido di potassio:

consumo specifico di riferimento da studio di settore <sub>Cl2</sub>	2.574 kWh/ton <sub>Cl2</sub>
Rapporto stechiometrico Cl2 - KOH	1,58
Consumo specifico di riferimento da studio di settore <sub>NaOH</sub>	1.626,24 kWh/ton <sub>KOH_100%</sub>

- Produzione vapore (fonte: nell’Allegato 2.5 alle Guide Operative (GO) emanate dal GSE, relativo agli impianti di produzione di energia termica e frigorifera): valore di consumo specifico di riferimento per aree metanizzate con fluido termovettore di interfaccia con l’utenza vapore o acqua surriscaldata pari al 92%.

## D.2 CONFRONTO INDICI DI PRESTAZIONE

L’analisi di confronto degli indici di prestazione calcolati sulla base del consumo energetico degli impianti e della produzione specifica, nel corso del 2021, evidenzia le migliori prestazioni degli impianti rispetto agli indici di prestazione di riferimento individuati.

Si riporta di seguito l’analisi di confronto degli indici su base mensile:

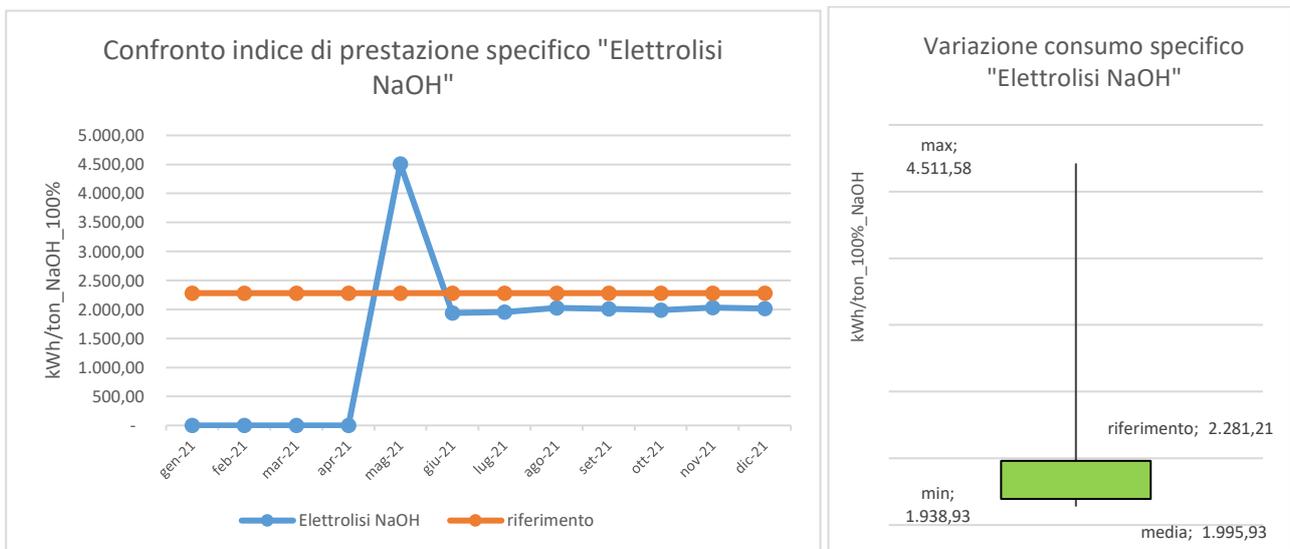


Grafico 50 - Andamento mensile e variazione consumo specifico rispetto a consumo di riferimento, elettrolisi NaOH (2021)

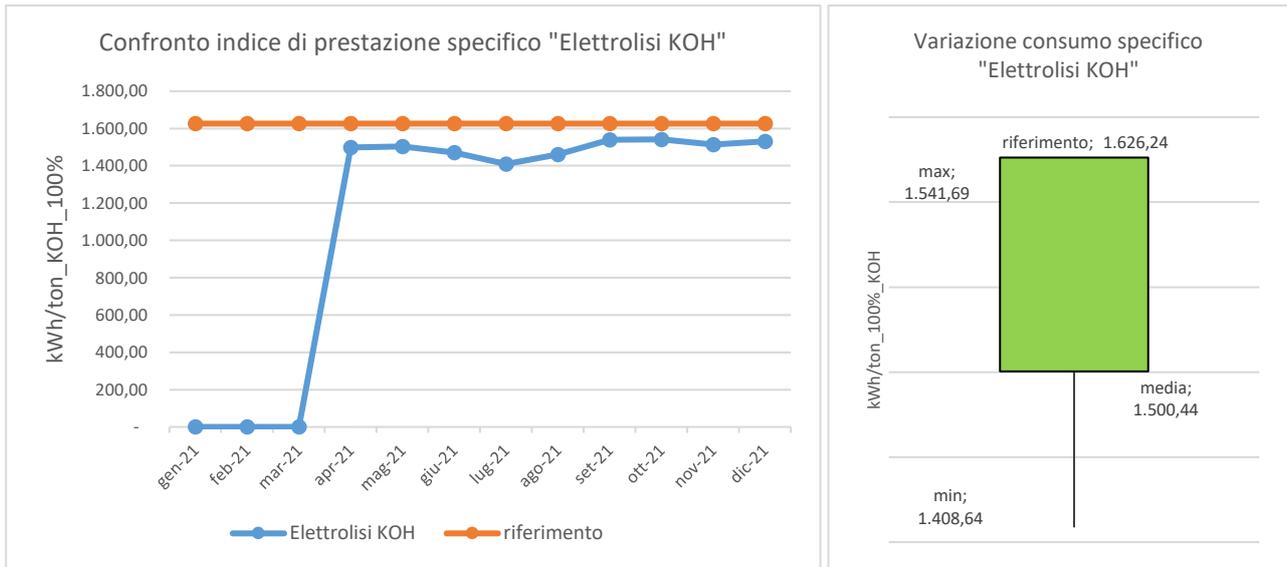


Grafico 51 - Andamento mensile e variazione consumo specifico rispetto a consumo di riferimento, elettrolisi KOH (2021)

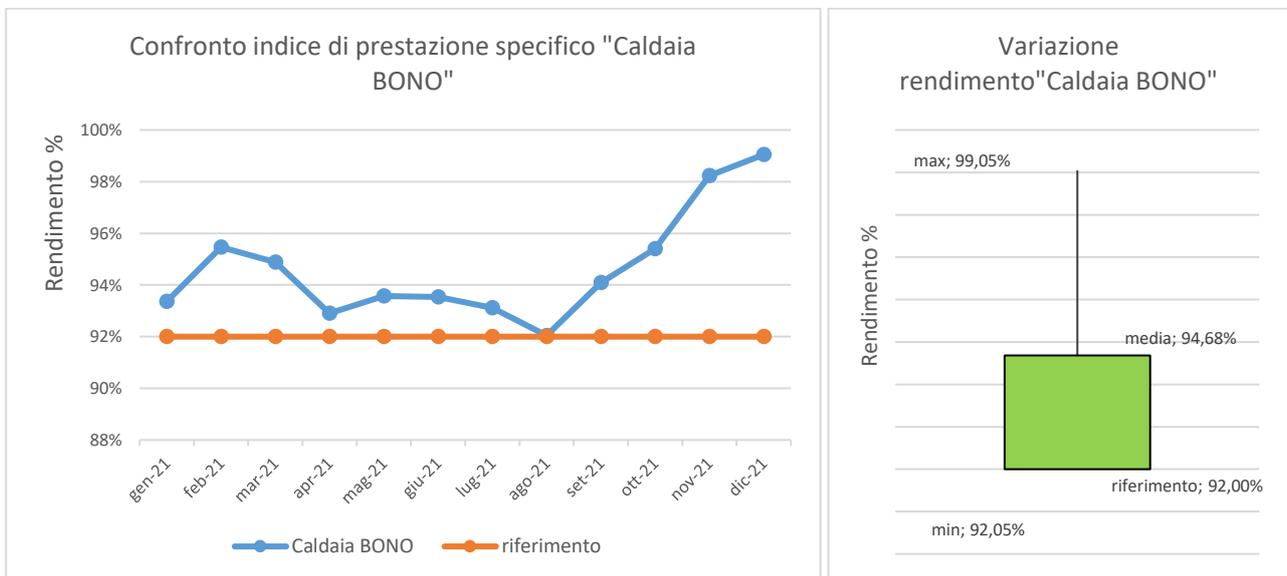


Grafico 52 - Andamento mensile e variazione rendimento rispetto a rendimento di riferimento, caldaia BONO (2021)

## E. INTERVENTI DI EFFICIENTAMENTO ENERGETICO

### E.1 INTERVENTI EFFETTUATI NEL TRIENNIO 2019 - 2021

Durante il triennio 2019 – 2021 lo stabilimento ha subito forti cambiamenti. In questo periodo è stato infatti oggetto di interventi di ammodernamento e ampliamento dei propri impianti e processi, che si sono conclusi nel maggio 2021 con l'avviamento del nuovo impianto elettrolisi cloro-soda.

I principali interventi realizzati nel triennio riguardano la costruzione dei nuovi impianti elettrolisi cloro-soda e cloro-potassa e l'ampliamento della centrale di produzione vapore. Altri interventi minori riguardano la sostituzione spot di punti di illuminazione con nuovi corpi con tecnologia a LED, principalmente in occasione di guasti, e l'implementazione di nuovi sistemi di monitoraggio e razionalizzazione degli esistenti per una maggiore copertura e consapevolezza dei consumi energetici dei propri impianti; per questi interventi minori non esiste una valutazione energetica degli stessi in quanto rappresentano una soluzione "quick-win" e pertanto implementati a prescindere dall'analisi di fattibilità

Si riassumono di seguito gli aspetti principali degli interventi caratterizzanti la fase di ammodernamento e ampliamento dell'impianto, per ognuno dei quali, si sottolinea, sono stati presentati progetti di efficienza energetica per l'accesso al meccanismo incentivante dei certificati bianchi.

#### 1. Nuova costruzione impianto di elettrolisi cloro-soda:

Il progetto ha riguardato la nuova costruzione di un impianto di elettrolisi con tecnologia celle a membrana per la produzione di idrossido di sodio al 32% di concentrazione in peso e di un nuovo impianto di concentrazione a triplice effetto della soluzione di idrossido dal 32% al 50% di concentrazione in peso, indispensabile per la commercializzazione del prodotto.

Nell'ambito di questo intervento, in riferimento al perimetro della sola cella elettrolitica, è stato presentato al Gestore dei Servizi Energetici (GSE) un progetto a consuntivo per l'accesso al meccanismo incentivante dei certificati bianchi, che ha ottenuto l'accoglimento.

Trattandosi di nuovo impianto, la contabilizzazione dei risparmi derivanti dal progetto prevede il confronto con analogo impianto ritenuto di riferimento (analogo impianto che rappresenta lo standard tecnologico per la medesima tipologia di impianto al momento della presentazione della richiesta).

Si riporta di seguito un breve riepilogo degli elementi quantitativi del progetto e dei risparmi previsti.

- Investimento economico (perimetro cella elettrolitica): circa 3M€;
- Programma di misura: sistema di monitoraggio composto da misuratore del consumo elettrico e della produzione (misuratore di portata e di densità della soluzione per il calcolo della concentrazione utile alla riparametrizzazione al 100% di concentrazione in peso del quantitativo prodotto ad uno specifico valore di concentrazione in peso);
- Vita Utile dell'impianto maggiore di 16 anni;
- Risparmio annuo di energia stimato: 776 Tep/y (4.147.500 kWh/y)

In considerazione del fatto che il nuovo impianto è stato avviato nel corso del 2021 e i primi mesi rappresentano una condizione di start-up, la consuntivazione e certificazione dei risparmi avverrà a decorrere dall'anno 2022.

#### 2. Nuova costruzione impianto di elettrolisi cloro-potassa:

Il progetto ha riguardato la nuova costruzione di un impianto di elettrolisi con tecnologia celle a membrana per la produzione di idrossido di potassio al 30% di concentrazione in peso e di un nuovo impianto di concentrazione a triplice effetto della soluzione di idrossido dal 30% al 50% di concentrazione in peso, indispensabile per la commercializzazione del prodotto.

Nell'ambito di questo intervento, in riferimento al perimetro della sola cella elettrolitica, è stato presentato al Gestore dei Servizi Energetici (GSE) un progetto a consuntivo per l'accesso al meccanismo incentivante dei certificati bianchi, che ha ottenuto l'accoglimento.

Trattandosi di nuovo impianto, la contabilizzazione dei risparmi derivanti dal progetto prevede il confronto con analogo impianto ritenuto di riferimento (analogo impianto che rappresenta lo standard tecnologico per la medesima tipologia di impianto al momento della presentazione della richiesta).

Si riporta di seguito un breve riepilogo degli elementi quantitativi del progetto e dei risparmi previsti.

- Investimento economico (perimetro cella elettrolitica): circa 3M€;
- Programma di misura: sistema di monitoraggio composto da misuratore del consumo elettrico e della produzione (misuratore di portata e di densità della soluzione per il calcolo della concentrazione utile alla riparametrizzazione al 100% di concentrazione in peso del quantitativo prodotto ad uno specifico valore di concentrazione in peso);

- Vita Utile dell'impianto maggiore di 16 anni;
- Risparmio annuo di energia stimato: 310 Tep/y (1.660.000 kWh/y).

In considerazione del fatto che il nuovo impianto è stato avviato nel corso del 2021 e i primi mesi rappresentano una condizione di start-up, la consuntivazione e certificazione dei risparmi avverrà a decorrere dall'anno 2022.

### 3. **Installazione di n. 2 nuovi generatori di vapore:**

In previsione di un aumento del fabbisogno di vapore da parte dello stabilimento, dovuto all'installazione di due nuove linee produttive per la produzione rispettivamente di soda caustica (NaOH) e di potassa caustica (KOH) si otterrà un significativo aumento del fabbisogno di vapore dello stabilimento che non sarà più possibile soddisfare esclusivamente con l'attuale generatore di vapore. Alla luce di tale aumento produttivo la società Hydrochem ha deciso di aggiungere due nuovi generatori di vapore a quello esistente che possano soddisfare l'aumento di richiesta di vapore in particolare nei mesi invernali.

Il perimetro del progetto in esame comprende due nuovi generatori di vapore (generatori di vapore Mingazzini, descritti nel precedente paragrafo B.2.2.6; ciascun generatore avrà una potenzialità termica al focolare pari a circa 2,99 MW, una produzione di vapore nominale pari a 4,3 t/h ad una pressione di 20 bar e un rendimento termico nominale pari al 96%.

Nell'ambito di questo intervento, in riferimento al perimetro dei soli generatori di vapore, è stato presentato al Gestore dei Servizi Energetici (GSE) un progetto a consuntivo per l'accesso al meccanismo incentivante dei certificati bianchi, che ha ottenuto l'accoglimento.

Trattandosi di nuovo impianto, la contabilizzazione dei risparmi derivanti dal progetto prevede il confronto con analogo impianto ritenuto di riferimento (analogo impianto che rappresenta lo standard tecnologico per la medesima tipologia di impianto al momento della presentazione della richiesta).

Si riporta di seguito un breve riepilogo degli elementi quantitativi del progetto e dei risparmi previsti.

- Investimento economico: circa 0,5 M€;
- Programma di misura: sistema di monitoraggio composto da misuratore del consumo di gas naturale e della produzione netta di calore (misuratore di portata di vapore, pressione di vapore e temperatura delle condense di alimentazione delle caldaie)
- Vita Utile dell'impianto maggiore di 10 anni;
- Risparmio annuo di energia stimato: 92 tep/y (9.200.000 Mcal/y).

In considerazione del fatto che il nuovo impianto è stato avviato nel corso del 2021 e i primi mesi rappresentano una condizione di start-up, la consuntivazione e certificazione dei risparmi avverrà a decorrere dall'anno 2022.

## E.2 INTERVENTI INDIVIDUATI

Dall'audit energetico effettuato e dal confronto con i tecnici durante i sopralluoghi in stabilimento sono emersi diversi spunti di miglioramento, qualitativi e quantitativi, delle prestazioni energetiche di impianti e/o processi, che vengono valutati di seguito.

Il calcolo dei flussi di cassa attualizzati, calcolati per gli anni di vita utile della tecnologia installata, è stato effettuato considerando i seguenti valori:

- Tasso di attualizzazione: 7%;
- Incremento costi energetici annuali: 2,5%

### E.2.1 RECUPERO DI CALORE PER IL RISCALDAMENTO DELLA SALAMOIA

Presso l'impianto di produzione CLAR è presente un condensatore (C250) utilizzato per la condensazione e raffreddamento degli effluenti gassosi dell'impianto. Il calore disperso dal condensatore può essere utilmente recuperato tramite un fluido termovettore ed essere utilizzato per il pre-riscaldamento della salamoia in mandata alle celle elettrolitiche.

A seconda delle campagne produttive dell'impianto CLAR, e dunque degli specifici prodotti con le relative caratteristiche termodinamiche, è possibile stimare il calore recuperabile al lordo del rendimento di scambio termico con la/le utenza/e finale/i.

Si riporta di seguito uno schema provvisorio dell'intervento e una tabella riassuntiva dei parametri energetici considerati:

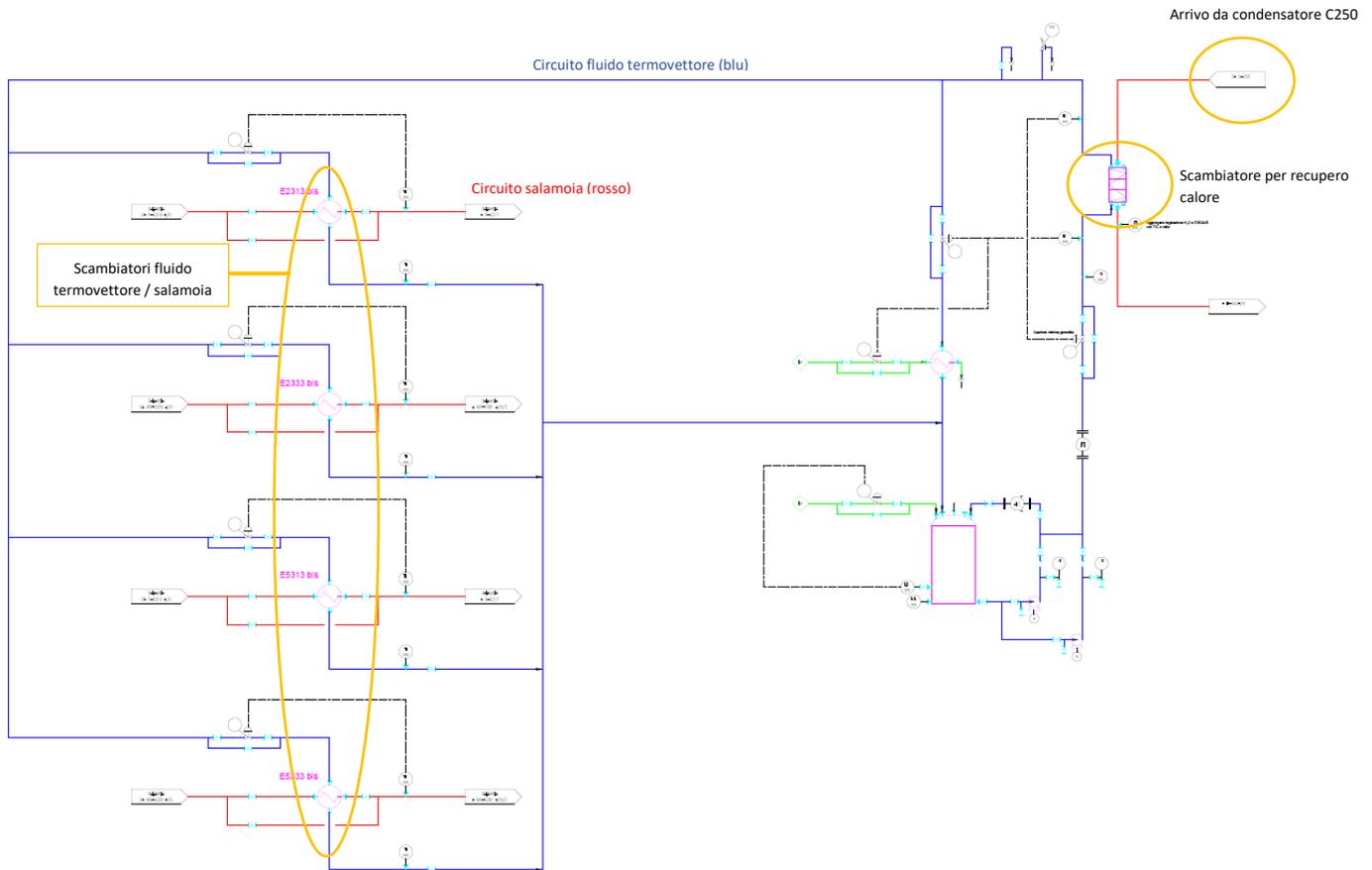


Figura 34 - P&I provvisorio del perimetro dell'intervento di recupero calore dal condensatore C250 per preriscaldamento salamoia

	Clorotolueni (oCT)	Diclorotolueni (DCT 2,4-2,5-2,6)	udm
Portata gas testa C250	19.500	10.500	Kg/h
Temperatura testa C250	158	133,5	°C
Temperatura uscita condensatori	82	31	°C
Pressione testa colonna	0	-835	mbar
$\Delta h_{lv}$	72,63	70,5	kcal/kg @T_testa
Calore specifico liquido	0,4	0,2	kcal/kgK
<b>Calore di vaporizzazione</b>			
	1.416.285	740.250	kcal/h
<b>Calore raffreddamento liquido</b>			
	592.800	215.250	kcal/h
<b>Totale calore di raffreddamento</b>			
	2.009.085	955.500	kcal/h

Tabella 45 - parametri energetici considerati e calcolo dell'energia termica lorda recuperabile, suddivisa per campagne produttive

Considerando la condizione più conservativa, ovvero supponendo di recuperare circa 950 Mcal/h di energia termica, per un numero di ore equivalenti annuo pari a circa 8.000 h, si stima un recupero di energia termica complessivo annuale di  $7,6 \cdot 10^6$  Mcal/anno.

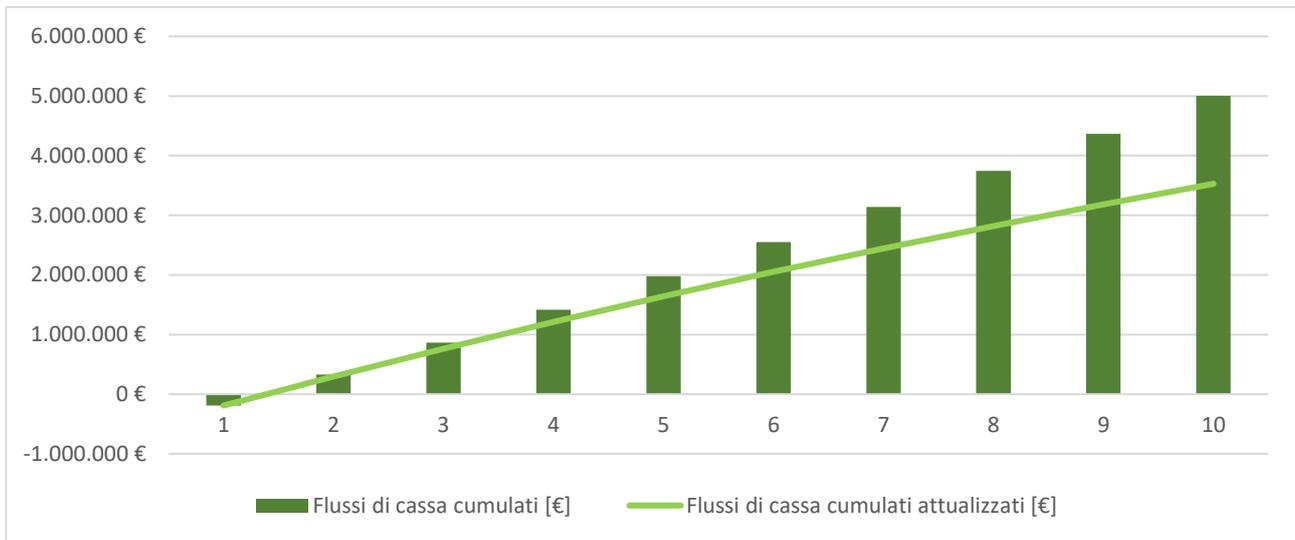
Attualmente, questo calore è fornito dal vapore saturo a circa 16,5 bar(g) prodotto dai generatori di vapore e pertanto l'eventuale intervento di recupero calore comporterebbe un risparmio di gas naturale corrispondente, non considerando in prima approssimazione il rendimento della/e caldaia/e, a circa 900 kSmc/y.

Considerando quindi:

- Risparmio gas stimato: circa 900 kSmc/y;
- Investimento economico: 700.000 €;
- Vita utile dell'impianto: 10 anni;
- Costo di approvvigionamento materia gas naturale: 0,56 €/Smc;

Si riporta di seguito l'analisi economico-finanziaria dell'intervento:

Intervento	Investimento	PBT	TIR	VAN	VAN/I
Recupero calore	700.000 €	1,36	276%	3.297.131 €	4,71



## E.2.2 RELAMPING STABILIMENTO

L'impianto di illuminazione dello stabilimento HydroChem di Pieve Vergonte, ad eccezione delle aree dei nuovi impianti elettrolisi già dotate di tecnologia LED, risulta composto da fari e lampade di differente tecnologia ma con predominanza tecnologie non LED. Nel corso degli anni, infatti, le lampade con tecnologia a ioduri metallici o neon sono state sostituite con nuove lampade LED solo in occasione di guasto.

Per l'audit è stato elaborato il censimento di tutti i corpi illuminanti presenti in stabilimento, con indicazione di tipologia e numero di corpi, della potenza nominale e relativa zona di riferimento dello stabilimento, riportato di seguito:

Zona	Tipologia	Numero	Potenza media [W]
Illuminazione piazzali in Stabilimento	Fari di varia tipologia	75	400 W
Illuminazione piazzali in Stabilimento	Faro LED	45	200 W
CLSO - Gasometro	Plafoniere neon	38	36 W
Cabina Metano	Plafoniere neon	6	36 W
MAGE - Magazzino olio	Plafoniere neon	25	36 W
Laboratorio zona bombole gas tecnici	Plafoniere neon	3	36 W
Locale Batterie stazionarie	Plafoniere neon	4	36 W
CLAR Toluene	Plafoniere neon	197	36 W
CLAR Termodistruttore	Plafoniere neon	32	36 W
CLAR Stripping HCl	Plafoniere neon	55	36 W
CLAR Parco Serbatoi	Plafoniere neon	201	36 W
CLAR HCl Sintesi	Plafoniere neon	14	36 W
CLAR Fotoclorurati R6172	Plafoniere neon	66	36 W
CLAR Fotoclorurati R6102	Plafoniere neon	28	36 W
CLAR Fotoclorurati R6002	Plafoniere neon	56	36 W
CLAR Dealogenazione	Plafoniere neon	25	58 W
CLAR CR8400	Plafoniere neon	58	58 W
CLAR Serbatoio zona cabina C10	Plafoniere neon	4	36 W
CLAR Distillazione estrattiva - piano terra	Plafoniere neon	36	58 W
CLAR Distillazione estrattiva - Quota 6 mt	Plafoniere neon	2	58 W
CLAR Distillazione estrattiva - Quota 3 mt	Plafoniere neon	12	58 W
CLAR Distillazione estrattiva - Quota 8 mt	Plafoniere neon	16	58 W
CLAR Distillazione estrattiva - Parco serbatoi	Plafoniere neon	50	58 W

CLAR Distillazione estrattiva - Colonne	Plafoniere neon	30	58 W
CLSO Piastra KOH	Plafoniere led	54	40 W
CLSO Piastra NAOH	Plafoniere led	72	40 W
CLSO Magazzino sale NAOH	Faro led	12	190 W
CLSO Sala celle / cabina C2 / Osmosi	Plafoniere led	58	40 W
CLSO Sala celle / cabina C2 / Osmosi	Faro led	12	190 W
CLSO Magazzino sale KOH	Faro led	4	190 W
Palazzina Uffici - piano interrato	Plafoniere neon	78	36 W
Palazzina Uffici - Primo piano	Plafoniere neon	136	36 W
Palazzina Uffici - Uffici 2ND Piano	Plafoniere neon	26	36 W
Palazzina Uffici - Laboratorio	Plafoniere neon	40	36 W
Palazzina Uffici - Zona Uffici Eni	Plafoniere neon	146	36 W
Palazzina Uffici - Piano Amministrazione	Plafoniere neon	106	36 W

Tabella 46 - Censimento corpi illuminanti di stabilimento (2021)

Ipotizzando un numero di ore equivalenti anno di:

- 4.400 ore per i corpi illuminanti (fari) dei piazzali;
- 4.400 ore per gli impianti aperti in esterno;
- 8.760 ore per i corpi illuminanti dei magazzini, laboratori etc;
- 2.400 ore per i corpi illuminanti della palazzina uffici.

Ed escludendo dall'analisi i corpi già riconvertiti con tecnologia LED, si stima un consumo energetico, di energia elettrica, annuo per l'illuminazione pari a 363 MWh/anno.

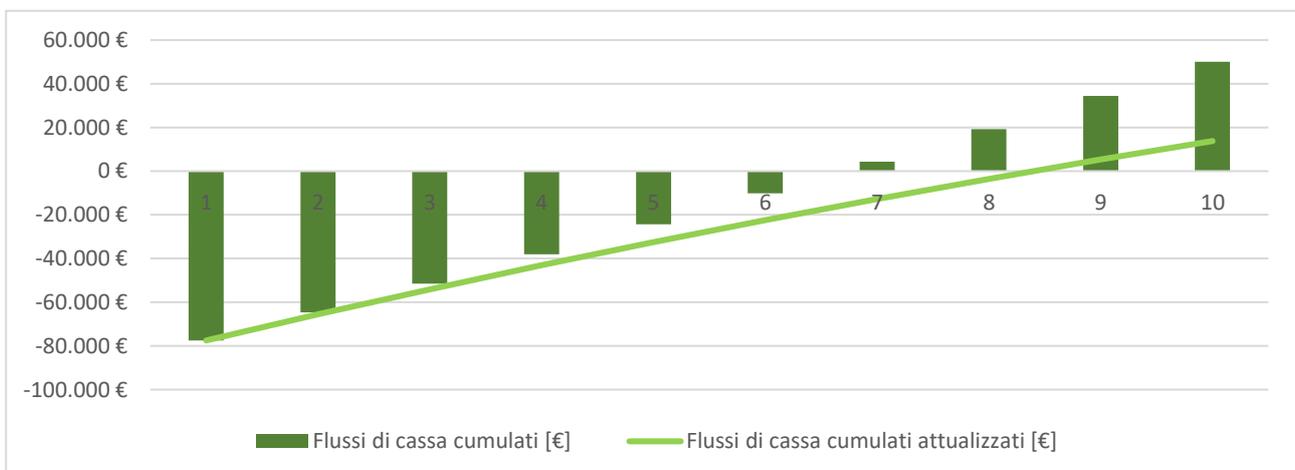
Ipotizzando, in via cautelativa, che tramite l'intervento di relamping LED la potenza media complessivamente impegnata possa ridursi di circa il 50%, si stima un risparmio energetico di circa 181 MWh/anno.

Considerando quindi:

- Risparmio energia elettrica stimato: circa 181 MWh/y;
- Investimento economico: circa 90.000 €;
- Vita utile dell'impianto: 10 anni;
- Costo di approvvigionamento materia energia elettrica: 68,7 €/MWh;

Si riporta di seguito l'analisi economico-finanziaria dell'intervento:

Intervento	Investimento	PBT	TIR	VAN	VAN/I
Relamping LED	90.000 €	6,7	11%	12.882 €	0,14



### E.2.3 MONITORAGGIO E GESTIONE EFFICIENTE PRODUZIONE E DISTRIBUZIONE ARIA COMPRESSA

Attualmente la sala compressori è monitorata solamente per ciò che riguarda i consumi elettrici ma non per quanto riguarda la quantità d'aria compressa prodotta. Al fine di poter migliorare la conoscenza dei consumi energetici per singola macchina, e anche al fine di poter presentare richiesta di riconoscimento dei Certificati Bianchi per progetti di efficienza energetica in caso di futura sostituzione di singoli compressori, si consiglia, ove possibile dal punto di vista tecnico, l'installazione di un dispositivo di misura per singola macchina che permetta di monitorare i Nmc d'aria generata associato a un elaboratore/registratore al fine di tenere traccia dei dati con frequenza almeno giornaliera (o superiore). La definizione di un Indice di Prestazione Specifico, basato sulla misura dei consumi elettrici e della porta d'aria normalizzata, risulta da preferire e sicuramente più affidabile rispetto alla costruzione di valori di consumo specifico stimati su dati di targa (che sono definiti in condizioni di laboratorio, che si discostano dalle condizioni reali d'esercizio degli impianti). Tale intervento, associato all'implementazione di un sistema di gestione dell'energia, permette di approfondire e analizzare i dati registrati, al fine di individuare azioni di miglioramento energetico, quali ad esempio la sostituzione di compressori con modelli più efficienti dal punto di vista energetico o meglio confacenti rispetto alle esigenze produttive, comportando un risparmio energetico in una forchetta dal 10 al 40%.

Si fa inoltre presente che, solamente in questo modo, si potrebbe avere la possibilità di accedere al meccanismo dei Certificati Bianchi, nel momento in cui la società dovesse decidere di sostituire uno o più compressori. Si precisa però che risulta necessario, secondo la normativa vigente, che la baseline da proporre per il progetto venga costruita sulla base di un periodo di monitoraggio pari ad almeno 12 mesi antecedenti la realizzazione dell'intervento con frequenza di rilevazione almeno giornaliera; salvo dimostrare che un periodo inferiore sia rappresentativo della configurazione ex-ante.

Inoltre, Le reti di distribuzione dell'aria compressa, come noto, sono continuamente soggette a usura e danneggiamenti, anche minori, che possono però comportare delle importanti inefficienze energetiche. Si consiglia quindi di pianificare le attività propedeutiche all'eliminazione di eventuali perdite d'aria compressa lungo l'intera rete di distribuzione dello stabilimento.

L'attività di ricerca può essere svolta con l'ausilio di un tecnico dotato di strumentazione idonea atta a rilevare le onde sonore associabili alla fuoriuscita di aria compressa lungo la rete. Tutti i punti oggetto di perdita verranno messi in evidenza e catalogati in funzione dell'entità sonora della registrazione. Solitamente i punti identificati sono classificati, in base alla priorità intervento in: Alta, media, lieve. In contesti industriali come quello in oggetto, si possono anche individuare oltre 100 punti di perdita. L'intervento, quindi, prevede la bonifica delle perdite individuate, almeno dei primi 50 punti, con conseguente risparmio ottenibile in una forchetta dal 5 al 15% dei consumi attribuibili alla fase di generazione dell'aria compressa, in quanto si registrerebbe un calo della portata richiesta. Tale intervento però, andrebbe ripetuto almeno con frequenza annuale, per tenere monitorato lo stato delle reti.

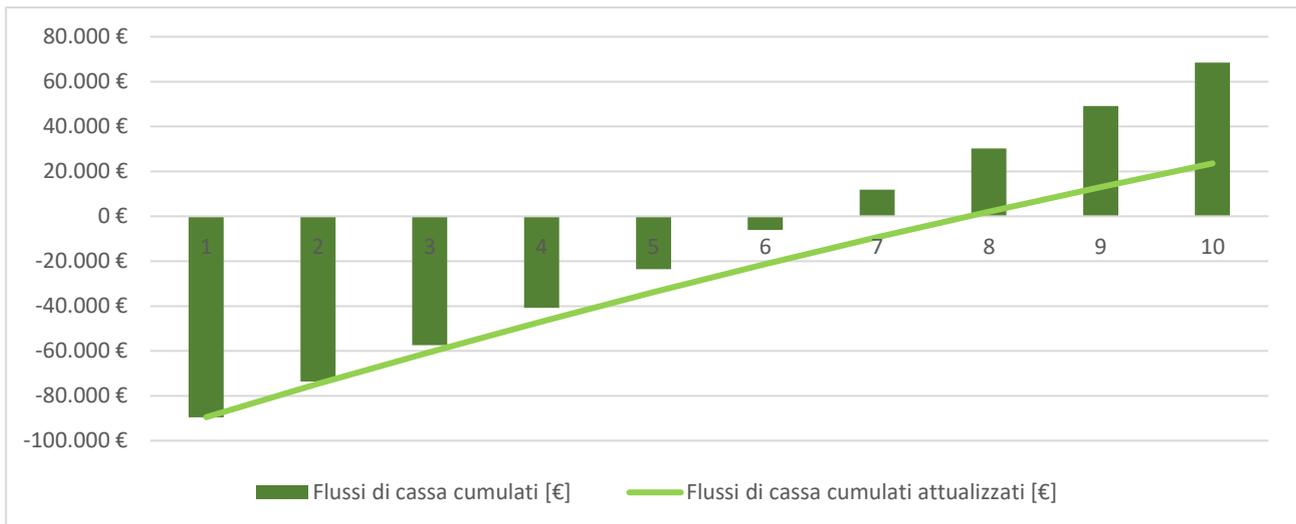
Al fine di valutare i potenziali risparmi connessi a questi interventi, si è stimato in prima approssimazione di poter ridurre di circa il 30% il consumo energetico connesso alla generazione e distribuzione dell'aria compressa necessaria al processo produttivo (ci si è posti nella condizione mediana delle forchette di risparmio ipotizzate per le due tipologie di intervento) tramite l'installazione di un compressore maggiormente efficiente (risparmio medio del 20%) e alla razionalizzazione della distribuzione (risparmio medio del 10%).

Considerato quindi:

- Consumo annuo 2021 area funzionale aria compressa: 763 MWh/y;
- Risparmio energia elettrica stimato (30%): 229 MWh/y;
- Investimento economico: circa 105.000 €;
- Vita utile dell'impianto: 10 anni;
- Costo di approvvigionamento materia energia elettrica: 68,7 €/MWh;

Si riporta di seguito l'analisi economico-finanziaria dell'intervento:

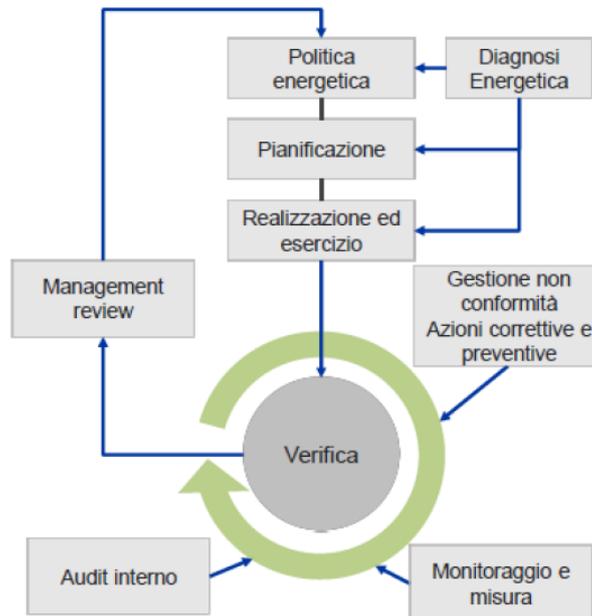
Intervento	Investimento	PBT	TIR	VAN	VAN/I
Efficientamento aria compressa	105.000 €	6,3	13%	22.028,45 €	0,21



#### E.2.4 IMPLEMENTAZIONE SISTEMA DI GESTIONE DELL'ENERGIA

In un contesto industriale altamente energivoro, come quello oggetto della presente diagnosi, sarebbe buona pratica implementare un Sistema di Gestione dell'Energia (SGE), coerente con la norma internazionale UNI CEI EN ISO 50001, che specifica requisiti e le linee guida per un SGE.

Nella Figura seguente è riportato il modello del sistema di Energy Management previsto dalla norma. Alla base di esso vi è l'elaborazione di una politica energetica, che consiste nell'identificazione dello stato di fatto e degli obiettivi di miglioramento. Segue una pianificazione delle attività e una loro applicazione, eventualmente su scala ridotta. Una volta verificati gli esiti delle azioni di miglioramento, la pianificazione viene rivista, con lo scopo di migliorare continuamente le prestazioni energetiche dell'azienda.



Per predisporre il Sistema di Gestione dell'Energia e ottenere la certificazione ISO 50001 i passi da compiere sono i seguenti:

- Individuare l'ambito di applicazione;
- preparare la Diagnosi Energetica per l'ambito individuato;
- Definire la propria Politica Energetica;
- Individuare i requisiti di normativa vigente inerenti uso/consumo/efficienza energetica;
- Stabilire obiettivi e traguardi energetici;

- Definire la struttura organizzativa necessaria ai fini del SGE, e in particolare individuare un “gruppo di gestione dell’energia”;
- Predisporre procedure scritte per: l’identificazione degli usi significativi dell’energia, la determinazione di indicatori di prestazione energetica e delle opportunità di miglioramento, come pure la introduzione della necessità della normalizzazione alle variabili energetiche rilevanti, la determinazione di obiettivi/traguardi energetici, la gestione della documentazione del SGE, le specifiche di acquisto per l’energia;
- Attuare e registrare le attività di monitoraggio delle caratteristiche chiave di prestazione energetica;
- Verificare la conformità alle normative vigenti, alla norma ISO 50001, alle procedure di lavoro stabilite, e agli obiettivi/traguardi pianificati (audit interni);
- Verificare l’efficacia del SGE (riesame), definendo azioni finalizzate al miglioramento continuo delle prestazioni energetiche.

La nuova versione 2018 della norma ISO 50001 ribadisce la necessità di dimostrare il miglioramento continuo della prestazione energetica da parte delle organizzazioni.

Il certificato di conformità del SGE alla norma ISO 50001 viene rilasciato da parte di un organismo accreditato, terzo e indipendente (organismo di certificazione), che effettua a tale scopo, due verifiche successive presso la sede dell’organizzazione (denominate “Stage 1” e “Stage 2”), con l’obiettivo di individuare eventuali discrepanze del SGE implementato rispetto la norma ISO 50001.

All’esito positivo delle attività di verifica, e dopo riesame da parte di un Comitato tecnico indipendente, viene rilasciata la documentazione di certificazione, con validità triennale (rinnovabile), subordinata a visite periodiche di sorveglianza (generalmente di frequenza annuale).

I vantaggi derivanti dall’adozione di tale modello sono i seguenti:

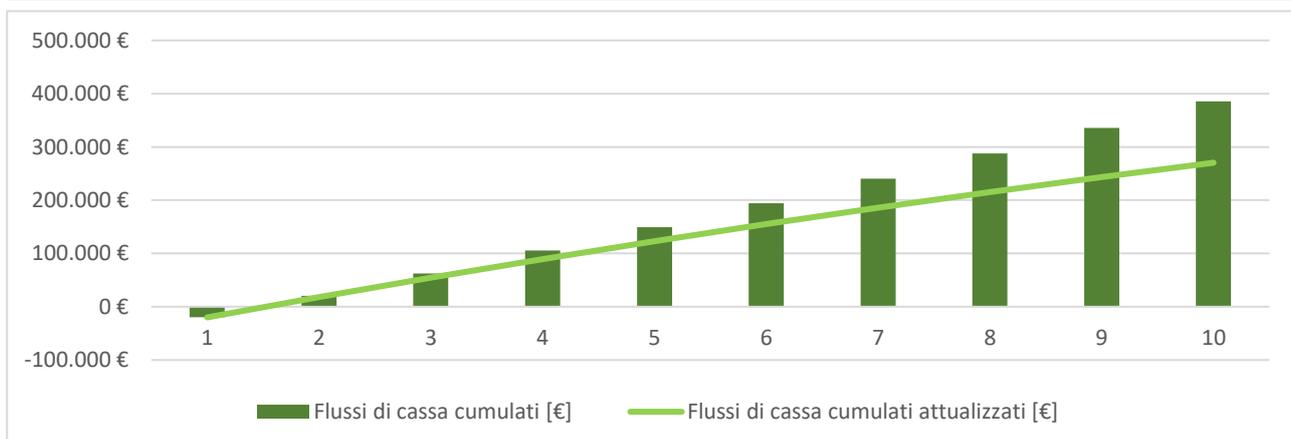
- Risultati migliori e verificabili per i progetti di riqualificazione e miglioramento energetico;
- Riduzione continua dei consumi energetici e dei costi di approvvigionamento;
- Comunicazione più efficace interna, verso il mercato e verso i clienti dei risultati raggiunti;
- Un Sistema di Gestione dell’Energia (SGE) permette di conseguire in modo sistematico il miglioramento continuo delle prestazioni energetiche.

I risparmi energetici ed economici derivanti dall’adozione di un sistema di gestione dell’energia si possono quantificare attorno allo 0,4% annuo del consumo complessivo dello stabilimento. È certo che i benefici derivanti dall’implementazione di un SGE sono molteplici in termini di risparmio energetico e diffusione di una cultura dell’efficienza all’interno dell’azienda, non solo in relazione alle risorse strettamente impiegate nell’ambito dell’energia, a tutto beneficio della performance energetica complessiva dello stabilimento.

Nella tabella seguente sono riportati i risultati della valutazione economica dell’intervento proposto. Il valore economico dell’investimento è stato stimato in via preliminare sulla base delle informazioni raccolte durante la diagnosi e sull’esperienza di chi ha redatto la diagnosi energetica. Il valore dell’investimento iniziale è stato stimato ipotizzando il costo di consulenti tecnici per il cliente, della verifica in situ dell’organismo di certificazione e il costo del personale di stabilimento costituente l’energy team.

Si riporta di seguito l’analisi economico-finanziaria dell’intervento:

Intervento	Investimento	PBT	TIR	VAN	VAN/I
Sistema di Gestione ISO 50001	20.000 €	1,49	206%	252.710 €	12,64



### E.2.5 RIEPILOGO INTERVENTI INDIVIDUATI

Di seguito si riporta un riepilogo degli interventi migliorativi individuati, ordinati secondo il rapporto VAN/I e mettendo in evidenza, per ogni intervento individuato, il costo di investimento, il tempo di ritorno semplice dell'investimento, il tasso interno di rendimento e il valore netto attualizzato (VAN).

Intervento	Investimento	PBT	TIR	VAN	VAN/I
Sistema di Gestione ISO 50001	20.000 €	1,49	206%	252.710 €	12,64
Recupero calore	700.000 €	1,36	276%	3.297.131 €	4,71
Efficientamento aria compressa	105.000 €	6,3	13%	22.028,45 €	0,21
Relamping LED	90.000 €	6,7	11%	12.882 €	0,14

## F. INDICI

### F.1 INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 - Immagine satellitare dello stabilimento HydroChem Italia s.r.l. di Pieve Vergonte .....	6
Figura 2 - Planimetria dello stabilimento HydroChem Italia di Pieve Vergonte .....	6
Figura 3 - Diagramma di flusso semplificato per materie prime e prodotti del processo produttivo dello stabilimento di HydroChem Italia di Pieve Vergonte, anno 2021.....	8
Figura 4 - Flow Chart per lo stabilimento HydroChem Italia S.r.l. (2021) .....	12
Figura 5 - Raffigurazione processo elettrolisi cloro-soda e cloro-potassa .....	14
Figura 6 - Schema elettrolizzatore a membrana.....	14
Figura 7 - Schema e fotografia singola cella dell'elettrolizzatore .....	15
Figura 8 - Immagini fotografiche degli elettrolizzatori cloro soda e cloro potassa, in cui si osservano le singole celle poste in serie con i relativi tubi di alimentazione cloruri e scarico prodotti .....	15
Figura 9 - Circuito Salamoia KCl, NaCl per impianti elettrolisi soda e potassa .....	16
Figura 10 - Circuito potassa e soda caustica per impianti elettrolisi soda e potassa.....	17
Figura 11 - Impianto di concentrazione potassa caustica (riquadro rosso) e trattamento cloruro di potassio (riquadro verde) - Analogo impianto per processo soda .....	18
Figura 12 – Schema a blocchi processo elettrolisi cloro-soda e cloro-potassa.....	19
Figura 13 - Parziale dell'impianto Ipoclorito (riquadro rosso mostra una colonna di reazione, in verde i serbatoi diluizione) .....	20
Figura 14 – Schema a blocchi processo ipoclorito di sodio .....	20
Figura 15 - Impianto CLAR, sezione di fotoclorurazione.....	26
Figura 16 - Impianto CLAR, sezione di dealogenazione .....	26
Figura 17 - Immagine fotografica impianto CLAR (semplificando, riquadro rosso è relativo a sezioni di "trattamento" es. fasi di clorurazione ed evaporazione, mentre riquadro verde relativo a sezione produttiva es. fasi di distillazione e cristallizzazione).....	27
Figura 18 - Schema a blocchi processo COX .....	29
Figura 19 – Schema a blocchi processo Acido Cloridrico.....	31
Figura 20 - Impianto HCl di sintesi, nel riquadro rosso è possibile osservare la colonna di reazione .....	31
Figura 21 - Immagine satellitare vasche di raccolta acque da trattare.....	32
Figura 22 - Vasca pre-trattamento acque CLAR post-trattamento acque CLAR .....	33
Figura 23 - Vasca .....	33
Figura 24 - Locale autoproduzione azoto (riquadro rosso: assorbitore rigenerativo; riquadro verde: compressore aria) .....	34
Figura 25 - Termocombustore per il trattamento delle emissioni dell'impianto CLAR (riquadro rosso: termocombustore, riquadro verde: recuperatore di calore per la produzione di vapore) .....	34
Figura 26 - Caldaia Bono (riquadro verde: economizzatori; riquadro rosso: caldaia con bruciatore bi-fuel, iniettori gas-idrogeno alternati).....	35
Figura 27 - Caldaie Mingazzini .....	35

Figura 28 - Impianto osmosi per la produzione di acqua demineralizzata a servizio di diversi processi, tra cui processo di elettrolisi .....	36
Figura 29 - Gruppi di compressione Cloro .....	37
Figura 30 - Schema energetico per il vettore i-esimo .....	44
Figura 31 - Flow Chart con evidenziate le aree di consumo per il vettore energia elettrica e relativa produzione globale/specifica (2021).....	46
Figura 32 - Flow Chart con evidenziate le aree di consumo per il vettore gas naturale e relativa produzione globale/specifica (2021).....	50
Figura 33 - Sinottico sistema di monitoraggio del "Servizio Idrico integrato" .....	73
Figura 34 - P&I provvisorio del perimetro dell'intervento di recupero calore dal condensatore C250 per preriscaldamento salamoia .....	84

## F.2 INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 - Dati sintetici HydroChem (2021) .....	5
Tabella 2 - Unità di misura utilizzate.....	5
Tabella 3 - Fattori di conversione .....	5
Tabella 4 - Materie prime in ingresso ai processi produttivi 2021 (Database monitoraggio AIA) .....	7
Tabella 5 - Idrogeno semilavorato in ingresso ai processi (2021).....	7
Tabella 6 - Produzione lorda anno 2021 (Database monitoraggio AIA) .....	9
Tabella 7 - Produzione netta anno 2021.....	9
Tabella 8 - Aree funzionali del processo produttivo e dello stabilimento .....	11
Tabella 9 - Parco macchine sala compressori 2021 .....	32
Tabella 10 - Compressore aria per autoproduzione azoto .....	34
Tabella 11 - Elenco utenze termiche per la produzione di vapore .....	35
Tabella 12 - Censimento 2021 corpi illuminanti stabilimento .....	38
Tabella 13 - PDC officine .....	38
Tabella 14 - PDC magazzini .....	39
Tabella 15 – PDC mensa.....	39
Tabella 16 – PDC laboratori e uffici .....	40
Tabella 17 - Caratteristiche della fornitura.....	41
Tabella 18 - Caratteristiche misuratori Energia Elettrica con indicazione di marca, modello e matricola per ogni area funzionale .....	42
Tabella 19 - Caratteristiche misuratori Gas Naturale con indicazione di marca, modello e matricola per ogni utenza misurata.....	42
Tabella 20 - Caratteristiche misuratori di vapore saturo con indicazione di marca, modello e matricola per ogni utenza misurata.....	42
Tabella 21 - Caratteristiche misuratori di idrogeno con indicazione di marca, modello e matricola per ogni utenza misurata.....	42

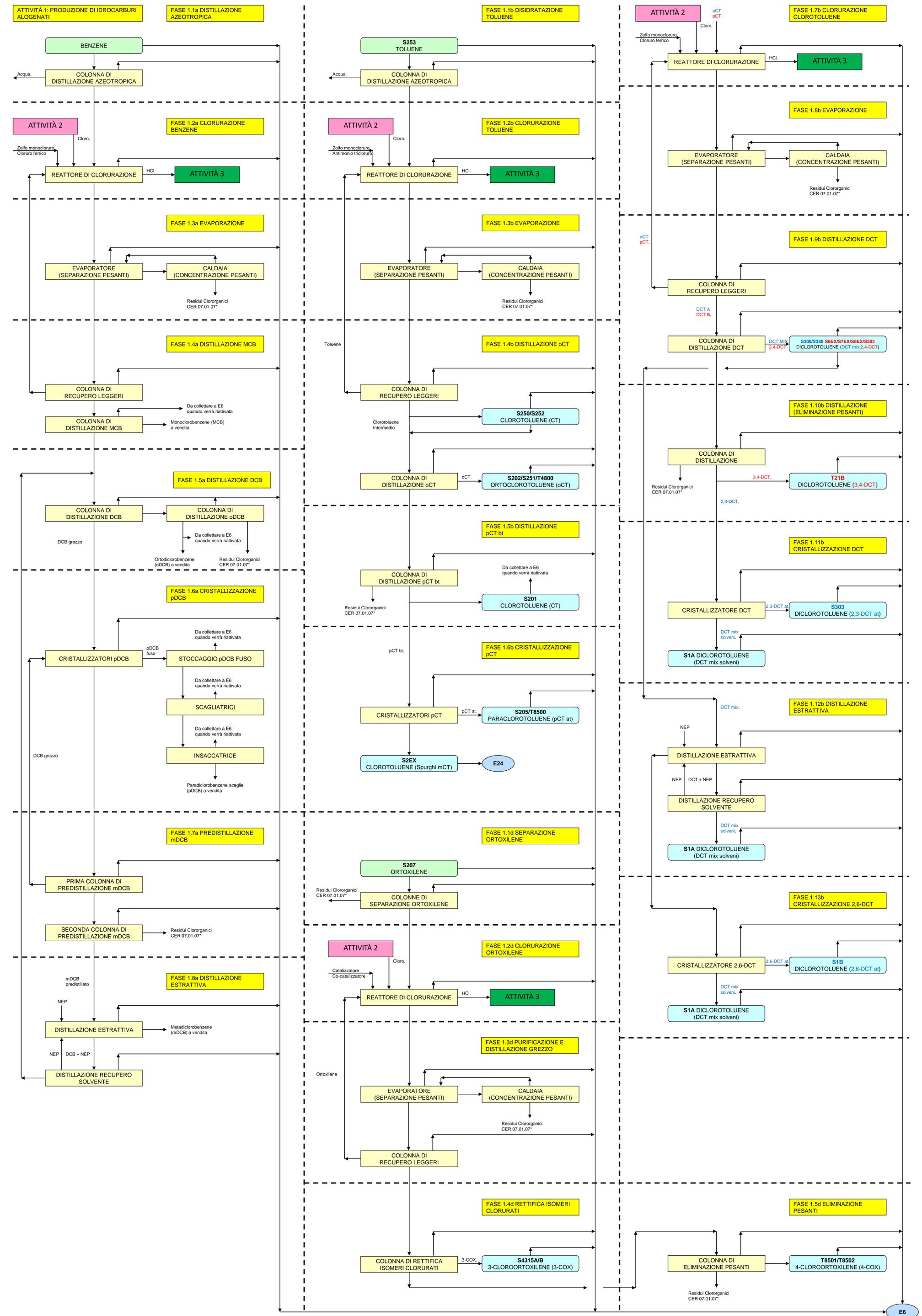
Tabella 22 - Caratteristiche misuratori di produzioni con indicazione di marca, modello e matricola per ogni tipologia produttiva o utenza .....	43
Tabella 23 - Consumi totali per vettore acquistato (Anno 2021) .....	54
Tabella 24 - Consumi totali per vettore consumato (Anno 2021) .....	54
Tabella 25 – Ripartizione dei consumi in TEP (2021) .....	55
Tabella 26 - Ripartizione dei consumi di Energia Elettrica nelle singole aree funzionali (2021).....	56
Tabella 27 - Ripartizione dei consumi di gas nelle singole aree funzionali (2021).....	57
Tabella 28 - Incidenza dei vettori energetici (2021) .....	57
Tabella 29 - Calcolo del costo medio ponderato dell'energia elettrica (costi di acquisto e produzione) (2021) .....	58
Tabella 30 - Requisiti monitoraggio Linee Guida ENEA per la compilazione della Diagnosi Energetica .....	59
Tabella 31 - Verifica rispetto dei requisiti di monitoraggio Linee Guida ENEA per la compilazione della Diagnosi Energetica .....	59
Tabella 32 - Ripartizione consumi di energia elettrica nelle aree funzionali e relativo peso sulle attività principali (2021) .....	60
Tabella 33 - lista utenze elettriche maggiori di 29 kW, per impianto CLAR, 2021 .....	61
Tabella 34 - Ips "Elettrolisi NaOH" (2021) .....	62
Tabella 35 - Ips "Elettrolisi KOH" (2021) .....	64
Tabella 36 - Dati di consumo di energia elettrica [kWh] suddivisi per area funzionale (2021) .....	66
Tabella 37 - Dati di consumo di gas naturale [Smc] suddivisi per area funzionale (2021).....	67
Tabella 38 - lista utenze elettriche maggiori di 90 kW, servizi ausiliari (2021) .....	67
Tabella 39 - lista utenze termiche, servizi ausiliari (2021) .....	67
Tabella 40 - Ips "produzione vapore" (2021) .....	70
Tabella 41 - Riepilogo lpg e Ips, energia elettrica (2021).....	79
Tabella 42 - Riepilogo lpg e Ips, gas naturale (2021) .....	79
Tabella 43 - Riepilogo lpg e Ips, calore sotto forma di vapore (2021) .....	79
Tabella 44 - Riepilogo lpg e Ips, idrogeno (2021).....	79
Tabella 45 - parametri energetici considerati e calcolo dell'energia termica lorda recuperabile, suddivisa per campagne produttive .....	84
Tabella 46 - Censimento corpi illuminanti di stabilimento (2021).....	86

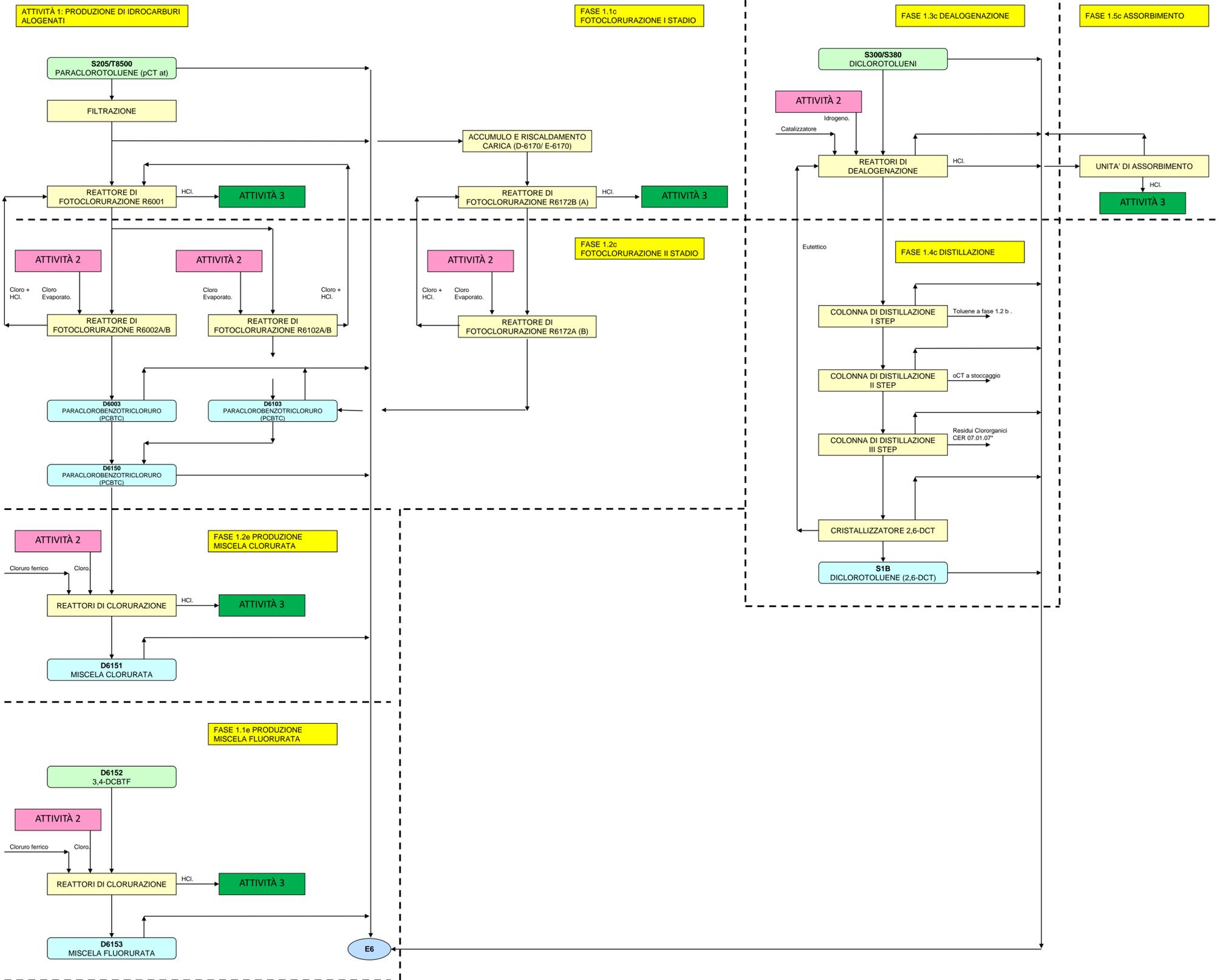
### F.3 INDICE DEI GRAFICI

Grafico 1 - Produzioni mensili anno 2021 suddivise per prodotto, stabilimento di Pieve Vergonte.....	10
Grafico 2 - Quantitativi annuali di energia primaria, suddivisa per fonte energetica, consumata nello stabilimento HydroChem di Pieve Vergonte.....	45
Grafico 3 - Confronto annuale dei consumi interni di energia elettrica per il triennio 2019 - 2021 .....	48
Grafico 4 - Quantitativi mensili di Energia Elettrica autoprodotta, acquistata esternamente, ceduta a rete e consumata dallo stabilimento nel triennio 2019-2021 .....	48

Grafico 5 - Ripartizione percentuale dei quantitativi annuali di energia elettrica autoprodotta, acquistata esternamente, ceduta a rete e consumata dallo stabilimento nel triennio 2019-2021.....	49
Grafico 6 - Andamento consumo elettrico, produzione e lpg (indice di prestazione globale) a livello di stabilimento (2021).....	49
Grafico 7 - Andamento dei consumi mensili di gas naturale nel triennio 2019 - 2021.....	50
Grafico 8 - Confronto annuale dei consumi di gas naturale per il triennio 2019 - 2021 .....	51
Grafico 9 - Andamento consumo gas, produzione e lpg (indice di prestazione globale) a livello di stabilimento (2021)	51
Grafico 10 - Andamento mensile dei consumi di idrogeno come combustibile in caldaia BONO (2021).....	52
Grafico 11 - Produzione complessiva H2 (smc) e ripartizione annuale e mensile di utilizzo (2021).....	52
Grafico 12 - Andamento della produzione mensile di vapore da recupero di calore nel triennio 2019 – 2021.....	53
Grafico 13 - Confronto annuale della produzione mensile di vapore da recupero di calore per il triennio 2019 – 2021	53
Grafico 14 - Ripartizione dei quantitativi di energia acquistata esternamente, convertiti in energia primaria (2021)....	54
Grafico 15 - Fabbisogno energetico dello stabilimento tenuto conto dell'autoproduzione di energia elettrica, calore e idrogeno (2021) .....	55
Grafico 16 – Ripartizione dei consumi di energia primaria per Macro-aree (2021) .....	56
Grafico 17 - Ripartizione dei consumi di energia elettrica per Macro-aree, Anno 2021 .....	57
Grafico 18 - Ripartizione dei costi [€] per l'acquisto di energia elettrica e gas per lo stabilimento di Pieve Vergonte (2021).....	58
Grafico 19 - Ripartizione dei costi [€] per acquisto e produzione di energia elettrica e gas per lo stabilimento di Pieve Vergonte (2021).....	58
Grafico 20 - Ripartizione consumi di energia elettrica [kWh] per le aree funzionali delle attività principali (2021).....	60
Grafico 21 - Andamento mensile dei consumi di energia elettrica [kWh] e produzioni [ton] dell'impianto Elettrolisi NaOH (2021) .....	61
Grafico 22 - Consumo dell'impianto cloro-soda in funzione della produzione (2021) .....	62
Grafico 23 - Consumo specifico dell'impianto cloro-soda in funzione della produzione (2021) .....	62
Grafico 24 - Andamento mensile dei consumi di energia elettrica [kWh] e produzioni [ton] dell'impianto Elettrolisi KOH (2021).....	63
Grafico 25 - Consumo dell'impianto cloro-potassa in funzione della produzione (2021) .....	63
Grafico 26 - Consumo specifico dell'impianto cloro-potassa in funzione della produzione (2021) .....	64
Grafico 27 - Andamento mensile dei consumi di energia elettrica [kWh] e produzioni [ton] dell'impianto CLAR (2021)	64
Grafico 28 - Consumo specifico dell'impianto cloro-potassa in funzione della produzione (2021) .....	65
Grafico 29 - Ripartizione consumi di energia elettrica [kWh] per le aree funzionali dei servizi ausiliari (2021) .....	66
Grafico 30 - Ripartizione consumi di gas naturale [Smc] per le aree funzionali dei servizi ausiliari (2021).....	66
Grafico 31 - Diagramma di Pareto con indicazione del consumo di energia primaria per le aree funzionali monitorate e relativo peso in termini %.....	67
Grafico 32 – Andamento mensile consumo energetico per la produzione vapore, suddiviso per fonti (2021) .....	68
Grafico 33 - Ripartizione percentuale vettori energetici area "produzione vapore" (2021) .....	68
Grafico 34 - Andamento mensile del consumo energetico distinto per fonte, della produzione di vapore saturo e del rendimento della caldaia BONO (2021).....	69

Grafico 35 - Andamento mensile del consumo energetico distinto per fonte, della produzione di vapore saturo e del rendimento delle caldaie MINGAZZINI (2021).....	69
Grafico 36 - Andamento mensile del consumo energetico, della produzione di vapore saturo complessivo e dell'indicatore di prestazione specifico dell'area funzionale "produzione vapore" (2021) .....	70
Grafico 37 - Andamento dei consumi mensili dei compressori di stabilimento e ripartizione percentuale del carico (anno 2021).....	70
Grafico 38 - Andamento dei consumi elettrici dell'impianto di produzione dell'aria compressa, della produzione totale di stabilimento e dell'indicatore di prestazione globale (2021) .....	71
Grafico 39 - Andamento dei consumi elettrici dell'impianto di depurazione acque, della produzione totale di stabilimento e dell'indicatore di prestazione globale (2021) .....	72
Grafico 40 - Andamento giornaliero dei quantitativi di acqua prelevata e dei quantitativi di acqua allo scarico (2021)	73
Grafico 41 - Andamento consumi elettrici mensili singoli pozzi (2021).....	74
Grafico 42 - Andamento consumi e prelievi pozzo 17 (2021).....	74
Grafico 43 - Andamento consumi e prelievi pozzo 18 (2021).....	74
Grafico 44 - Andamento consumi energetici area "Autoproduzione Azoto" e produzione totale di stabilimento (2021) .....	75
Grafico 45 - Andamento consumi energetici, produzione di azoto e lps dell'area "Autoproduzione Azoto" (2021).....	75
Grafico 46 - Andamento consumo "Ausiliari elettrolisi" e produzione totale di stabilimento (2021).....	76
Grafico 47 - Andamento mensile del consumo energetico dell'area termocombustore e della produzione complessiva dello stabilimento (2021).....	77
Grafico 48 - Diagramma di Pareto con indicazione del consumo di energia elettrica per le aree funzionali monitorate e relativo peso in termini % dei servizi generali (2021).....	77
Grafico 49 - Ripartizione consumi di gas naturale [Smc] per le aree funzionali dei servizi generali (2021) .....	77
Grafico 50 - Andamento mensile e variazione consumo specifico rispetto a consumo di riferimento, elettrolisi NaOH (2021).....	80
Grafico 51 - Andamento mensile e variazione consumo specifico rispetto a consumo di riferimento, elettrolisi KOH (2021).....	81
Grafico 52 - Andamento mensile e variazione rendimento rispetto a rendimento di riferimento, caldaia BONO (2021) .....	81

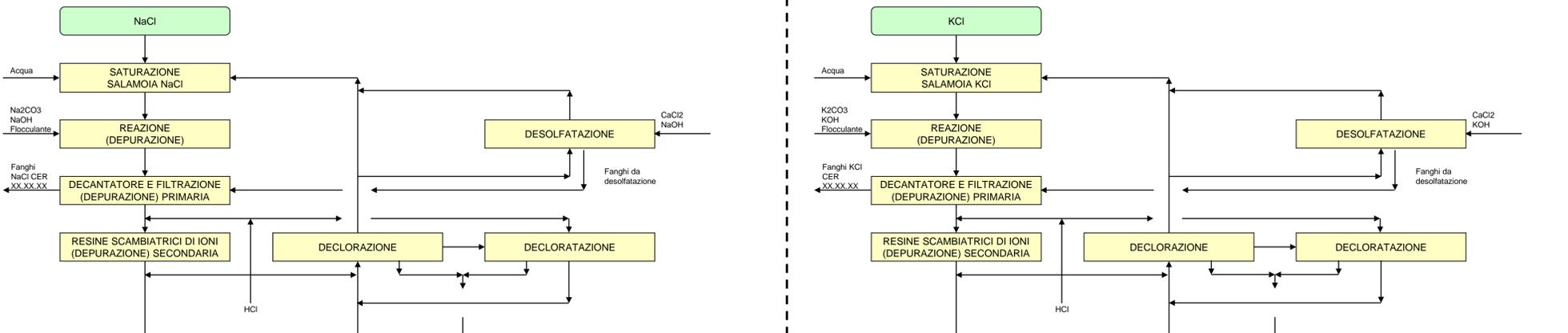




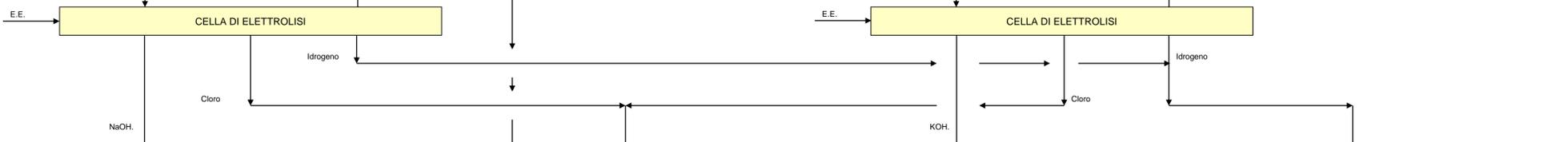
ATTIVITÀ 2: PRODUZIONE DI CLORO, SODA CAUSTICA, POTASSA CAUSTICA

FASE 2.1a PREPARAZIONE SALAMOIA NaCl

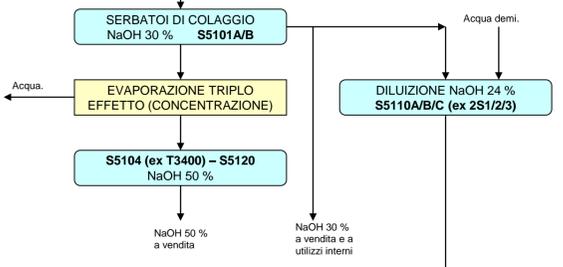
FASE 2.1b PREPARAZIONE SALAMOIA KCl



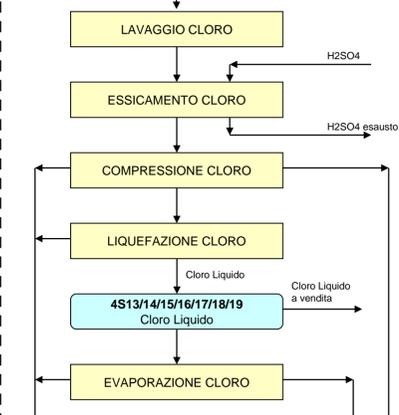
FASE 2.2 ELETTROLISI



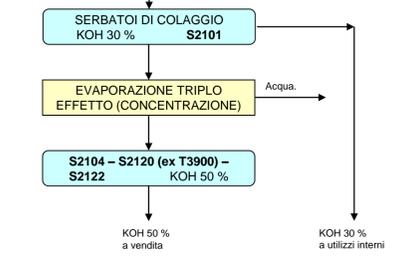
FASE 2.4a PRODUZIONE IDROSSIDO DI SODIO



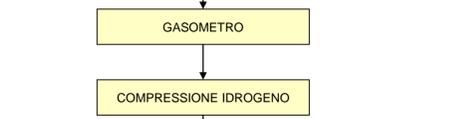
FASE 2.5 PRODUZIONE DI CLORO



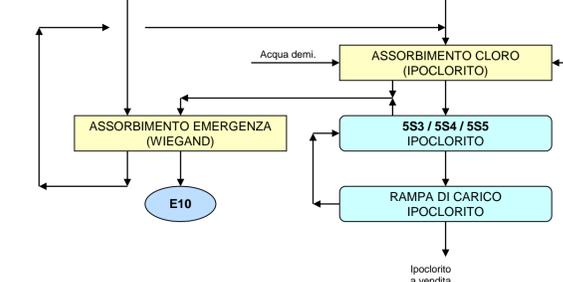
FASE 2.4b PRODUZIONE IDROSSIDO DI POTASSIO



FASE 2.3 PRODUZIONE IDROGENO



FASE 2.6 PRODUZIONE IPOCLORITO

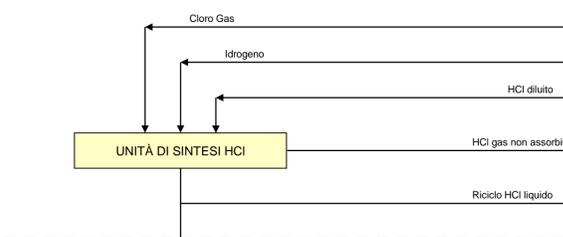


ATTIVITÀ 1

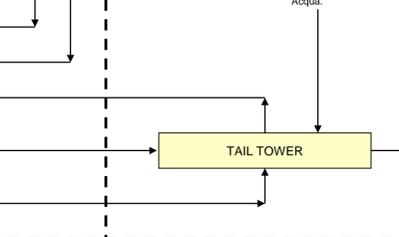
ATTIVITÀ 1

ATTIVITÀ 4

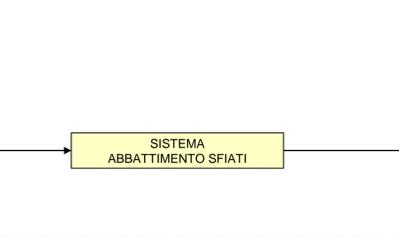
ATTIVITÀ 3: PRODUZIONE DI ACIDO CLORIDRICO



FASE 3.1 ASSORBIMENTO



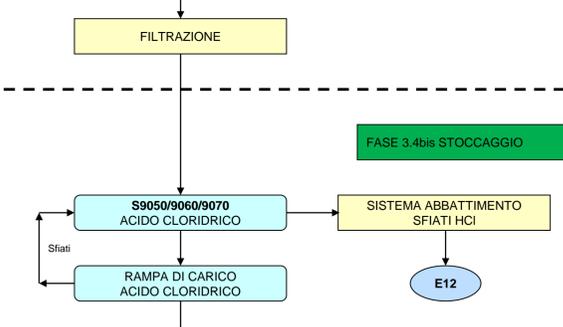
FASE 3.2 STRIPPAGGIO



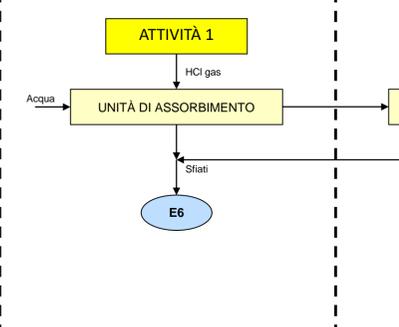
FASE 3.2bis ASSORBIMENTO RESIDUO



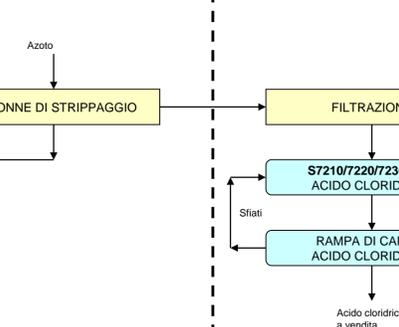
FASE 3.3bis FILTRAZIONE



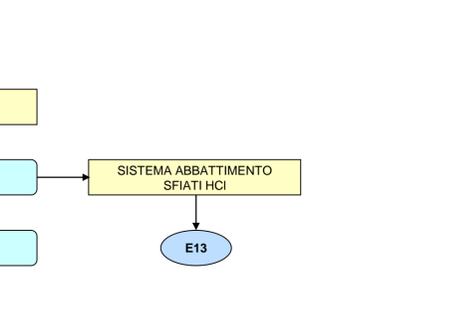
FASE 3.1 ASSORBIMENTO



FASE 3.2 STRIPPAGGIO



FASE 3.3 FILTRAZIONE



**ACIDO CLORIDRICO TECNICO**

SIGLA	TIPO	MARCA	MODELLO	N/SERIE
S7210	TRAS PRESSIONE	VEGA	VEGABAR82	30429674
S7220	TRAS PRESSIONE	VEGA	VEGABAR82	30429675
S7230	TRAS PRESSIONE	VEGA	VEGABAR82	57062250

**ACIDO CLORIDRICO DI SINTESI**

S9050	RADAR	VEGA	VEGAPULS61	17671809
S9060	RADAR	VEGA	VEGAPULS61	17671810
S9070	TRAS PRESSIONE	VEGA	VEGABAR82	30429673

**IPOCLORITO DI SODIO CLSO**

5S3	TRAS PRESSIONE	ENDRESS	FMC71	95040001090
5S4	TRAS PRESSIONE	FUJI	FKPT83VFAKL	AHB1744F
5S5	TRAS PRESSIONE	FUJI	FKPT83VFAKL	AKP9816F

**CLAR**

**OCT**

S202	TRAS PRESSIONE	ABB	600T	5000018080
S251	TRAS PRESSIONE	ABB	600T	5000018078
T4800	RADAR	VEGA	VEGAPULS64	49896677

**PCT A.T.**

S205	RADAR	VEGA	VEGAPULS53	13791182
T8500	TRAS PRESSIONE	EMERSON	1151	7364436/0300
S207	TRAS PRESSIONE	FUJI	FKT83VEAK	A5M4528F

**PCT B.T.**

S201	TRAS PRESSIONE	EMERSON	2051L	20WELB2018655
------	----------------	---------	-------	---------------

**2,4-DCT**

S503	TRAS PRESSIONE	FUJI	illeggibile	
S6-ex NH3	NO LIVELLO SOLO VISIVO			
S7-ex NH3	NO LIVELLO SOLO VISIVO			
S8-ex NH3	NO LIVELLO SOLO VISIVO			

**3,4-DCT**

T21B	TRAS PRESSIONE	FUJI	FKET86HBAKY	N1L7295F
------	----------------	------	-------------	----------

**2,6-DCT**

S1B	RADAR	VEGA	VEGAPULS63	33425926
-----	-------	------	------------	----------

**2,3-DCT**

S303	TRAS PRESSIONE	EMERSON	illeggibile	
------	----------------	---------	-------------	--

Allegato 2 – Misure livello serbatoio

**PCBTC (fotoclorurati)**

D6003	TRAS PRESSIONE	FUJI	FKCF35V5AMCY	ABF0875F
D6103	RADAR	VEGA	VEGAPULS64	49532247
D6150	RADAR	VEGA	VEGAPULS64	49532248

**MISCELA CLORURATA**

D6151	RADAR	VEGA	VEGAPULS64	49532251
-------	-------	------	------------	----------

**MISCELA FLUORURATA**

D6153	RADAR	VEGA	VEGAPULS64	49532249
-------	-------	------	------------	----------