



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Ingegneria Industriale DII

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Energetica

ANALISI SECONDO ISO 50001 DEI CONSUMI TERMICI ED
ELETTRICI DI UNO STABILIMENTO INDUSTRIALE PER LA
FATTIBILITA' DI UN IMPIANTO DI TRIGENERAZIONE

Relatore: Prof. Arturo Lorenzoni

Laureando: Davis Turin

Anno Accademico 2015/2016

Sommario

INTRODUZIONE	1
CAPITOLO 1 – NORMATIVA	3
1.1 - La norma ISO 50001 per il risparmio energetico delle aziende	3
Introduzione alla norma	3
Scopo e campo di applicazione.....	5
1.2 - Regole applicative per il conseguimento della qualifica SEU e SEESEU per i sistemi entrati in esercizio entro il 31/12/2014	6
Contesto normativo.....	6
Sistemi oggetto della qualifica da parte del GSE: SEU e SEESEU	8
Benefici tariffari derivanti dalla qualifica SEU – SEESEU.....	11
CAPITOLO 2 – PANORAMICA DELLO STABILIMENTO	13
2.1 - Centrale termica e generatori di vapore	13
2.2 - Distribuzione del calore all'interno dello stabilimento	15
Distribuzione del vapore.....	16
Distribuzione dell'acqua calda	17
2.3 – La centrale frigorifera	18
CAPITOLO 3 – I CARICHI TERMICI	21
3.1 – Disposizione dei carichi termici all'interno dello stabilimento	21
3.2 – Numerazione dei carichi termici	22
3.3 – Caratteristiche dei carichi termici	25
UTA 1 - Sala burro	25
UTA 2 – Sala impasti San Cassiano.....	25
UTA 3 – Cella di lievitazione Orlandi 1.....	25
UTA 4 – Confezionamento Orlandi 2	26
UTA 5 – Raffreddamento Orlandi 2	26
UTA 6 – Confezionamento Ima	26
UTA 7 – Cella lievitazione Orlandi 2	26
UTA 8 – Cella lievitazione Ima.....	27
UTA 9 – Sala impasti VMI.....	27
UTA 10 – Box laminazione Orlandi 2.....	27
UTA 11 – Box laminazione Ima	28
UTA 12 – Uffici laboratori	28
UTA 13 – Magazzino materie prime	28
UTA 14 – Mensa.....	29
UTA 15 – Spogliatoi.....	29
UTA 16 – Laboratorio di ricerca	29
UTA 16A – Laboratorio cioccolato	30

UTA 17 - Uffici amministrativi.....	30
UTA 18 – Raffreddamento Ima.....	30
UTA 19 – Sala fumatori.....	31
20 – Aerotermi.....	31
21 – Lavateglie zona Ima.....	31
22 – Lavateglie zona Polin.....	33
23 – Lavateglie zona Orlandi 2.....	33
24 – Pastorizzatore zona Polin.....	34
25 – Pastorizzatore zona Orlandi 2.....	34
26 – Tweedy.....	34
27 – UTA box di laminazione Polin.....	35
28 – UTA Cella lievitazione Polin.....	35
3.4 – Riepilogo delle potenze nominali dei carichi termici.....	36
CAPITOLO 4 - RILIEVI.....	37
4.1 – Misura della potenza elettrica attiva assorbita all’interno dello stabilimento.....	37
Fabbisogno energia elettrica totale Gennaio 2014.....	38
Fabbisogno energia elettrica totale Febbraio 2014.....	38
Fabbisogno energia elettrica totale Marzo 2014.....	39
Fabbisogno energia elettrica totale Aprile 2014.....	39
Fabbisogno energia elettrica totale Maggio 2014.....	40
Fabbisogno energia elettrica totale Giugno 2014.....	40
Fabbisogno energia elettrica totale Luglio 2014.....	41
Fabbisogno energia elettrica totale Agosto 2014.....	41
Fabbisogno energia elettrica totale Settembre 2014.....	42
Fabbisogno energia elettrica totale Ottobre 2014.....	42
Fabbisogno energia elettrica totale Novembre 2014.....	43
Fabbisogno energia elettrica totale Dicembre 2014.....	43
Andamento annuale ottenuto.....	44
4.2 – Misura della potenza fornita dai gruppi frigoriferi.....	45
Fabbisogno elettrico totale dei gruppi frigoriferi.....	46
Fabbisogno energia frigorifera Gennaio 2014.....	47
Fabbisogno energia frigorifera Febbraio 2014.....	47
Fabbisogno di energia frigorifera Marzo 2014.....	48
Fabbisogno di energia frigorifera Aprile 2014.....	48
Fabbisogno di energia frigorifera Maggio 2014.....	49
Fabbisogno di energia frigorifera Giugno 2014.....	49
Fabbisogno di energia frigorifera Luglio 2014.....	50
Fabbisogno di energia frigorifera Agosto 2014.....	50

Fabbisogno di energia frigorifera Settembre 2014.....	51
Fabbisogno di energia frigorifera Ottobre 2014.....	51
Fabbisogno di energia frigorifera Novembre 2014.....	52
Fabbisogno di energia frigorifera Dicembre 2014.....	52
Andamento annuale ottenuto.....	53
4.3 – Misura della potenza totale richiesta dai carichi termici.....	54
Consumo annuale di gas per centrale termica.....	54
Fabbisogno di energia termica totale Gennaio 2014.....	55
Fabbisogno di energia termica totale Febbraio 2014.....	55
Fabbisogno di energia termica totale Marzo 2014.....	56
Fabbisogno di energia termica totale Aprile 2014.....	56
Fabbisogno di energia termica totale Maggio 2014.....	57
Fabbisogno di energia termica totale Giugno 2014.....	57
Fabbisogno di energia termica totale Luglio 2014.....	58
Fabbisogno di energia termica totale Agosto 2014.....	58
Fabbisogno di energia termica totale Settembre 2014.....	59
Fabbisogno di energia termica totale Ottobre 2014.....	59
Fabbisogno di energia termica totale Novembre 2014.....	60
Fabbisogno di energia termica totale Dicembre 2014.....	60
Andamento annuale ottenuto.....	61
CAPITOLO 5 – STUDIO DEI CARICHI TERMICI.....	63
5.1 – Caratterizzazione delle macchine.....	63
5.2 – Metodo di calcolo.....	64
5.3 – Calcolo dei coefficienti.....	66
Calcolo dei rapporti per Gennaio 2014.....	66
Calcolo dei rapporti per Febbraio 2014.....	67
Calcolo dei rapporti per Marzo 2014.....	67
Calcolo dei rapporti per Aprile 2014.....	68
Calcolo dei rapporti per Maggio 2014.....	69
Calcolo dei rapporti per Giugno 2014.....	69
Calcolo dei rapporti per Luglio 2014.....	70
Calcolo dei rapporti per Agosto 2014.....	70
Calcolo dei rapporti per Settembre 2014.....	71
Calcolo dei rapporti per Ottobre 2014.....	71
Calcolo dei rapporti per Novembre 2014.....	72
Calcolo dei rapporti per Dicembre 2014.....	72
5.4 – Diagrammi di fabbisogno di energia termica sotto forma di vapore.....	73
Fabbisogno di energia termica come vapore Gennaio 2014.....	73

Fabbisogno di energia termica come vapore Febbraio 2014	73
Fabbisogno di energia termica come vapore Marzo 2014	74
Fabbisogno di energia termica come vapore Aprile 2014	74
Fabbisogno di energia termica come vapore Maggio 2014.....	75
Fabbisogno di energia termica come vapore Giugno 2014	75
Fabbisogno di energia termica come vapore Luglio 2014	76
Fabbisogno di energia termica come vapore Agosto 2014	76
Fabbisogno di energia termica come vapore Settembre 2014.....	77
Fabbisogno di energia termica come vapore Ottobre 2014.....	77
Fabbisogno di energia termica come vapore Novembre 2014.....	78
Fabbisogno di energia termica come vapore Dicembre 2014	78
Andamento annuale ottenuto	79
5.5 – Diagrammi di fabbisogno di energia termica sotto forma di acqua calda	80
Fabbisogno di energia termica come acqua calda Gennaio 2014	80
Fabbisogno di energia termica come acqua calda Febbraio 2014.....	80
Fabbisogno di energia termica come acqua calda Marzo 2014.....	81
Fabbisogno di energia termica come acqua calda Aprile 2014	81
Fabbisogno di energia termica come acqua calda Maggio 2014	82
Fabbisogno di energia termica come acqua calda Giugno 2014	82
Fabbisogno di energia termica come acqua calda Luglio 2014	83
Fabbisogno di energia termica come acqua calda Agosto 2014.....	83
Fabbisogno di energia termica come acqua calda Settembre 2014.....	84
Fabbisogno di energia termica come acqua calda Ottobre 2014	84
Fabbisogno di energia termica come acqua calda Novembre 2014.....	85
Fabbisogno di energia termica come acqua calda Dicembre 2014	85
Andamento annuale ottenuto	86
5.6 – Diagrammi di fabbisogno di energia termica sotto forma di acqua calda direttamente sostituibile con i prodotti dell’impianto di trigenerazione	87
Energia termica sotto forma di acqua calda sostituibile direttamente Gennaio 2014.....	87
Energia termica sotto forma di acqua calda sostituibile direttamente Febbraio 2014	88
Energia termica sotto forma di acqua calda sostituibile direttamente Marzo 2014	88
Energia termica sotto forma di acqua calda sostituibile direttamente Aprile 2014.....	89
Energia termica sotto forma di acqua calda sostituibile direttamente Ottobre 2014	89
Energia termica sotto forma di acqua calda sostituibile direttamente Novembre 2014	90
Energia termica sotto forma di acqua calda sostituibile direttamente Dicembre 2014.....	90
Andamento annuale ottenuto	91
5.7 – Energia termica utilizzata sotto forma di acqua calda per la macchina 3.....	92
Energia termica relativa alla macchina 3 in Gennaio 2014.....	92
Energia termica relativa alla macchina 3 in Febbraio 2014	93

Energia termica relativa alla macchina 3 in Marzo 2014	93
Energia termica relativa alla macchina 3 in Agosto 2014	94
Energia termica relativa alla macchina 3 in Settembre 2014	94
Energia termica relativa alla macchina 3 in Ottobre 2014.....	95
Energia termica relativa alla macchina 3 in Novembre 2014	95
Energia termica relativa alla macchina 3 in Dicembre 2014.....	96
Andamento annuale ottenuto	96
5.8 – Tabella riassuntiva dei diversi consumi di energia dell’anno 2014.....	97
5.9 – Studio di un possibile allacciamento della macchina 3 alla linea dell’acqua calda delle macchine 1 e 2.....	98
Valutazione della fattibilità della modalità di intervento <i>b</i>	99
CAPITOLO 6 – RISULTATI FINALI	103
6.1 – Scelta delle macchine	103
6.2 – Analisi di esercizio con le macchine scelte.....	105
6.3 – Verifica del conseguimento delle qualifiche CAR e SEU	111
6.4 – Calcolo delle emissioni di CO₂ evitate	113
CAPITOLO 7 – POSSIBILI INTERVENTI FUTURI	115
Soluzione 1.....	116
Soluzione 2.....	117
Soluzione 3.....	119
Considerazioni sulle diverse soluzioni	120
Zona Uffici/Laboratori.....	120
CONCLUSIONI	123
ALLEGATO A	I
ALLEGATO B	V
BIBLIOGRAFIA.....	i

Ringraziamenti

Voglio ringraziare il Prof. Arturo Lorenzoni, l'Ing. Giorgio Manzani e Bauli S.p.A. per avermi dato la possibilità e il sostegno necessario allo svolgimento di questa tesi di laurea magistrale. Un ringraziamento va anche a Giampaolo Gecchele, a Silvino Fiorio, a Giovanni Adragna, a Flavio Mirandola, a Giorgio Dai Prè e a Nicola Bellei che mi hanno aiutato a reperire tutti i dati necessari allo sviluppo dell'elaborato. Ringrazio tutte le persone che ho conosciuto durante il periodo di stage, e che hanno reso la mia breve permanenza un'esperienza costruttiva e piacevole.

Dedico questo lavoro di tesi ai miei genitori, Claudio e Rosanna, per il sostegno economico e morale ricevuto sempre ed incondizionatamente. Solo grazie a loro ho potuto arricchire la mia cultura: l'Università mi ha dato le conoscenze, e mi ha permesso un confronto con realtà che difficilmente avrei potuto incontrare al di fuori della vita accademica. Un grande grazie va ad Elena, che nonostante la lontananza fisica, mi è sempre stata vicino condividendo con me gioie e dolori del mio percorso universitario. Un grazie speciale lo riservo alla mia seconda famiglia del collegio Leopardi, a Don Luciano, Ester, Valerio, Lidia, Paola, e a tutti i membri del Gargato's: in particolare ringrazio Matteo, Diego, Alberto, Ruben, Riccardo, Pierantonio, Alessandro, Simone, Andrea, Stefano, Ludovico e Giorgio; le cose che abbiamo condiviso in questi anni, tra bevute, abbuffate, scherzi, e sincera amicizia, sono talmente tante che servirebbe un'enciclopedia per riportarle tutte. È stato un onore, nonché un privilegio averle vissute con voi. Non di seconda importanza voglio ringraziare anche i miei compagni di corso, Paolo, Francesco, Guido, Simone, e Mirco, con cui ho condiviso risate e soprattutto tante ore di lezione e di studio, ed interminabili telefonate i giorni prima degli esami. Un grazie lo dedico anche ad Edoardo e Luca, fedeli compagni di studio nelle biblioteche veronesi. Spero di aver contato, per tutti coloro che mi hanno conosciuto in questi anni, almeno una piccola parte di ciò che loro hanno contato per me: allora sarò sicuro di rimanere sempre nei loro ricordi, come loro lo sono nei miei.

*«"O frati", dissi, "che per cento milia
perigli siete giunti a l'occidente,
a questa tanto picciola vigilia*

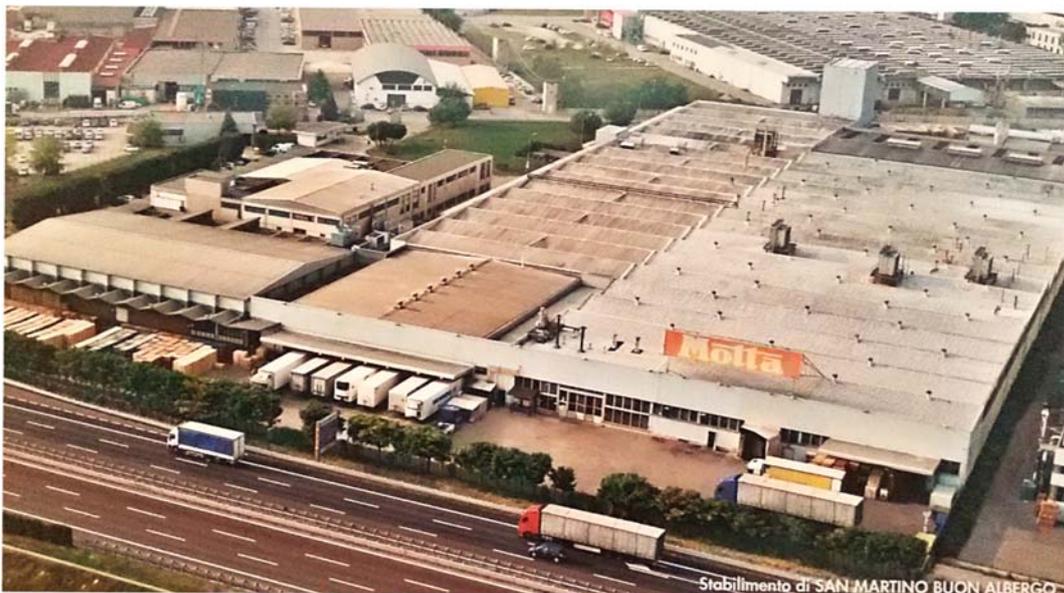
*d'i nostri sensi ch'è del rimanente
non vogliate negar l'esperienza,
di retro al sol, del mondo senza gente.*

*Considerate la vostra semenza:
fatti non foste a viver come bruti,
ma per seguir virtute e canoscenza".»*

(Dante Alighieri, La Divina Commedia – Inferno: C. XXVI, v.112-120)

INTRODUZIONE

Negli ultimi anni si è sempre più parlato di risparmio energetico e di efficienza energetica, e sempre più questi due concetti hanno preso piede nella vita di tutti i giorni; ma soprattutto sono diventati di fondamentale importanza in realtà aziendali di un certo spessore, dove il costo dell'energia è di primaria importanza. Oggi i consumi energetici incidono significativamente sui bilanci aziendali, ed eventuali risparmi su queste voci di costo possono effettivamente migliorare la competitività aziendale. Per questo motivo sempre più aziende cercano di migliorare, in modo tangibile, i propri consumi energetici, per far sì di poter diminuire i relativi costi di gestione della stessa. È tuttavia fondamentale poter identificare in modo chiaro e preciso, nei diversi conti economici, quali sono gli effettivi costi legati ai consumi energetici, al fine di poter valutare gli effettivi margini di miglioramento. Questo tipo di valutazione sta alla base del lavoro svolto durante lo Stage all'interno dello stabilimento industriale situato a San Martino Buon Albergo (VR) di proprietà di Bauli S.p.A., che è consistito nel rilievo delle utenze termiche ed elettriche eseguito secondo ISO 50001, e finalizzato ad individuare quali di queste utenze siano sostituibili con i prodotti di un gruppo di trigenerazione.



CAPITOLO 1 – NORMATIVA

È bene introdurre innanzitutto in che cosa consiste la normativa ISO 50001 ed osservare quelle che sono le regole applicative per il conseguimento della qualifica SEU e SEESEU, essenziale per l'ottenimento dei benefici tariffari sul costo dell'energia elettrica.

1.1 - La norma ISO 50001 per il risparmio energetico delle aziende

La norma UNI CEI EN ISO 50001:2011 “Sistemi di gestione dell'energia – Requisiti e linee guida per l'uso” è la versione ufficiale italiana della norma internazionale ISO 50001 (“Energy management systems — Requirements with guidance for use”, edizione dell'ottobre 2011). La norma specifica i requisiti per creare, avviare, mantenere e migliorare un sistema di gestione dell'energia il cui obiettivo è quello di consentire ad un'organizzazione di perseguire, con un approccio sistemico, il miglioramento continuo delle proprie prestazioni energetiche, comprendendo in ciò l'efficienza energetica, nonché il consumo e l'uso dell'energia. La norma definisce i requisiti applicabili all'uso e consumo dell'energia, includendo l'attività di misurazione, di documentazione e di reportistica, di progettazione e d'acquisto per le attrezzature, i processi e il personale che contribuiscono alla definizione della prestazione energetica. Si applica a tutti i fattori che concorrono a determinare la prestazione energetica e che possono essere controllati e influenzati dall'organizzazione. La norma non definisce criteri di prestazione energetica. La norma è stata sviluppata per essere utilizzata in maniera indipendente anche se può essere integrata con altri sistemi di gestione. Essa è applicabile ad ogni organizzazione che desidera assicurarsi di essere conforme alla propria politica energetica e dimostrare tale conformità ad altri mediante autovalutazione e autodichiarazione di conformità o mediante certificazione di terza parte del proprio sistema di gestione dell'energia. La norma fornisce inoltre delle linee guida per il suo utilizzo [1].

Introduzione alla norma

Lo scopo della norma qui di seguito trattata, è di permettere alle organizzazioni di stabilire i sistemi e i processi necessari per migliorare le prestazioni energetiche, in esse ricompresa l'efficienza, l'utilizzo e il consumo di energia. L'implementazione della norma internazionale è intesa alla riduzione delle emissioni dei gas serra e degli impatti ambientali correlati e dei costi energetici attraverso una sistematica gestione dell'energia. La norma è applicabile a tutti i tipi e dimensioni di organizzazione indipendentemente dalle condizioni geografiche, culturali o sociali.

Un'implementazione di successo dipende dall'impegno di tutti i livelli e funzioni della organizzazione, e specialmente dall'alta direzione.

Questa norma internazionale specifica i requisiti di un Sistema di Gestione dell'Energia (SGE) sulla base dei quali una organizzazione può sviluppare ed implementare una politica energetica, stabilire obiettivi, traguardi, piani di azione, che tengano conto dei requisiti legislativi e delle informazioni collegate ad un uso significativo dell'energia. Un sistema di gestione dell'energia permette ad un'organizzazione di raggiungere i suoi impegni di politica, intraprendere azioni come necessario al fine di migliorare le sue prestazioni energetiche e dimostrare la conformità del sistema ai requisiti della norma internazionale. Questa norma internazionale si applica alle attività sotto il controllo dell'organizzazione e l'applicazione della norma può essere adattata per uniformarsi ai requisiti di un'organizzazione, incluso la complessità del sistema, il grado della documentazione e le risorse [1].

La norma si basa sullo schema Plan – Do – Check – Act (PDCA) del miglioramento continuo ed incorpora la gestione dell'energia nelle attività organizzative quotidiane. Nel contesto dell'energia l'approccio PDCA può essere definito come segue:

- Plan: realizzare l'analisi energetica e stabilire il valore di riferimento, gli indicatori di prestazione energetica (EnPIs), gli obiettivi, i traguardi e i piani di azione necessari a fornire i risultati che portano a migliorare la prestazione energetica in conformità alla politica energetica dell'organizzazione;
- Do: attuare piani d'azione della gestione dell'energia;
- Check: sorvegliare e misurare i processi e le caratteristiche chiave delle operazioni che determinano le prestazioni energetiche rispetto alla politica energetica e agli obiettivi e riportarne i risultati;
- Act: intraprendere azioni per migliorare in continuo la prestazione energetica ed il sistema di gestione dell'energia.

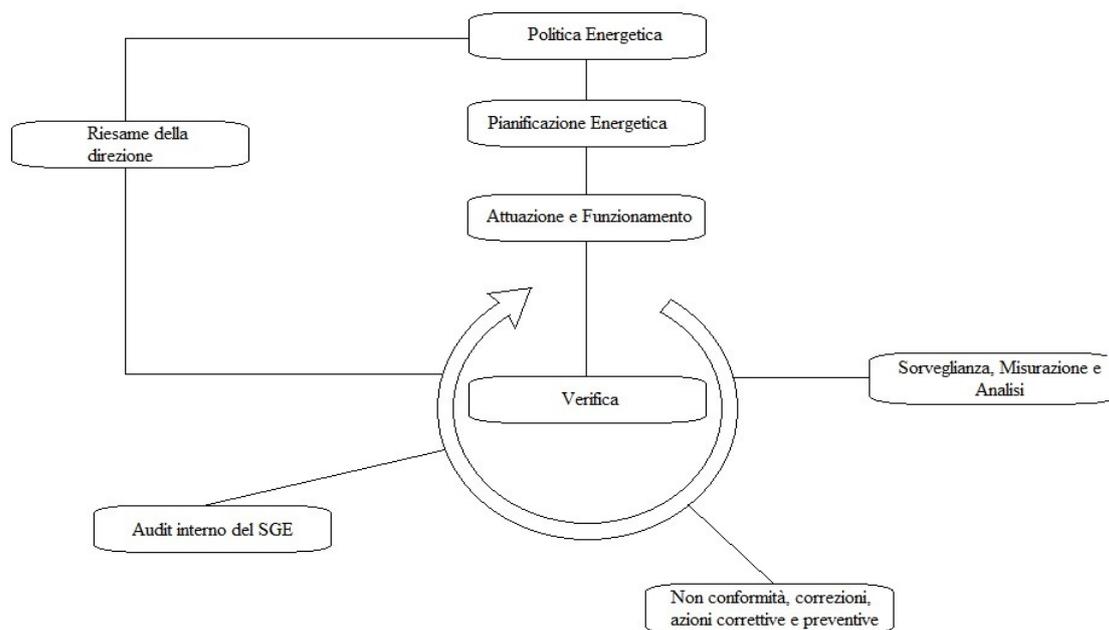


FIGURA 1 – MODELLO DEL SISTEMA DI GESTIONE DELL'ENERGIA PER LA UNI CEI EN ISO 50001

Scopo e campo di applicazione

Questa norma internazionale specifica i requisiti per stabilire, implementare, mantenere e migliorare un sistema di gestione dell'energia, il cui scopo è permettere ad un'organizzazione di intraprendere un approccio sistematico, al fine di raggiungere un miglioramento continuo delle prestazioni energetiche, ivi compresa l'efficienza energetica, l'uso e il consumo dell'energia. La norma specifica i requisiti applicabili all'uso e al consumo dell'energia, ivi compresa la misurazione, la documentazione e la reportistica, le procedure per la progettazione e l'acquisto di apparecchiature e sistemi, i processi e il personale che contribuiscono alle prestazioni energetiche. Viene applicata a tutte le variabili che influenzano la prestazione energetica che possono essere monitorate e influenzate dall'organizzazione, ma non prescrive specifici criteri di prestazione con riferimento all'energia. Essa è stata progettata al fine di essere utilizzata indipendentemente, ma può essere affiancata o integrata ad altri sistemi di gestione. Risulta applicabile a ogni organizzazione che intenda assicurarsi la conformità alla sua politica energetica ed al fine di dimostrare tale conformità ad altri, tale conformità può essere confermata da autovalutazione e autodichiarazione di conformità o attraverso la certificazione del sistema di gestione dell'energia da parte di un'organizzazione esterna [1].

1.2 - Regole applicative per il conseguimento della qualifica SEU e SEESEU per i sistemi entrati in esercizio entro il 31/12/2014

Il conseguimento della qualifica SEU-SEESEU (A-B-C) prevede per gli operatori l'esonero parziale dal versamento di alcune componenti tariffarie applicate sull'energia elettrica consumata all'interno del Sistema e non prelevata dalla rete elettrica. Le regole di seguito illustrate definiscono le informazioni necessarie al rilascio della qualifica SEU e di SEESEU A-B-C da parte del GSE.

Contesto normativo

L'autorità per l'energia elettrica il gas e il sistema idrico mediante i provvedimenti 578/2013/R/eel e 426/2014/R/eel ha definito, con decorrenza dal 1° gennaio 2014, le modalità per la regolazione dei servizi di connessione, di misura, di trasmissione, di distribuzione, di dispacciamento e di vendita per le configurazioni impiantistiche che rientrano nei Sistemi Semplici di Produzione e Consumo, ivi inclusi i Sistemi Efficienti di Utenza (SEU) e i Sistemi Esistenti Equivalenti ai Sistemi Efficienti di Utenza (SEESEU), dando attuazione a quanto previsto dal D.Lgs. 115/08 e dalla Legge 99/09. I Sistemi Semplici di Produzione e Consumo sono "sistemi caratterizzati dall'insieme dei sistemi elettrici, connessi direttamente o indirettamente alla rete pubblica, all'interno dei quali il trasporto di energia elettrica per la consegna alle unità di consumo che li costituiscono non si configura come attività di trasmissione e/o di distribuzione, ma come attività di approvvigionamento energetico." Tali sistemi comprendono SEU e SEESEU, e sono oggetto di qualifica da parte del GSE [2].

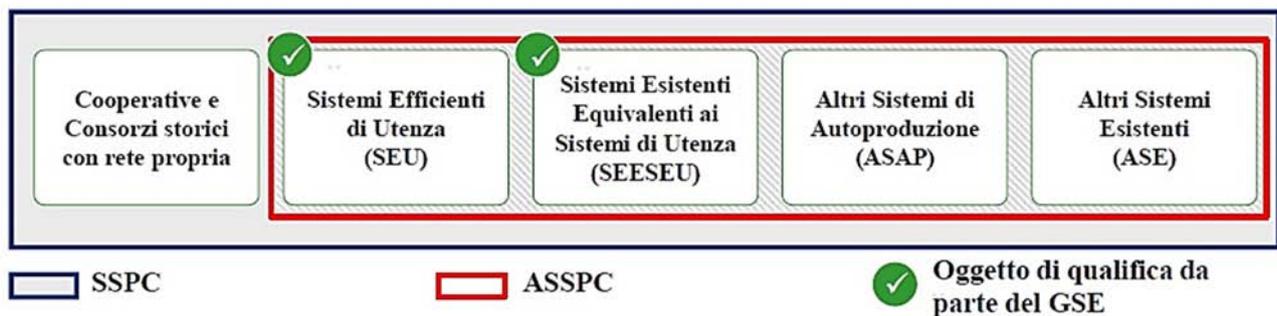


FIGURA 2 - OGGETTO DI QUALIFICA DA PARTE DEL GSE

Si definiscono:

- *Cliente finale*: “persona fisica o giuridica che non esercita l’attività di distribuzione e che preleva energia elettrica, per la quota di proprio uso finale, da una rete pubblica anche attraverso reti private”;
- *Impianto di produzione*:” l’insieme delle apparecchiature destinate alla conversione dell’energia fornita da una qualsiasi fonte di energia primaria a energia elettrica. Esso comprende l’edificio o gli edifici relativi a detto complesso di attività e l’insieme, funzionalmente interconnesso delle opere e dei macchinari che consentono la produzione di energia elettrica e dei gruppi di generazione dell’energia elettrica, dei servizi ausiliari d’impianto e dei trasformatori posti a monte del/dei punto/punti di connessione alla rete con obbligo di connessione di terzi. L’interconnessione funzionale consiste nella presenza e nell’utilizzo di opere, sistemi e componenti comuni finalizzati all’esercizio combinato e/o integrato degli elementi interconnessi”;
- *Impianto di produzione in assetto cogenerativo ad alto rendimento ai fini della Delibera 578/2013/R/eel*: “per un dato anno n , un impianto di produzione che rispetta le condizioni di cui al decreto legislativo 20/07 e al decreto 4 agosto 2011 e per il quale la grandezza E_{CHP} , definita dai medesimi decreti, è risultata nell’anno $n-1$, superiore o pari al 50% espresso senza cifre decimali con arrotondamento commerciale, alla produzione totale lorda di energia elettrica”;
- *Potenza elettrica attiva nominale di un gruppo di generazione*: “la somma aritmetica delle potenze nominali attive dei generatori elettrici principali, compresi quelli di riserva, di cui è composto il gruppo di generazione. Nel solo caso in cui uno o più alternatori siano azionabili alternativamente e singolarmente da un unico motore primo, ai fini del calcolo della potenza attiva nominale del gruppo, si considera il solo alternatore di potenza maggiore”;
- *Unità di Consumo*: “insieme di impianti per il consumo di energia elettrica connessi ad una rete pubblica, anche per il tramite di reti o linee elettriche private, tali che il prelievo complessivo di energia elettrica relativo al predetto insieme sia utilizzato per un singolo impiego o finalità produttiva. Essa coincide con la singola unità immobiliare o con l’insieme costituito dalla singola unità immobiliare e dalle sue relative pertinenze qualora insistenti sulla medesima particella catastale o su particelle contigue”.

Sistemi oggetto della qualifica da parte del GSE: SEU e SEESEU

Il GSE è il soggetto individuato dalla delibera 578/2013/R/eel dell'autorità per il rilascio della qualifica di SEU/SEESEU (A-B-C):

- a) Il Sistema Efficiente di Utente (SEU) è un “sistema in cui uno o più impianti di produzione di energia elettrica, con potenza complessivamente non superiore a 20 MW_e e complessivamente installata sullo stesso sito, alimentati da fonti rinnovabili ovvero in assetto cogenerativo ad alto rendimento, gestiti dal medesimo produttore, eventualmente diverso dal cliente finale, sono direttamente connessi, per il tramite di un collegamento privato senza obbligo di connessione di terzi, all'unità di consumo di un solo cliente finale (persona fisica o giuridica) e sono realizzati all'interno di un'area, senza soluzione di continuità, al netto di strade, strade ferrate, corsi d'acqua e laghi, di proprietà o nella piena disponibilità del medesimo cliente e da questi, in parte, messa a disposizione del produttore o dei proprietari dei relativi impianti di produzione”.

Categoria	Potenza massima	Obbligo FER o CAR (*)	Vincoli data	Vincoli di natura giuridica	Vincoli di “area”
SEU	20 MW	Si	Nessuno	1 cliente; 1 produttore (anche diverso); 1 Unità di Consumo.	Il Sistema deve essere realizzato all'interno di un'area senza soluzione di continuità, al netto di strade, strade ferrate, corsi d'acqua e laghi, di proprietà o nella piena disponibilità del cliente finale.

FIGURA 3 - REQUISITI MINIMI SEU

- b) I Sistemi Esistenti Equivalenti ai Sistemi Efficienti di Utente (SEESEU) sono “realizzazioni che soddisfano tutti i requisiti di cui ai punti *i.* e *ii.* e almeno a uno dei requisiti di cui ai punti *iii.*, *iv.*, e *v.*”:
- i.* Sono realizzazioni per le quali l'iter autorizzativo, relativo alla realizzazione di tutti gli elementi principali (unità di consumo e di produzione, relativi collegamenti privati e alla rete pubblica) che le caratterizzano è stato avviato in data antecedente al 4 luglio 2008;
 - ii.* Sono sistemi esistenti alla data di entrata in vigore del provvedimento, ovvero sono sistemi per cui, alla predetta data, sono stati avviati i lavori di realizzazione, ovvero sono state ottenute tutte le autorizzazioni previste dalla normativa vigente;
 - iii.* Sono sistemi che rispettano i requisiti dei SEU;

- iv. Sono sistemi che connettono, per il tramite di un collegamento privato senza obbligo di connessione di terzi, esclusivamente unità di produzione e di consumo di energia elettrica gestite dal medesimo soggetto giuridico che riveste quindi, il ruolo di produttore e di unico cliente finale all'interno dell'intero sistema. L'univocità del soggetto giuridico deve essere verificata alla data di entrata in vigore del provvedimento ovvero, qualora successiva, alla data di entrata in esercizio del sistema;
- v. Sono Sistemi Semplici di Produzione e Consumo già in esercizio alla data del 1° gennaio 2014 e caratterizzati, alla medesima data, da una o più unità di consumo tutte gestite, in qualità di cliente finale, dal medesimo soggetto giuridico o da soggetti giuridici diversi purché tutte appartenenti al medesimo gruppo societario

I SEESEU sono classificati in tre categorie (A, B e C):

- SEESEU-A soddisfano i requisiti di cui ai punti *i*, *ii* e *iv* della lettera b). I SEESEU-A, intesi come sistemi esistenti (nel senso specificato ai punti *i*, *ii*), sono caratterizzati dalla presenza di un unico soggetto giuridico che, nel contempo, assume la qualifica di cliente finale e di produttore. L'univocità del soggetto giuridico deve essere verificata al 1° gennaio 2014, ovvero, qualora successiva, alla data di entrata in esercizio del predetto Sistema. Ai fini dell'ottenimento della qualifica di SEESEU-A, non vi sono vincoli di potenza del Sistema né è prevista la presenza esclusiva di impianti alimentati da fonti rinnovabili o cogenerativi ad alto rendimento;

Categoria	Potenza massima	Obbligo FER o CAR (*)	Vincoli data	Vincoli di natura giuridica	Vincoli di "area"
SEESEU-A	Nessun limite	No	Autorizzazioni richieste entro il 4 luglio 2008 e ottenute entro il 31 dicembre 2013	Unico soggetto giuridico (Produttore=Cliente). L'univocità del soggetto giuridico deve essere verificata al 1° gennaio 2014, ovvero, qualora successiva, alla data di entrata in esercizio del SEESEU-A	Nessuno

FIGURA 4 – REQUISITI MINIMI DEL SEESEU-A

- SEESEU-B soddisfano i requisiti di cui ai punti *i*, *ii*, *iii* della lettera b). I SEESEU-B, intesi come sistemi esistenti (nel senso specificato ai punti *i*, *ii*), rispettano i requisiti previsti per i SEU. Devono, quindi, essere caratterizzati da un solo cliente finale e un

solo produttore eventualmente diversi tra loro, da un'unica Unità di Consumo, nonché da uno o più impianti di produzione alimentati da fonti rinnovabili o cogenerativi ad alto rendimento aventi, complessivamente, una potenza massima di 20 MW. Possono rientrare nei SEESEU-B, a decorrere dal 1° gennaio 2016 e, secondo le modalità di seguito riportate, anche i sistemi inizialmente classificati come SEESEU-C;

Categoria	Potenza massima	Obbligo FER o CAR (*)	Vincoli data	Vincoli di natura giuridica	Vincoli di "area"
SEESEU-B	20 MW	Si	Autorizzazioni richieste entro il 4 luglio 2008 e ottenute entro il 31 dicembre 2013	1 cliente; 1 produttore (anche diverso dal cliente); 1 Unità di Consumo	Il Sistema deve essere realizzato all'interno di un'area senza soluzione di continuità, al netto di strade, strade ferrate, corsi d'acqua e laghi, di proprietà o nella piena disponibilità del cliente finale.

FIGURA 5 – REQUISITI MINIMI DEI SEESEU-B

- SEESEU-C soddisfano i requisiti di cui ai punti *i*, *ii* e *v* della lettera b). La qualifica di SEESEU-C è transitoria ed è valida solo fino al 31 dicembre 2015 al fine di salvaguardare gli investimenti effettuati prima dell'entrata in vigore del D.Lgs. 115/08; potranno acquisire la qualifica di SEESEU-B dopo il 31 dicembre 2015, qualora siano rispettate tutte le ulteriori condizioni di cui all'art. 26, comma 26.1, del TISSPC.

Categoria	Potenza massima	Obbligo FER o CAR (*)	Vincoli data	Vincoli di natura giuridica	Vincoli di "area"
SEESEU-C (valida fino al 31 dicembre 2015)	Nessun limite	No	Autorizzazioni richieste entro il 4 luglio 2008 e ottenute entro il 31 dicembre 2013. Entrati in esercizio entro il 31 dicembre 2013	Al 1° gennaio 2014 le Unità di Consumo che lo compongono devono essere gestite, in qualità di cliente finale, dal medesimo soggetto giuridico o da soggetti giuridici diversi, purché tutti appartenenti al medesimo gruppo societario	Nessuno

FIGURA 6 – REQUISITI MINIMI DEI SEESEU-C

Benefici tariffari derivanti dalla qualifica SEU – SEESEU

Il conseguimento della qualifica SEU/SEESEU (A-B-C) comporta condizioni tariffarie agevolate sull'energia elettrica autoconsumata (ovvero prodotta e consumata all'interno del Sistema) a seconda della categoria di Sistema riconosciuto.

Benefici tariffari a decorrere dal 1° gennaio 2015

Tipologia	Componenti fisse di trasporto	Componenti variabili di trasporto	Componenti fisse oneri generali	Componenti variabili oneri generali	Componente MCT
SEU	Punto di connessione con la rete pubblica	Energia elettrica prelevata da rete pubblica	Punto di connessione con la rete pubblica	Energia elettrica prelevata dalla rete + 5% dell'energia elettrica consumata e non prelevata dalla rete ¹	Energia elettrica prelevata dalla rete + 5% dell'energia elettrica consumata e non prelevata dalla rete ¹
SEESEU-A	Punto di connessione con la rete pubblica	Energia elettrica prelevata da rete pubblica	Punto di connessione con la rete pubblica	Energia elettrica prelevata dalla rete + 5% dell'energia elettrica consumata e non prelevata dalla rete ¹	Energia elettrica prelevata dalla rete + 5% dell'energia elettrica consumata e non prelevata dalla rete ¹
SEESEU-B					
SEESEU-C	Punto di connessione con la rete pubblica	Energia elettrica prelevata da rete pubblica	Punto di connessione con la rete pubblica	Energia elettrica prelevata dalla rete + 5% dell'energia elettrica consumata e non prelevata dalla rete ¹	Energia elettrica consumata

1) Va esclusa l'energia prodotta dagli impianti a fonti rinnovabili operanti in regime di Scambio sul Posto di potenza non superiore a 20 kW, ai sensi della Legge 116/2014, art. 25-bis.

FIGURA 7 – BENEFICI TARIFFARI A DECORRERE DAL 1° GENNAIO 2015

A decorrere dal 1° gennaio 2015, ai sensi dell'art. 24, comma 24.2 e 24.3, per i sistemi qualificati come SEU/SEESEU i corrispettivi a copertura degli oneri generali di sistema, limitatamente alle parti variabili, si applicano all'energia elettrica consumata e non prelevata da rete, in misura pari al 5% dei corrispondenti importi unitari dovuti sull'energia prelevata dalla rete. Tali disposizioni non si applicano per gli impianti a fonti rinnovabili operanti in regime di scambio sul posto di potenza non superiore a 20 kW, per i quali i corrispettivi a copertura degli oneri generali di sistema, limitatamente alle parti variabili, continuano ad applicarsi all'energia elettrica prelevata. Si precisa infine che i benefici tariffari derivanti dalla qualifica SEU/SEESEU (A-B-C) sono cumulabili con quelli derivanti dal meccanismo di ritiro amministrato dell'energia elettrica e dello scambio sul posto e con i meccanismi di incentivazione dell'energia elettrica e dell'efficienza energetica (laddove applicabili) [2].

CAPITOLO 2 – PANORAMICA DELLO STABILIMENTO

Lo scopo del lavoro svolto durante lo stage consiste nel rilievo delle utenze termiche e dell'assorbimento elettrico di due gruppi frigoriferi all'interno dello stabilimento: con riferimento alla ISO 50001 si tratta sostanzialmente di un mix della parte di misurazione e di pianificazione (Figura 1). L'assorbimento elettrico totale dello stabile è già stato reso disponibile dall'azienda mediante un sistema di misurazione interna, ma essendo comunque parte importante per lo studio, i dati rilevati verranno trattati in seguito. Questo tipo di lavoro è partito dalla sostanziale necessità di avere dei valori da poter introdurre all'interno di uno studio di fattibilità, utile alla definizione della convenienza o meno dell'installazione di un gruppo di trigenerazione, con lo scopo di ottenere la qualifica di SEU da parte del GSE, e quindi le agevolazioni tariffarie relative (Figura 7). Per dare un ordine logico all'esposizione, partiamo dalla descrizione della centrale termica, per poi passare alla descrizione delle diverse linee che compongono l'intera distribuzione del calore nello stabilimento.

2.1 - Centrale termica e generatori di vapore

Nella centrale termica sono situati quattro generatori di vapore, ciascuno di potenza pari a 1.800.000 kcal/h ed in grado di garantire una portata di vapore di 3.000 kg/h prodotti a 10 bar come vapore saturo, quindi senza surriscaldamento.



FIGURA 8 – I QUATTRO GENERATORI DI VAPORE POSIZIONATI ALL'INTERNO DELLA CENTRALE TERMICA

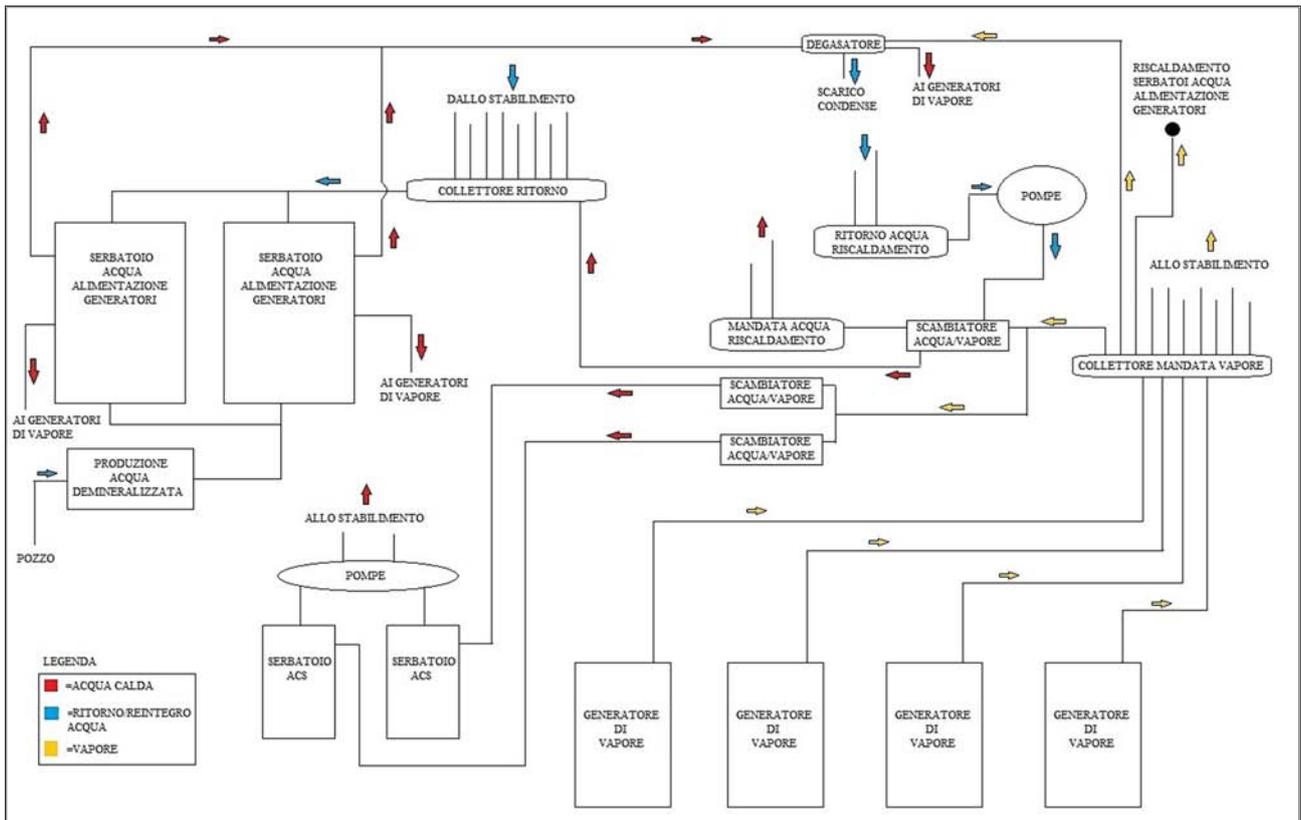


FIGURA 9 – SCHEMA FUNZIONALE A BLOCCHI DELLA CENTRALE TERMICA CON RAPPRESENTAZIONE DELLE MACCHINE PRINCIPALI

Il vapore prodotto da questi generatori viene introdotto in un collettore di mandata del vapore, da cui partono diverse linee che vanno ad alimentare svariati rami del circuito del vapore (Figura 9). Dal



FIGURA 10 – COLLETTORE DI MANDATA DEL VAPORE

collettore di mandata una parte del vapore viene inviato ad uno scambiatore a fascio tubiero che permette di produrre acqua calda da utilizzare in alcune linee per il riscaldamento; di questo vapore un'altra parte viene mandata ad un altro scambiatore a fascio tubiero per produrre l'acqua calda sanitaria, che viene accumulata in due serbatoi e poi pompata

anch'essa all'interno dello stabilimento. La linea dell'acqua calda per il riscaldamento è dotata di collettori di mandata e ritorno; quest'ultimo confluisce nel collettore di ritorno del vapore che a sua volta entra nei serbatoi d'acqua di alimentazione dei generatori di vapore. Il circuito di riscaldamento ad acqua è dotato di propri gruppi di pompaggio. Sul collettore di mandata del vapore sussistono altri due stacchi: uno va ad alimentare un degasatore; l'altro va a riscaldare l'acqua nei serbatoi di



FIGURA 11 – GRUPPI DI POMPAGGIO PER L'ACQUA DEL CIRCUITO DI RISCALDAMENTO

accumulo dedicati al preriscaldamento dell'acqua per i generatori di vapore; quindi da questi due serbatoi di accumulo l'acqua riparte per poter essere ritrasformata in vapore. Questo è sostanzialmente il metodo di produzione del calore dell'intero stabilimento: si intuisce subito come possa essere uno spreco energetico rilevante l'utilizzo di vapore per la produzione di acqua calda da utilizzare sia

come riscaldamento in alcune aree dello stabilimento, sia come acqua calda sanitaria.

2.2 - Distribuzione del calore all'interno dello stabilimento

Prima di poter individuare nello specifico le diverse linee che attraversano lo stabile ed i carichi termici ad esse collegate è importante dividere lo stabile in più aree di produzione:

- Zona Orlandi 1: è la parte dello stabilimento dedicata ai prodotti ricorrenti, ossia quei prodotti che vengono preparati soltanto in alcuni periodi dell'anno. Questa zona è composta da una sala in cui vengono preparati gli impasti, una sala di stazionamento del burro, una sala che accoglie il forno di cottura ed infine una sala in cui avviene il confezionamento del prodotto finito. Comprende anche un'officina meccanica in cui operano i manutentori dello stabile;
- Zona Orlandi 2: è una parte dello stabilimento dedicata a prodotti continuativi. Comprende una zona dedicata al forno di cottura ed una zona di confezionamento.
- Zona Polin: è una parte dello stabilimento dedicata a prodotti continuativi. Comprende una zona dedicata al forno di cottura ed una zona di confezionamento;
- Zona Ima: è una parte dello stabilimento dedicata a prodotti continuativi. Comprende una zona dedicata alla lievitazione, una dedicata al forno di cottura ed una zona di confezionamento;
- Zona Box di laminazione: comprende una sala in cui vengono preparati gli impasti ed una cella dedicata alla laminazione;
- Magazzino materie prime;

- Uffici;
- Spogliatoi;
- Laboratori;
- Mensa.

Le altre zone presenti in Figura 12 ma non descritte non sono servite da alcuna tubazione e quindi non sono di interesse allo studio svolto.

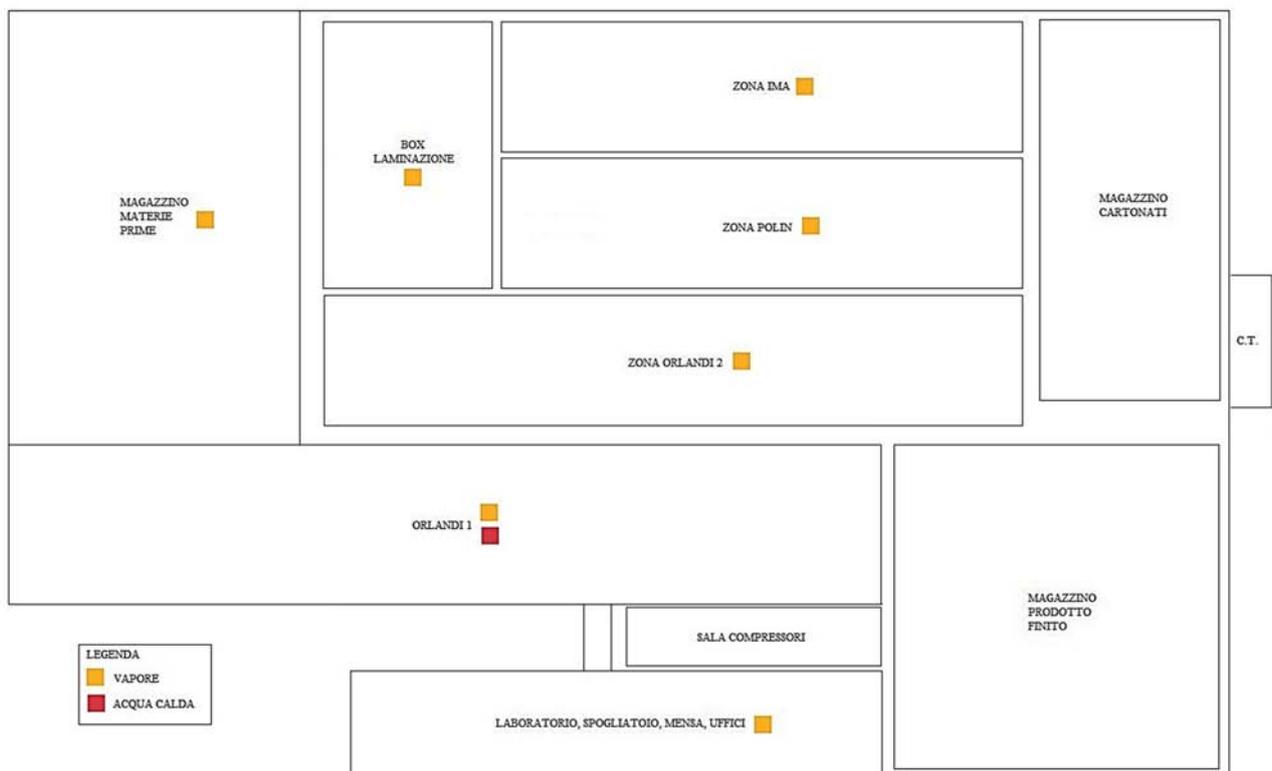


FIGURA 12 – SUDDIVISIONE PER AREE DELLO STABILIMENTO

Distribuzione del vapore

Tutte le diverse aree dello stabilimento sono sostanzialmente servite da vapore; fa eccezione la zona Orlandi 1 per la quale sussiste anche la distribuzione di acqua calda (per riscaldamento). È possibile contare due diverse forme di distribuzione del vapore, ed è possibile associarle a diverse zone dello stabile:

1. La linea del vapore va ad alimentare direttamente batterie di riscaldamento di alcune unità di trattamento dell'aria più altri macchinari utili alla produzione: è il caso delle zone Orlandi 2, Polin, Ima, Box laminazione, Spogliatoi e Magazzino materie prime;

2. La linea del vapore va ad alimentare uno scambiatore di calore posto in loco sulla macchina che permette di produrre acqua calda; la quale va ad alimentare alcune unità di trattamento dell'aria: è il caso di parte della zona Orlandi 1, e di tutta la zona Laboratori, Uffici, e Mensa.

Tutta la distribuzione del vapore appena descritta avviene con partenza dalla centrale termica, e più precisamente dal collettore di mandata del vapore: su di esso sussistono quattro partenze per la zona di produzione (Ima, Polin, Orlandi 2, Orlandi 1), ed una dedicata alle zone Laboratori, Uffici, Mensa, e Spogliatoi.

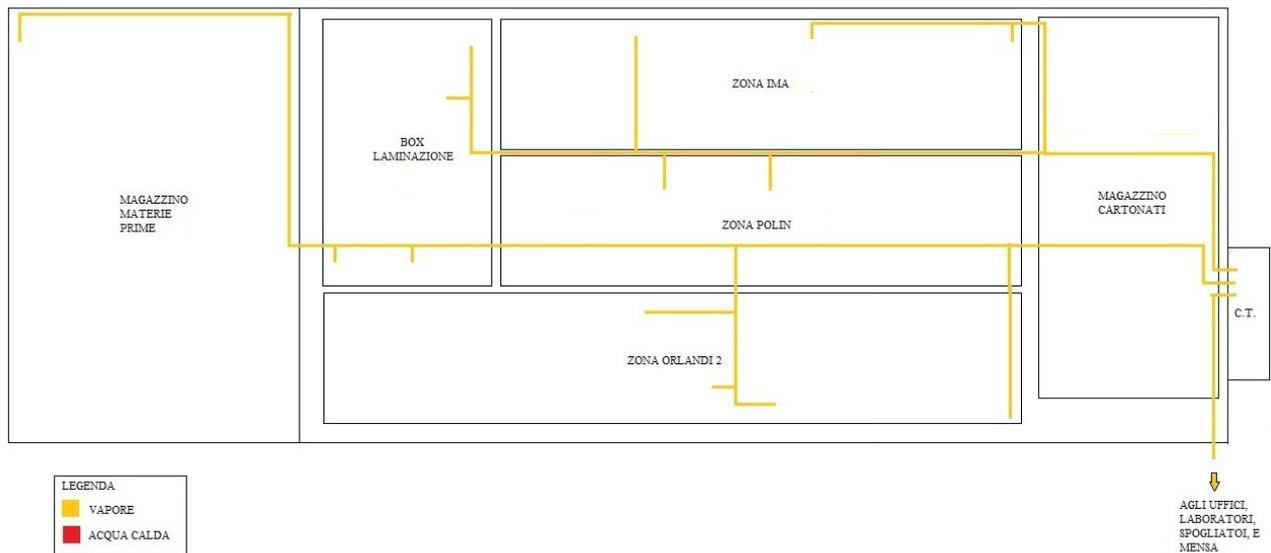


FIGURA 13 – LINEE DI DISTRIBUZIONE DEL VAPORE (DETTAGLIO ORLANDI 1 PRESENTE IN FIGURA 14)

Distribuzione dell'acqua calda

La distribuzione dell'acqua calda (ad uso riscaldamento) avviene soltanto nella zona Orlandi 1, e parte dalla centrale termica, più precisamente dal collettore di mandata dell'acqua calda ad uso riscaldamento su cui insistono due linee: la prima ha diametro 5", e si suddivide a sua volta in due

rami che vanno ad alimentare più aerotermi distribuiti nella zona Orlandi 1; la seconda ha diametro 3” e va ad alimentare due unità trattamento aria, sempre all’interno della zona Orlandi 1 (Figura 14).

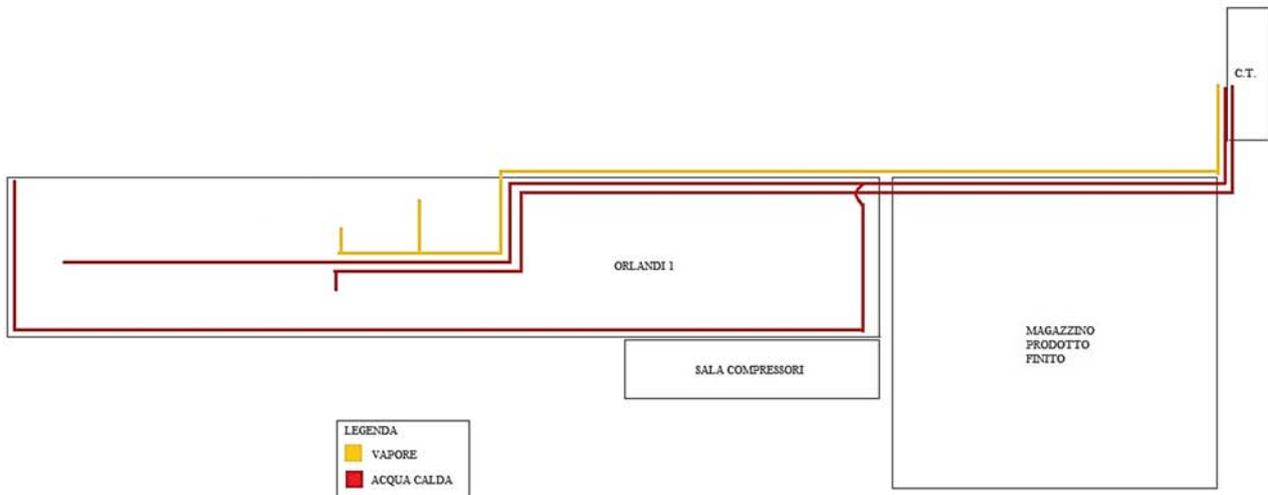


FIGURA 14 – LINEE DI DISTRIBUZIONE NELLA ZONA ORLANDI 1

2.3 – La centrale frigorifera

La centrale frigorifera è situata nella zona nominata in Figura 12 come Sala Compressori, e all’interno di questo ambiente sono poste due macchine frigorifere:

1. *Macchina con compressore centrifugo YORK*: è una macchina il cui motore elettrico di movimentazione del compressore ha potenza nominale 209 kW_e, ed è in grado di sviluppare all’evaporatore una potenza di 1200 kW_{frigoriferi} (dati di targa della macchina, con temperature di mandata e ritorno dell’acqua refrigerata rispettivamente di 7°C e 12°C ed acqua di raffreddamento del condensatore con temperature di mandata e ritorno rispettivamente di 30°C e 35°C). La macchina sfrutta una torre evaporativa per effettuare il raffreddamento dell’acqua al condensatore, il collegamento tra le due parti è



FIGURA 15 – MACCHINA FRIGORIFERA YORK DOTATA DI COMPRESSORE CENTRIFUGO

garantito da un circuito dotato di pompe di circolazione dedicate (una funzionante ed una utilizzata come riserva all'altra in caso di guasti);

2. *Macchina con compressore alternativo SABROE*: è dotata di un motore elettrico di potenza nominale 250 kW_e che movimenta un compressore a 16 cilindri, ed è in grado di sviluppare all'evaporatore una potenza di 1062 kW_{frigoriferi} (dati di targa della macchina, con temperature di mandata e ritorno dell'acqua



FIGURA 16 – MACCHINA FRIGORIFERA SABROE DOTATA DI COMPRESSORE ALTERNATIVO

refrigerata rispettivamente di 7°C e 12°C ed acqua di raffreddamento del condensatore con temperature di mandata e ritorno rispettivamente di 30°C e 35°C). La macchina sfrutta una torre evaporativa per effettuare il raffreddamento dell'acqua al condensatore, il collegamento tra le due parti è garantito da un circuito dotato di pompe di circolazione dedicate (una funzionante ed una utilizzata come riserva all'altra in caso di guasti).

Le due macchine frigorifere rigettano l'acqua refrigerata prodotta all'interno di un serbatoio di accumulo, il quale è collegato ad un collettore di mandata dell'acqua refrigerata da cui partono le diverse linee che si diramano nello stabilimento. Ogni partenza da suddetto collettore ha una pompa dedicata, ed allo stesso modo il circuito tra macchine e serbatoio di accumulo dell'acqua fredda ha una coppia di pompe (una utilizzata come riserva) che garantisce la circolazione (Figura 17).

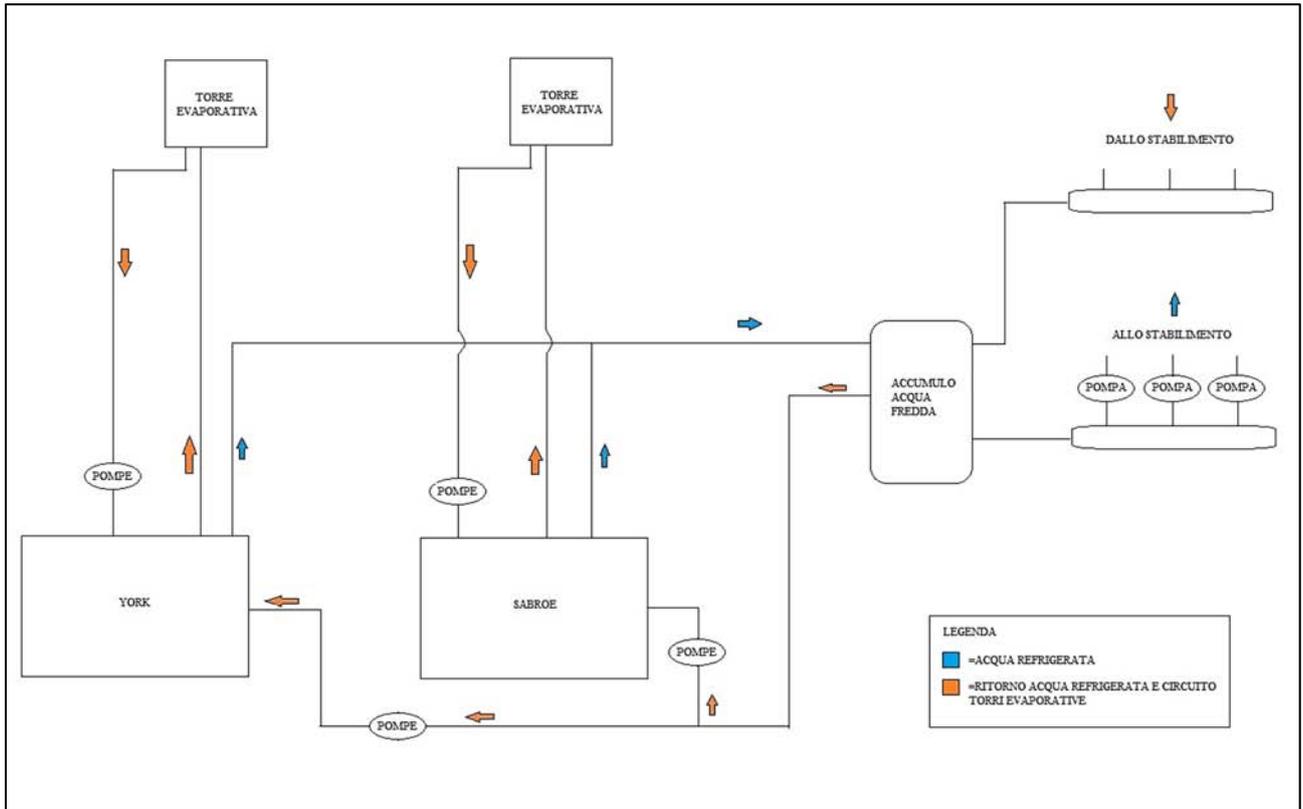


FIGURA 17 – SCHEMA DI FUNZIONAMENTO A BLOCCHI DELLA CENTRALE FRIGORIFERA

CAPITOLO 3 – I CARICHI TERMICI

Le macchine che vanno a sfruttare l'energia termica prodotta dai generatori di vapore sono di diverso tipo, e sostanzialmente si caratterizzano per la loro destinazione d'uso:

- a) Macchine che utilizzano il calore per riscaldare e umidificare ambienti che richiedono determinate condizioni termoigrometriche, dovute al tipo di lavorazione che deve essere effettuata sul prodotto;
- b) Macchine che utilizzano il calore per il semplice riscaldamento degli ambienti di lavoro;
- c) Macchine che utilizzano il calore per processo.

3.1 – Disposizione dei carichi termici all'interno dello stabilimento

In base alla suddivisione appena descritta, è possibile identificare all'interno della categoria *a* tutte le Unità di Trattamento dell'Aria (UTA) dedicate alle celle di lievitazione degli impasti; della categoria *c* fanno invece parte il tunnel di raffreddamento del forno Orlandi 1, i lavateglie delle linee Polin, Ima e Orlandi 2, ed i pastorizzatori della linea Polin e Orlandi 2. Ovviamente tutte le macchine rimanenti fanno parte della categoria *b*. Si osserva di seguito la disposizione dei diversi carichi termici all'interno dello stabilimento (Figura 18 e Figura 19).

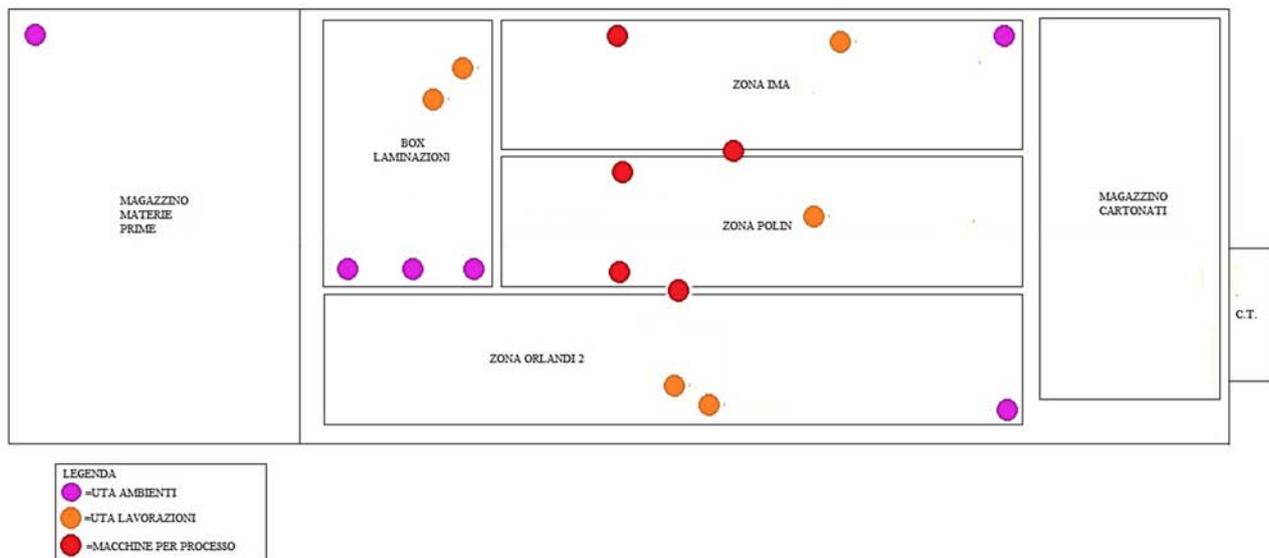


FIGURA 18 – DISPOSIZIONE DEI CARICHI TERMICI NELLA PARTE SERVITA DA VAPORE DELLO STABILIMENTO

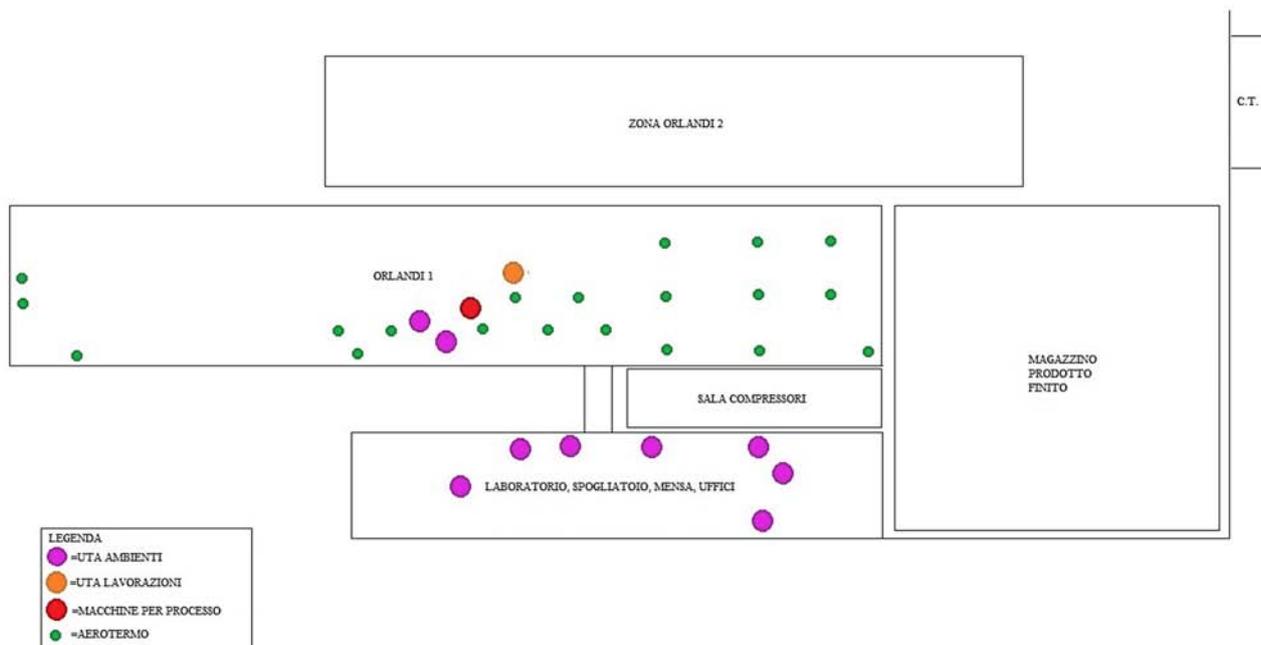


FIGURA 19 – DISPOSIZIONE DEI CARICHI TERMICI NELLA PARTE SERVITA DA VAPORE E ACQUA CALDA DELLO STABILIMENTO

3.2 – Numerazione dei carichi termici

Per poter associare alla singola macchina descritta una determinata posizione all'interno dello stabilimento, e quindi che successivamente permetta di eseguire alcune considerazioni sul tipo di alimentazione e sulle potenzialità delle macchine, introduciamo una numerazione:

MACCHINA	CARATTERIZZAZIONE DELLA MACCHINA
1	UTA Sala burro
2	UTA Sala impasti San Cassiano
3	UTA Cella lievitazione Orlandi 1
4	UTA Confezionamento Orlandi 2
5	UTA Raffreddamento Orlandi 2
6	UTA Confezionamento Ima
7	UTA Cella lievitazione Orlandi 2
8	UTA Cella lievitazione Ima
9	UTA Sala impasti VMI
10	UTA Box laminazione Orlandi 2

MACCHINA	CARATTERIZZAZIONE DELLA MACCHINA
11	UTA Box laminazione Ima
12	UTA Uffici laboratori
13	UTA Magazzino materie prime
14	UTA Mensa
15	UTA Spogliatoi
16	UTA Laboratorio di ricerca
16A	UTA Laboratorio cioccolato
17	UTA Uffici amministrativi
18	UTA Raffreddamento Ima
19	UTA Sala fumatori
20	Aerotermini vari
21	Lavateglie zona Ima
22	Lavateglie zona Polin
23	Lavateglie zona Orlandi 2
24	Pastorizzatore zona Polin
25	Pastorizzatore zona Orlandi 2
26	Tweedy
27	UTA Box laminazione Polin
28	UTA Cella lievitazione Polin

È possibile ora disporre i diversi carichi con la corrispettiva numerazione sulla pianta (schematica) dello stabile (Figura 20).



FIGURA 20 – NUMERAZIONE E POSIZIONAMENTO DEI CARICHI TERMICI ALL'INTERNO DELLO STABILIMENTO

3.3 – Caratteristiche dei carichi termici

Le caratteristiche di seguito riportate sono state ottenute attraverso diverse metodologie di lavoro: per alcune macchine si è riusciti a risalire alla scheda tecnica; per altre è stato necessario introdurre delle assunzioni con le quali, attraverso qualche calcolo, si è riusciti ad ottenere un valore di riferimento; per altre ancora invece ci si è basati sull'osservazione in loco della macchina.

UTA 1 - Sala burro

Questa UTA è alimentata ad acqua calda prodotta in centrale termica, da scheda tecnica della macchina si sono ottenuti dei valori di potenza termica pari a 34,89 kW, con una portata di acqua calda pari a 3.000 kg/h.

UTA 2 – Sala impasti San Cassiano

Questa UTA è alimentata ad acqua calda prodotta in centrale termica, da scheda tecnica della macchina si sono ottenuti dei valori di potenza termica pari a 200 kW, con una portata di acqua calda pari a 17.200 kg/h.

UTA 3 – Cella di lievitazione Orlandi 1

Questa UTA è alimentata da vapore ed acqua calda, dato che effettua sia il riscaldamento che l'umidificazione all'interno della cella. L'umidificazione avviene per immissione diretta di vapore in ambiente; il riscaldamento invece viene effettuato mediante acqua calda prodotta sul posto da uno scambiatore a fascio tubiero acqua/vapore, il quale permette di introdurre la stessa all'interno di due batterie alettate allacciate in parallelo per il riscaldamento dell'aria. Non è stato possibile risalire ad alcuna scheda tecnica data l'età della macchina, quindi è stata presa come riferimento per la portata di vapore e la potenza l'UTA presente nella cella di lievitazione della zona Orlandi 2: questa assunzione è stata fatta perché il tipo di struttura e la dimensione delle due celle è all'incirca la stessa. Considerando tutto questo si è quindi ottenuta una potenza totale in riscaldamento di 137 kW ed una portata di vapore pari a 230,4 kg/h.

UTA 4 – Confezionamento Orlandi 2

Questa UTA è alimentata da vapore prodotto in centrale termica, da scheda tecnica della macchina si sono ottenuti dei valori di potenza termica pari a 200 kW, con una portata di vapore pari a 333 kg/h. La batteria di questa UTA sfrutta direttamente il vapore prodotto, che prima dell'ingresso alla macchina viene portato ad una pressione di 3 bar tramite un riduttore di pressione.

UTA 5 – Raffreddamento Orlandi 2

Questa UTA è dotata di batteria di riscaldamento alimentata da vapore prodotto in centrale termica, da scheda tecnica della macchina si sono ottenuti dei valori di potenza termica pari a 85,5 kW, con una portata di vapore pari a 144 kg/h. La batteria di questa UTA sfrutta direttamente il vapore prodotto, che prima dell'ingresso alla macchina viene portato ad una pressione di 3 bar tramite un riduttore di pressione.

UTA 6 – Confezionamento Ima

Questa UTA è dotata di batteria di riscaldamento alimentata da vapore prodotto in centrale termica,



FIGURA 21 – UTA 6 CONFEZIONAMENTO IMA

da scheda tecnica della macchina si sono ottenuti dei valori di potenza termica pari a 565 kW, con una portata di vapore pari a 955 kg/h. La batteria di questa UTA sfrutta direttamente il vapore prodotto, che prima dell'ingresso alla macchina viene portato ad una pressione di 3 bar tramite un riduttore di pressione.

UTA 7 – Cella lievitazione Orlandi 2

Questa UTA fa umidificazione tramite iniezione diretta di vapore in ambiente ed è dotata di batteria di riscaldamento alimentata da vapore prodotto in centrale termica. Da scheda tecnica della macchina si sono ottenuti dei valori di potenza termica pari a 137 kW, con una portata di vapore pari a 230,4 kg/h. La batteria di questa UTA sfrutta direttamente il vapore prodotto, che prima dell'ingresso alla macchina viene portato ad una pressione di 3 bar tramite un riduttore di pressione.

UTA 8 – Cella lievitazione Ima

Questa UTA fa umidificazione tramite iniezione diretta di vapore in ambiente ed è dotata di batteria di riscaldamento alimentata da vapore prodotto in centrale termica. Da scheda tecnica della macchina si sono ottenuti dei valori di potenza termica pari a 180 kW, con una portata di vapore pari a 281 kg/h. La batteria di questa UTA sfrutta direttamente il vapore prodotto, che prima dell'ingresso alla macchina viene portato ad una pressione di 3 bar tramite un riduttore di pressione.

UTA 9 – Sala impasti VMI

Questa UTA ha una batteria di riscaldamento alimentata ad acqua calda, che viene prodotta sul posto mediante uno scambiatore a fascio tubiero acqua/vapore. In questo caso non è stato possibile risalire alla scheda tecnica, ma da osservazioni sul posto è stato possibile risalire (grazie ad una targa presente sulla macchina) alla portata d'aria trattata Q_v , pari a 39.000 m³/h. Considerando quindi che:

- La macchina non effettua umidificazione dell'aria, bensì opera solo come riscaldamento sensibile della stessa;
- Tutta l'aria trattata viene mandata all'interno del box di laminazione;
- Sono note le schede tecniche di altre macchine che insistono all'interno del box di laminazione, di cui da progetto è nota la temperatura di immissione $T_{imm}=30^{\circ}\text{C}$ e la temperatura di ripresa $T_{rip}=20^{\circ}\text{C}$;

È stato possibile risalire alla potenza della batteria di riscaldamento come:

$$P = \frac{\dot{Q}_v}{3.600} * \rho_{air} * Cp_{air} (T_{imm} - T_{rip}) = \frac{39.000}{3.600} * 1,2 * 1 * (30 - 20) = 130 \text{ kW}$$

Dove ρ_{air} è la densità dell'aria in [kg/m³] e Cp_{air} è il calore specifico a pressione costante dell'aria in [kJ/kgK].

UTA 10 – Box laminazione Orlandi 2

Questa UTA è dotata di batteria di riscaldamento alimentata da vapore prodotto in centrale termica, da scheda tecnica della macchina si sono ottenuti dei valori di potenza termica pari a 40,4 kW, con una portata di vapore pari a 68 kg/h. La batteria di questa UTA sfrutta direttamente il vapore prodotto, che prima dell'ingresso alla macchina viene portato ad una pressione di 3 bar tramite un riduttore di pressione.

UTA 11 – Box laminazione Ima

Questa UTA è dotata di batteria di riscaldamento alimentata da vapore prodotto in centrale termica, da scheda tecnica della macchina si sono ottenuti dei valori di potenza termica pari a 100 kW, con una portata di vapore pari a 170 kg/h. La batteria di questa UTA sfrutta direttamente il vapore prodotto, che prima dell'ingresso alla macchina viene portato ad una pressione di 3 bar tramite un riduttore di pressione.

UTA 12 – Uffici laboratori

Una linea del vapore che parte dalla centrale termica va ad alimentare uno scambiatore di calore a fascio tubiero che garantisce la produzione di acqua calda per tre diverse unità, di cui questa trattata. In questo caso non è stato possibile risalire alla scheda tecnica, ma da osservazioni sul posto è stato possibile risalire (grazie ad una targa presente sulla macchina) alla portata d'aria trattata Q_v , pari a 7.500 m³/h. Considerando quindi che:

- La macchina non effettua umidificazione dell'aria, bensì opera solo come riscaldamento sensibile della stessa;
- Sono note le schede tecniche di altre macchine che insistono all'interno della zona uffici laboratori, di cui da progetto è nota la temperatura di immissione $T_{imm}=30^{\circ}\text{C}$ e la temperatura di ripresa $T_{rip}=17^{\circ}\text{C}$;

È stato possibile risalire alla potenza della batteria di riscaldamento come:

$$P = \frac{\dot{Q}_v}{3.600} * \rho_{air} * C_{p_{air}}(T_{imm} - T_{rip}) = \frac{7.500}{3.600} * 1,2 * 1 * (30 - 17) = 32,5 \text{ kW}$$

Dove ρ_{air} è la densità dell'aria in [kg/m³] e $C_{p_{air}}$ è il calore specifico a pressione costante dell'aria in [kJ/kgK].

UTA 13 – Magazzino materie prime

Questa UTA è dotata di batteria di riscaldamento alimentata da vapore prodotto in centrale termica, non sono stati fatti particolari rilievi in quanto non viene utilizzata in riscaldamento. La batteria di questa UTA sfrutta direttamente il vapore prodotto, che prima dell'ingresso alla macchina viene portato ad una pressione di 3 bar tramite un riduttore di pressione.

UTA 14 – Mensa

Questa UTA ha una batteria di riscaldamento alimentata ad acqua calda, che viene prodotta sul posto mediante uno scambiatore a fascio tubiero acqua/vapore. In questo caso non è stato possibile risalire alla scheda tecnica, ma da osservazioni sul posto è stato possibile risalire (grazie ad una targa presente sulla macchina) alla portata d'aria trattata Q_v , pari a 7.500 m³/h. Considerando quindi che:

- La macchina non effettua umidificazione dell'aria, bensì opera solo come riscaldamento sensibile della stessa;
- Sono note le schede tecniche di altre macchine che insistono in ambienti circostanti la mensa ma operanti alle stesse condizioni, di cui da progetto è nota la temperatura di immissione $T_{imm}=30^{\circ}\text{C}$ e la temperatura di ripresa $T_{rip}=15^{\circ}\text{C}$;

È stato possibile risalire alla potenza della batteria di riscaldamento come:

$$P = \frac{\dot{Q}_v}{3.600} * \rho_{air} * C_{p_{air}}(T_{imm} - T_{rip}) = \frac{7.500}{3.600} * 1,2 * 1 * (30 - 15) = 37,5 \text{ kW}$$

Dove ρ_{air} è la densità dell'aria in [kg/m³] e $C_{p_{air}}$ è il calore specifico a pressione costante dell'aria in [kJ/kgK].

UTA 15 – Spogliatoi

Questa UTA è dotata di batteria di riscaldamento alimentata da vapore prodotto in centrale termica, da scheda tecnica della macchina si sono ottenuti dei valori di potenza termica pari a 68,4 kW, con una portata di vapore pari a 115 kg/h. La batteria di questa UTA sfrutta direttamente il vapore prodotto, che prima dell'ingresso alla macchina viene portato ad una pressione di 3 bar tramite un riduttore di pressione.

UTA 16 – Laboratorio di ricerca

Una linea del vapore che parte dalla centrale termica va ad alimentare uno scambiatore di calore a fascio tubiero che garantisce la produzione di acqua calda per tre diverse unità, di cui questa trattata. Questa UTA è alimentata quindi ad acqua calda e dalla scheda tecnica della macchina si sono ottenuti dei valori di potenza termica pari a 62 kW, con una portata di acqua calda pari a 5.332 kg/h.

UTA 16A – Laboratorio cioccolato

Una linea del vapore che parte dalla centrale termica va ad alimentare uno scambiatore di calore a fascio tubiero che garantisce la produzione di acqua calda per tre diverse unità, di cui questa trattata. Questa UTA è alimentata quindi ad acqua calda e dalla scheda tecnica della macchina si sono ottenuti dei valori di potenza termica pari a 33,8 kW, con una portata di acqua calda pari a 2.907 kg/h.

UTA 17 - Uffici amministrativi

Questa UTA ha una batteria di riscaldamento alimentata ad acqua calda, che viene prodotta sul posto mediante uno scambiatore a fascio tubiero acqua/vapore. In questo caso non è stato possibile risalire alla scheda tecnica, ma da osservazioni sul posto è stato possibile risalire (grazie ad una targa presente sulla macchina) alla portata d'aria trattata Q_v , pari a 6.000 m³/h. Considerando quindi che:

- La macchina non effettua umidificazione dell'aria, bensì opera solo come riscaldamento sensibile della stessa;
- Sono note le schede tecniche di altre macchine che insistono in ambienti circostanti la mensa ma operanti alle stesse condizioni, di cui da progetto è nota la temperatura di immissione $T_{imm}=30^{\circ}\text{C}$ e la temperatura di ripresa $T_{rip}=15^{\circ}\text{C}$;

È stato possibile risalire alla potenza della batteria di riscaldamento come:

$$P = \frac{\dot{Q}_v}{3.600} * \rho_{air} * Cp_{air} (T_{imm} - T_{rip}) = \frac{6.000}{3.600} * 1,2 * 1 * (30 - 15) = 30 \text{ kW}$$

Dove ρ_{air} è la densità dell'aria in [kg/m³] e Cp_{air} è il calore specifico a pressione costante dell'aria in [kJ/kgK].

UTA 18 – Raffreddamento Ima

Questa UTA risulta in disuso da più di un anno e quindi non è stata considerata come utile all'analisi.

UTA 19 – Sala fumatori

Questa UTA è dotata di batteria di riscaldamento alimentata da vapore prodotto in centrale termica, da scheda tecnica della macchina si sono ottenuti dei valori di potenza termica pari a 27,4 kW, con una portata di vapore pari a 47 kg/h. La batteria di questa UTA sfrutta direttamente il vapore prodotto, che prima dell'ingresso alla macchina viene portato ad una pressione di 3 bar tramite un riduttore di pressione.

20 – Aerotermi

Sono alimentati da acqua calda prodotta in centrale termica, ma non è stato possibile ottenere alcun tipo di scheda tecnica, e quindi il calcolo della potenzialità si è basato anche in questo caso su rilievi effettuati sul posto. Ciò che si è riscontrato è che l'acqua calda di questo circuito è in diretto collegamento, tramite un collettore, con una linea di diametro 3" che alimenta le due UTA 1 e 2. La linea invece di alimentazione degli aerotermi è una linea di diametro 5" che si suddivide in 2 linee distinte di diametro 3", alimentanti ciascuna 10 aerotermi nella zona Orlandi 1. Considerando quindi che:

- La totalità degli aerotermi da alimentare sono 20;
- In centrale termica la pompa del circuito garantisce 14 m di prevalenza e 75.000 l/h di portata;
- 20.200 l/h sono associati alle UTA 1 e 2;
- Imponendo un ΔT di 10°C alla batteria di riscaldamento degli aerotermi;

Si ottiene una potenza termica nominale di circa 30 kW per aerotermino.

Volendo essere cautelativi si preferisce considerare una potenza termica di 25 kW per ogni aerotermino.

21 – Lavateglie zona Ima

Dalla linea principale di alimentazione è presente un riduttore di pressione che permette di alimentare la macchina con vapore ad una pressione di 3 bar. Da questo punto quindi il vapore ha due diverse metodologie di utilizzo: una parte passa all'interno di uno scambiatore di calore installato a bordo macchina che consente di produrre acqua calda; un'altra parte invece viene iniettata direttamente all'interno della macchina assieme ad aria compressa.

Ciò avviene perché la macchina presenta due diversi processi di lavoro:

1. Lavaggio attraverso l'utilizzo di acqua calda;
2. Asciugatura attraverso l'utilizzo di aria compressa e vapore.

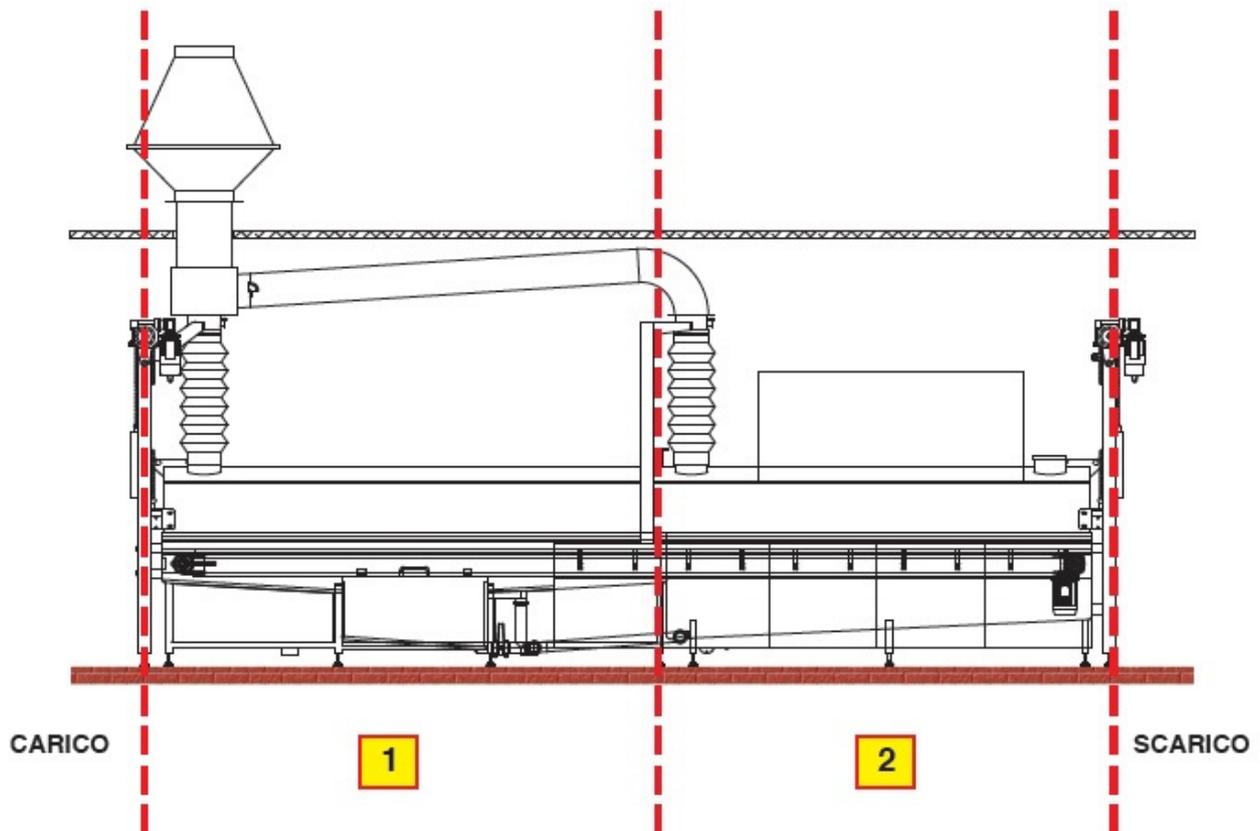


FIGURA 21 – ZONE DI LAVORAZIONE DELLA MACCHINA LAVATEGLIE

La scheda tecnica della macchina fornisce quindi un consumo di acqua calda (prodotta dallo scambiatore a fascio tubiero acqua/vapore) pari a 1.140 l/h ed un consumo totale pari a 350 kg/h di vapore. La potenza termica richiesta è quindi stata calcolata come:

$$P = \frac{\dot{m}_{vap}}{3.600} * (h_{v3} - h_{latm}) = \frac{350}{3.600} * (2.725 - 419,03) = 224,19 \text{ kW}$$

Dove h_{v3} è l'entalpia del vapore saturo a 3 bar (condizioni di ingresso) e h_{latm} è l'entalpia del liquido saturo a pressione atmosferica, tutte in [kJ/kg]. I valori di entalpia sono stati ricavati tramite software Refprop [8]. Si è considerata l'entalpia del liquido saturo a pressione atmosferica in quanto il vapore viene scaricato in una vasca di condensazione a pressione atmosferica.

22 – Lavateglie zona Polin

Dalla linea principale di alimentazione è presente un riduttore di pressione che permette di alimentare la macchina con vapore ad una pressione di 3 bar. Il principio di funzionamento è lo stesso della macchina precedente. I dati tecnici della macchina, presenti sulla scheda tecnica, riportano un consumo di acqua calda (prodotta dallo scambiatore a fascio tubiero acqua/vapore) pari a 900 l/h ed un consumo totale pari a 250 kg/h di vapore. La potenza termica richiesta è quindi stata calcolata come:

$$P = \frac{\dot{m}_{vap}}{3.600} * (h_{v3} - h_{latm}) = \frac{250}{3.600} * (2.725 - 419,03) = 160,14 \text{ kW}$$

Dove h_{v3} è l'entalpia del vapore saturo secco a 3 bar (condizioni di ingresso) e h_{latm} è l'entalpia del liquido saturo a pressione atmosferica, tutte in [kJ/kg]. I valori di entalpia sono stati ricavati tramite software Refprop [8]. Si è considerata l'entalpia del liquido saturo a pressione atmosferica in quanto il vapore viene scaricato in una vasca di condensazione a pressione atmosferica.

23 – Lavateglie zona Orlandi 2

Dalla linea principale di alimentazione è presente un riduttore di pressione che permette di alimentare la macchina con vapore ad una pressione di 3 bar. Il principio di funzionamento è lo stesso della macchina precedente. I dati tecnici della macchina, presenti sulla scheda tecnica, riportano un consumo di acqua calda (prodotta dallo scambiatore a fascio tubiero acqua/vapore) pari a 900 l/h ed un consumo totale pari a 300 kg/h di vapore. La potenza termica richiesta è quindi stata calcolata come:

$$P = \frac{\dot{m}_{vap}}{3.600} * (h_{v3} - h_{latm}) = \frac{300}{3.600} * (2.725 - 419,03) = 192,16 \text{ kW}$$

Dove h_{v3} è l'entalpia del vapore saturo secco a 3 bar (condizioni di ingresso) e h_{latm} è l'entalpia del liquido saturo a pressione atmosferica, tutte in [kJ/kg]. I valori di entalpia sono stati ricavati tramite software Refprop [8]. Si è considerata l'entalpia del liquido saturo a pressione atmosferica in quanto il vapore viene scaricato in una vasca di condensazione a pressione atmosferica.

24 – Pastorizzatore zona Polin

Dalla linea principale di alimentazione è presente un riduttore di pressione che permette di alimentare la macchina con vapore ad una pressione di 3 bar. Dalla scheda tecnica si è riusciti a rilevare una portata di vapore richiesta pari a 200 kg/h di vapore. Anche in questo caso, come per i lavateglie, il vapore viene portato in condizione di liquido saturo a pressione atmosferica. Si è calcolata la potenzialità della macchina come:

$$P = \frac{\dot{m}_{vap}}{3.600} * (h_{v3} - h_{latm}) = \frac{200}{3.600} * (2.725 - 419,03) = 128,11 \text{ kW}$$

Dove h_{v3} è l'entalpia del vapore saturo secco a 3 bar (condizioni di ingresso) e h_{latm} è l'entalpia del liquido saturo a pressione atmosferica, tutte in [kJ/kg]. I valori di entalpia sono stati ricavati tramite software Refprop [8].

25 – Pastorizzatore zona Orlandi 2

Dalla linea principale di alimentazione è presente un riduttore di pressione che permette di alimentare la macchina con vapore ad una pressione di 3 bar. Dalla scheda tecnica si è riusciti a rilevare una portata di vapore richiesta pari a 200 kg/h di vapore. Anche in questo caso, come per i lavateglie, il vapore viene portato in condizione di liquido saturo a pressione atmosferica. Si è calcolata la potenzialità della macchina come:

$$P = \frac{\dot{m}_{vap}}{3.600} * (h_{v3} - h_{latm}) = \frac{200}{3.600} * (2.725 - 419,03) = 128,11 \text{ kW}$$

Dove h_{v3} è l'entalpia del vapore saturo secco a 3 bar (condizioni di ingresso) e h_{latm} è l'entalpia del liquido saturo a pressione atmosferica, tutte in [kJ/kg]. I valori di entalpia sono stati ricavati tramite software Refprop [8].

26 – Tweedy

Dalla linea principale di alimentazione è presente un riduttore di pressione che permette di alimentare la macchina con vapore ad una pressione di 3 bar. È sostanzialmente un tunnel di raffreddamento sottovuoto: la prima parte del vuoto viene creata da delle apposite pompe, l'ultima parte di aspirazione viene effettuata attraverso un eiettore alimentato dal vapore prodotto in centrale termica. Dalla scheda tecnica della macchina si è osservato un consumo di vapore pari a 100 kg/h di vapore.

Anche in questo caso, il vapore viene portato in condizione di liquido saturo a pressione atmosferica.

Si è calcolata la potenzialità della macchina come:

$$P = \frac{\dot{m}_{vap}}{3.600} * (h_{v3} - h_{latm}) = \frac{100}{3.600} * (2.725 - 419,03) = 65 \text{ kW}$$

Dove h_{v3} è l'entalpia del vapore saturo secco a 3 bar (condizioni di ingresso) e h_{latm} è l'entalpia del liquido saturo a pressione atmosferica, tutte in [kJ/kg]. I valori di entalpia sono stati ricavati tramite software Refprop [8].

27 – UTA box di laminazione Polin

Questa UTA non è dotata di batteria di riscaldamento e quindi non viene considerata all'interno dello studio effettuato.

28 – UTA Cella lievitazione Polin

Questa UTA fa umidificazione tramite iniezione diretta di vapore in ambiente ed è dotata di batteria di riscaldamento alimentata da vapore prodotto in centrale termica, da scheda tecnica della macchina si sono ottenuti dei valori di potenza termica pari a 130 kW, con una portata di vapore pari a 219 kg/h. La batteria di questa UTA sfrutta direttamente il vapore prodotto, che prima dell'ingresso alla macchina viene portato ad una pressione di 3 bar tramite un riduttore di pressione.

3.4 – Riepilogo delle potenze nominali dei carichi termici

MACCHINA	POTENZA [kW]	FLUIDO	SCAMBIO SUL POSTO ACQUA/VAPORE
1	34,89	ACQUA	NO
2	200	ACQUA	NO
3	137	VAPORE	SI
4	200	VAPORE	NO
5	85,5	VAPORE	NO
6	565	VAPORE	NO
7	137	VAPORE	NO
8	180	VAPORE	NO
9	130	VAPORE	SI
10	40,4	VAPORE	NO
11	100	VAPORE	NO
12	32,5	VAPORE	SI
14	37,5	VAPORE	SI
15	68,4	VAPORE	SI
16	62	VAPORE	SI
16A	33,8	VAPORE	SI
17	30	VAPORE	SI
19	27,4	VAPORE	NO
20	500	ACQUA	NO
21	224,19	VAPORE	SOLO UNA PARTE
22	160,14	VAPORE	SOLO UNA PARTE
23	192,16	VAPORE	SOLO UNA PARTE
24	128,11	VAPORE	NO
25	128,11	VAPORE	NO
26	65	VAPORE	NO
28	130	VAPORE	NO

CAPITOLO 4 - RILIEVI

Per quanto riguarda i rilievi della potenza elettrica attiva, è stato possibile utilizzare un programma di misurazione e raccolta dati che effettua il rilievo della potenza prelevata da rete ogni 15 minuti: di queste potenze ne calcola un valore medio orario e lo rende disponibile per tutte le ore del giorno nei diversi periodi dell'anno. Grazie a questo sistema è stato quindi possibile rilevare la potenza elettrica attiva assorbita dall'intero stabilimento, ed è stato possibile rilevare anche la potenza elettrica attiva assorbita dai due gruppi frigoriferi più le pompe di circolazione dell'acqua refrigerata. Sono stati effettuati anche rilievi sui consumi di gas naturale, per poter effettuare un conteggio dell'energia termica richiesta.

4.1 – Misura della potenza elettrica attiva assorbita all'interno dello stabilimento

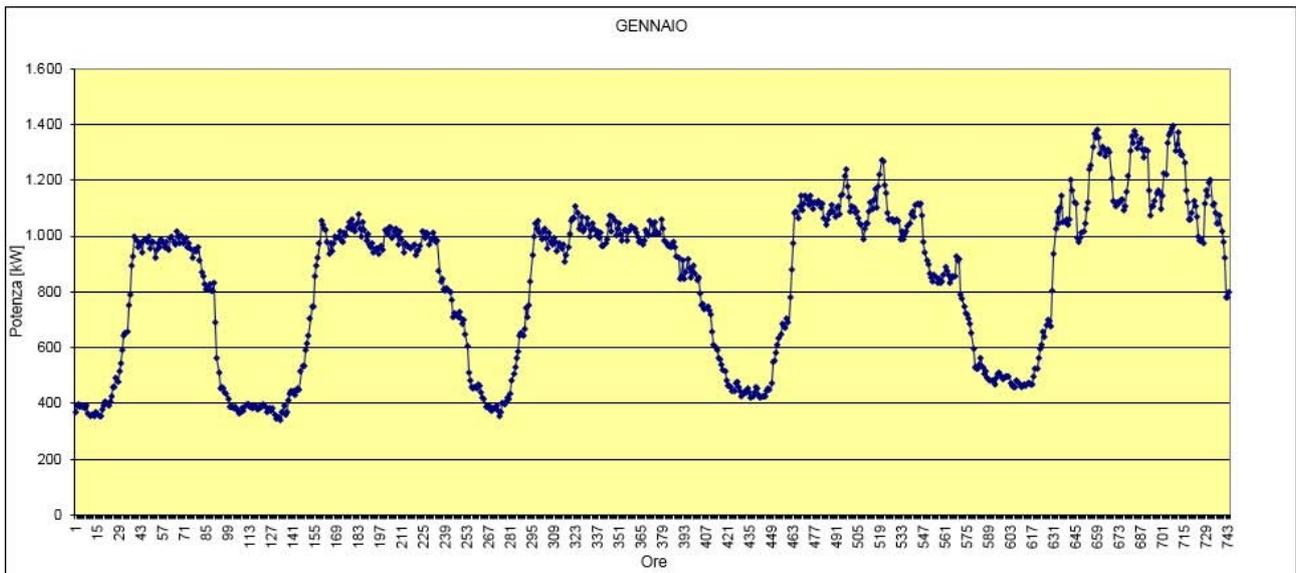
Dalla raccolta dati effettuata nell'anno 2014, è stato possibile risalire ai seguenti consumi di energia elettrica. I valori riportati nei grafici corrispondono alle potenze medie orarie rilevate in kW, e quindi la sommatoria di tutti questi valori da i kWh_e totali assorbiti. Con l'utilizzo dei diversi valori mensili si è infine ricreato l'intero anno e quindi la curva di durata del fabbisogno di energia elettrica, dalla quale è stato possibile effettuare delle scelte per quanto riguarda il tipo di motore cogenerativo da poter installare nell'impianto di trigenerazione. La scelta di partire dallo studio del fabbisogno elettrico, è stata dettata dal fatto che non erano disponibili valori riguardanti il fabbisogno termico, in

ENERGIA ELETTRICA RICHIESTA DAGLI IMPIANTI UTILIZZATORI DELLO STABILIMENTO (kWh)		ALLO STATO PRIMA DELL'INTERVENTO																								scelta di colore				
BAULI S.p.A. - stab. SAN MARTINO BUONALBERGO - IT001ED0076324 rif: MIT		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	L	1000	750	500
M																														
01/01/14	mercoledì	1	370	393	398	387	386	388	384	391	365	355	358	360	354	367	365	355	353	379	391	408	403	393	407	426	0			
02/01/14	giovedì	1	460	458	491	480	516	544	589	643	652	659	753	788	894	928	997	985	958	974	976	943	983	990	979	997	0			
03/01/14	venerdì	1	955	978	978	922	952	976	958	988	978	961	977	956	951	992	999	978	970	1.016	999	976	1.004	974	988	994	0			
04/01/14	sabato	1	961	974	957	920	952	948	944	961	912	868	856	828	809	815	826	802	804	831	690	562	512	452	457	453	0			
05/01/14	domenica	1	442	433	415	390	390	389	385	390	376	362	368	381	376	387	398	396	390	389	384	391	388	380	385	393	0			
06/01/14	lunedì	1	389	399	388	369	375	384	376	383	358	346	349	348	341	369	392	361	369	413	436	446	445	429	445	454	0			
07/01/14	martedì	1	450	514	534	534	592	613	641	703	745	745	855	893	922	972	1.056	1.042	1.026	1.023	980	938	976	948	975	1.000	0			
08/01/14	mercoledì	1	993	999	1.018	984	977	1.012	1.002	1.033	1.049	1.028	1.057	1.037	1.017	1.045	1.076	1.025	998	1.051	1.023	983	1.009	969	958	972	0			
09/01/14	giovedì	1	943	953	957	935	959	964	952	1.020	1.017	1.005	1.032	1.029	995	1.017	1.026	1.004	969	1.016	987	941	972	965	964	962	0			
10/01/14	venerdì	1	957	966	971	933	947	951	967	1.018	1.011	992	1.014	1.009	970	988	1.010	994	979	983	876	837	845	811	804	812	0			
11/01/14	sabato	1	805	800	773	711	725	719	710	727	703	688	698	650	605	511	484	458	452	457	456	467	462	441	422	415	0			
12/01/14	domenica	1	390	388	391	377	374	381	382	394	372	353	370	404	398	408	423	417	437	482	506	531	562	587	644	654	0			
13/01/14	lunedì	1	643	665	741	709	752	835	932	1.000	1.044	1.025	1.053	1.014	988	1.015	1.026	994	954	1.012	980	971	991	979	945	972	0			
14/01/14	martedì	1	964	954	969	910	930	959	1.006	1.055	1.062	1.065	1.106	1.085	1.027	1.039	1.069	1.018	1.027	1.062	1.042	999	1.022	1.047	1.025	1.002	0			
15/01/14	mercoledì	1	1.016	992	1.012	964	963	973	990	1.042	1.074	1.018	1.070	1.053	1.004	1.027	1.046	1.009	985	1.022	1.022	985	1.018	1.023	1.036	1.028	0			
16/01/14	giovedì	1	1.027	1.010	1.000	979	985	971	985	1.021	1.010	1.001	1.055	1.038	1.007	1.049	1.017	1.006	1.006	1.057	1.026	983	980	972	967	960	0			
17/01/14	venerdì	1	973	981	958	925	924	846	854	913	847	870	918	884	851	872	896	865	844	851	793	751	757	740	743	748	0			
18/01/14	sabato	1	734	719	657	612	602	591	563	560	537	521	515	482	464	465	460	444	446	471	476	460	446	428	437	443	0			
19/01/14	domenica	1	438	452	441	423	425	441	460	453	431	420	428	424	424	444	455	451	473	549	554	584	612	636	646	688	0			
20/01/14	lunedì	1	674	671	705	690	778	881	972	1.085	1.089	1.062	1.106	1.145	1.092	1.118	1.143	1.131	1.110	1.142	1.121	1.098	1.119	1.116	1.124	1.115	0			
21/01/14	martedì	1	1.103	1.115	1.066	1.042	1.061	1.080	1.089	1.110	1.086	1.071	1.100	1.105	1.077	1.145	1.147	1.214	1.237	1.178	1.139	1.089	1.106	1.100	1.085	1.086	0			
22/01/14	mercoledì	1	1.065	1.045	1.039	990	1.027	1.046	1.045	1.088	1.119	1.098	1.131	1.166	1.104	1.179	1.220	1.273	1.265	1.180	1.154	1.084	1.061	1.058	1.058	1.048	0			
23/01/14	giovedì	1	1.055	1.058	1.053	987	1.019	988	1.008	1.018	1.034	1.046	1.078	1.037	1.069	1.112	1.115	1.109	1.116	1.074	979	940	912	900	865	851	0			
24/01/14	venerdì	1	838	861	849	832	846	831	837	860	890	837	860	830	848	857	855	928	915	916	792	776	747	724	717	705	0			
25/01/14	sabato	1	688	653	595	529	526	525	539	565	529	504	514	493	489	481	483	479	470	492	507	510	497	487	494	498	0			
26/01/14	domenica	1	497	496	473	463	460	458	483	480	470	457	465	468	464	475	472	468	468	498	527	524	564	598	612	657	0			
27/01/14	lunedì	1	637	683	700	697	676	804	935	1.024	1.086	1.044	1.102	1.146	1.051	1.049	1.058	1.091	1.058	1.201	1.165	1.122	1.115	993	981	992	0			
28/01/14	martedì	1	1.011	1.017	1.046	1.098	1.123	1.238	1.252	1.320	1.366	1.353	1.381	1.353	1.297	1.318	1.309	1.286	1.304	1.309	1.302	1.208	1.124	1.120	1.107	1.122	0			
29/01/14	mercoledì	1	1.115	1.131	1.131	1.092	1.107	1.160	1.217	1.303	1.358	1.332	1.375	1.364	1.315	1.332	1.349	1.312	1.281	1.311	1.307	1.165	1.072	1.107	1.106	1.127	0			
30/01/14	giovedì	1	1.156	1.164	1.153	1.098	1.146	1.225	1.218	1.333	1.364	1.370	1.383	1.394	1.305	1.329	1.370	1.305	1.293	1.292	1.263	1.164	1.121	1.060	1.059	1.085	0			
31/01/14	venerdì	1	1.127	1.108	1.071	999	983	989	973	1.115	1.164	1.143	1.193	1.200	1.112	1.114	1.081	1.047	1.044	1.075	1.116	980	921	780	779	798	0			
01/02/14	sabato	2	829	810	745	681	686	656	713	786	786	777	789	782	766	757	750	731	739	740	744	671	587	542	539	532	0			
02/02/14	domenica	2	517	514	501	486	471	464	482	496	486	479	489	500	499	530	530	525	529	580	577	600	624	645	629	647	0			
03/02/14	lunedì	2	678	699	709	739	820	973	1.038	1.084	1.112	1.115	1.133	1.125	1.076	1.113	1.104	1.081	1.098	1.124	1.110	992	987	986	952	1.008	0			
04/02/14	martedì	2	1.020	1.011	1.024	1.061	1.110	1.256	1.322	1.404	1.422	1.416	1.402	1.391	1.332	1.348	1.365	1.354	1.301	1.301	1.309	1.177	1.137	1.134	1.116	1.146	0			
05/02/14	mercoledì	2	1.154	1.172	1.179	1.140	1.183	1.275	1.295	1.401	1.428	1.408	1.433	1.462	1.382	1.398	1.411	1.385	1.366	1.369	1.327	1.270	1.177	1.151	1.150	1.171	0			
06/02/14	giovedì	2	1.179	1.189	1.173	1.154	1.125	1.224	1.226	1.289	1.336	1.331	1.408	1.375	1.330	1.308	1.266	1.177	1.148	1.169	1.151	1.139	992	945	909	933	0			
07/02/14	venerdì	2	938	963	964	935	913	976	1.031	1.105	1.137	1.124	1.160	1.117	1.053	1.005	960	996	1.026	1.023	987	911	842	798	754	806	0			
08/02/14	sabato	2	816	828	789	696	690	748	773	794	821	791	808	794	785	783	771	745	736	772	782	685	616	556	561	539	0			
09/02/14	domenica	2	491	502	507	499	500	498	484	490	467	464	478	488	490	509	504	497	512	568	568	591	635	688	742	787	0			

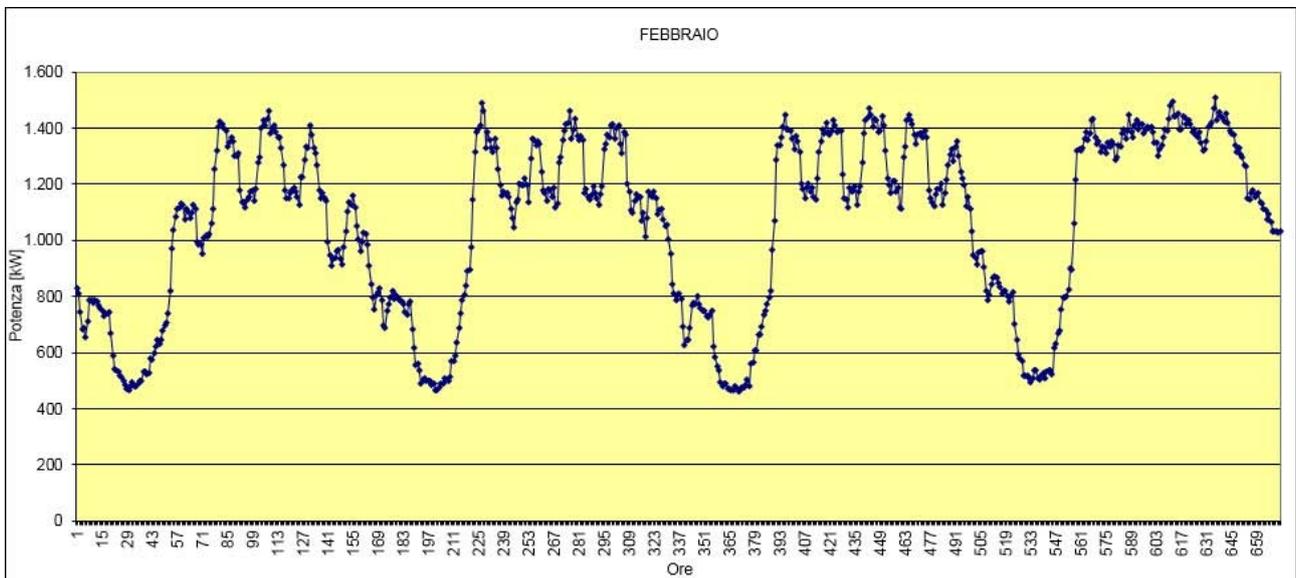
FIGURA 22 – ESEMPIO DELLE TABELLE DI CALCOLO UTILIZZATE PER LA COSTRUZIONE DELLE DIVERSE CURVE

quanto non sussiste alcun tipo di strumento di rilevazione delle potenze termiche in gioco all'interno dello stabilimento. Quindi si è partiti dal fabbisogno elettrico totale, per poi verificare, facendo determinate assunzioni sul fabbisogno termico che verranno esposte successivamente, che l'assorbimento termico permettesse di ottenere la qualifica CAR.

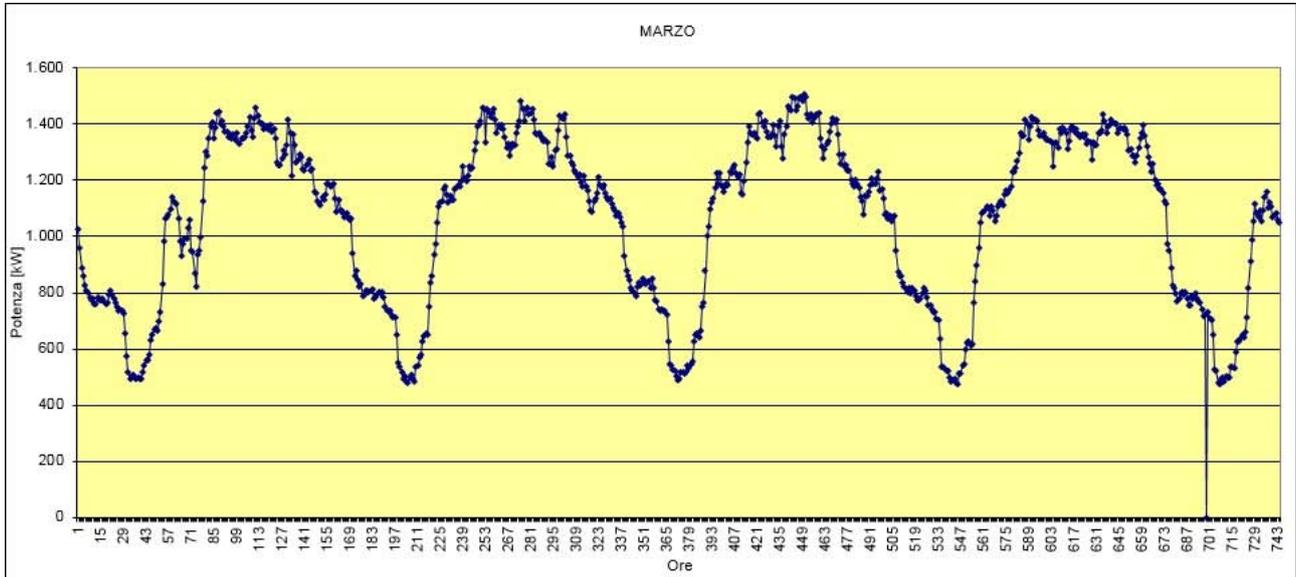
Fabbisogno energia elettrica totale Gennaio 2014



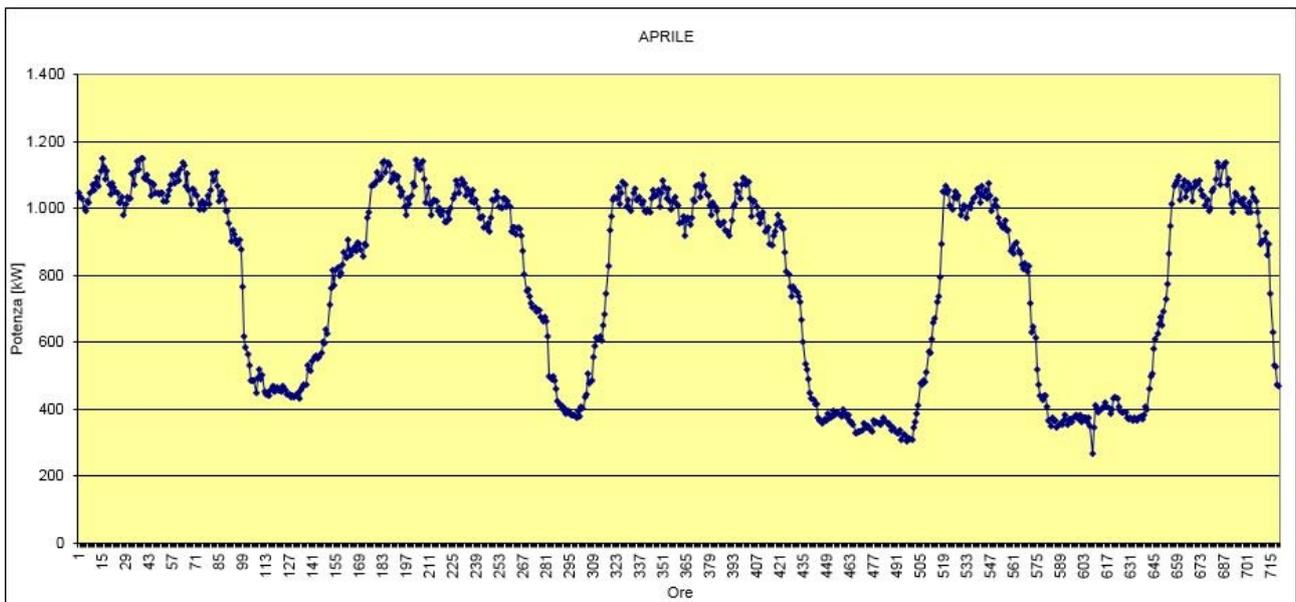
Fabbisogno energia elettrica totale Febbraio 2014



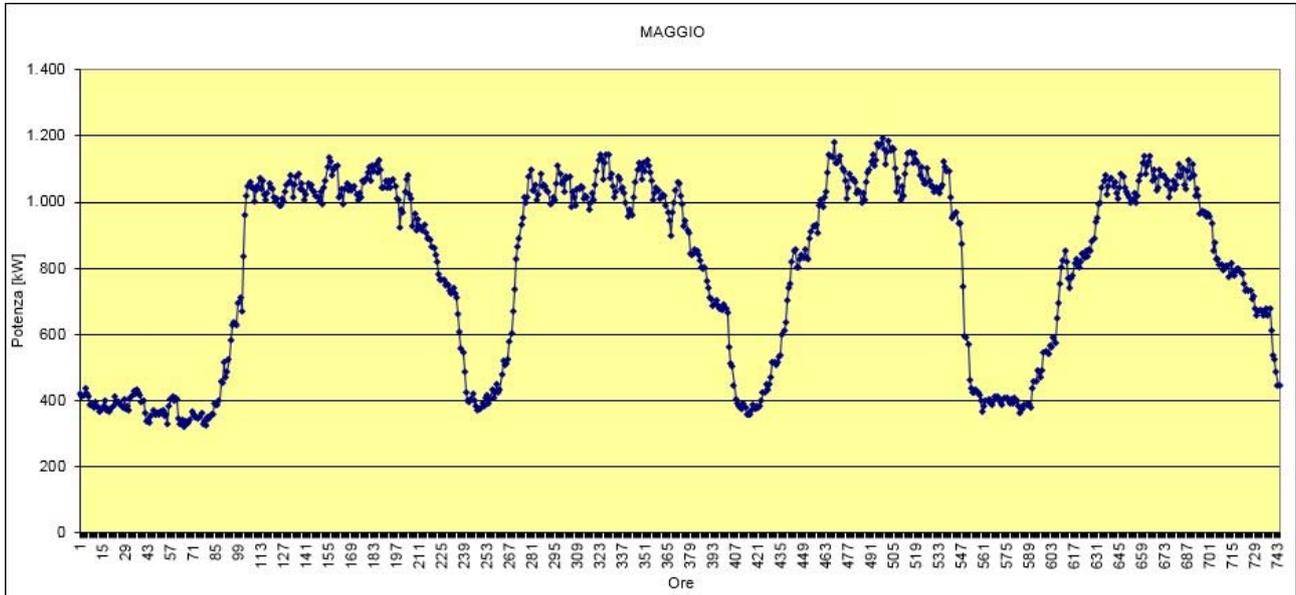
Fabbisogno energia elettrica totale Marzo 2014



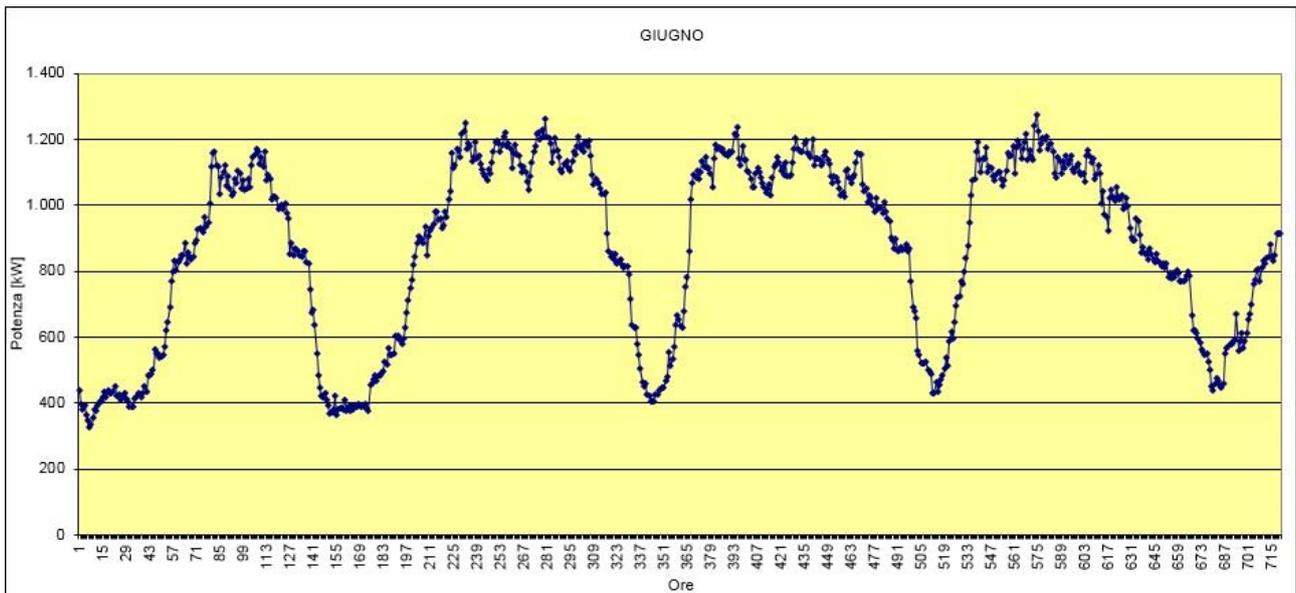
Fabbisogno energia elettrica totale Aprile 2014



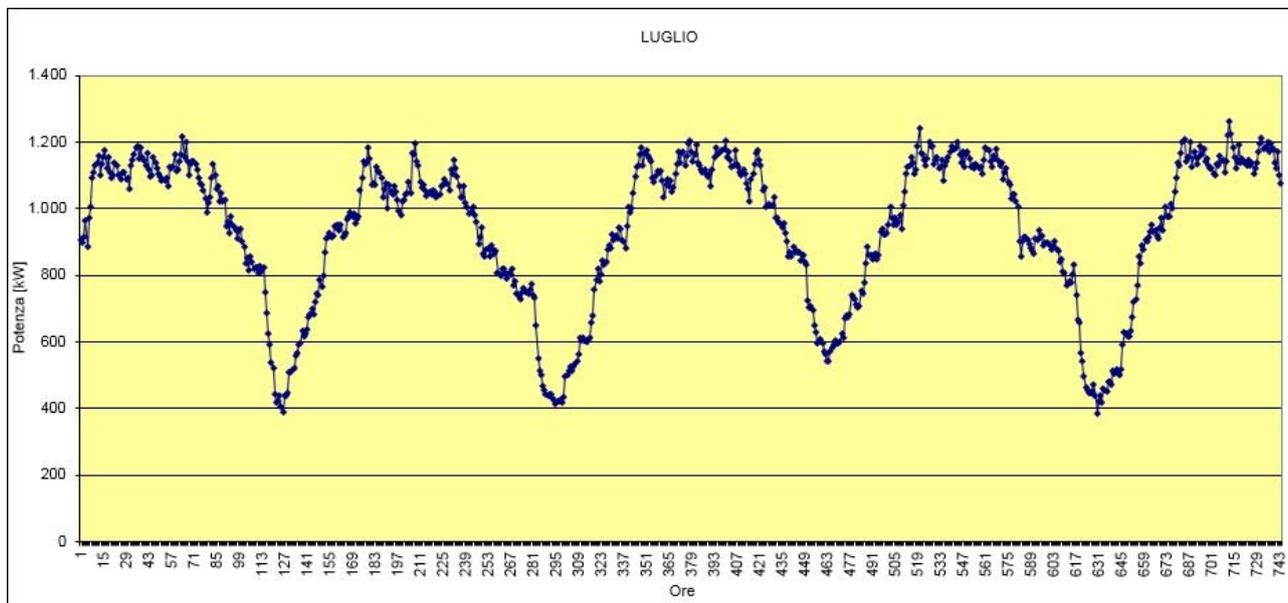
Fabbisogno energia elettrica totale Maggio 2014



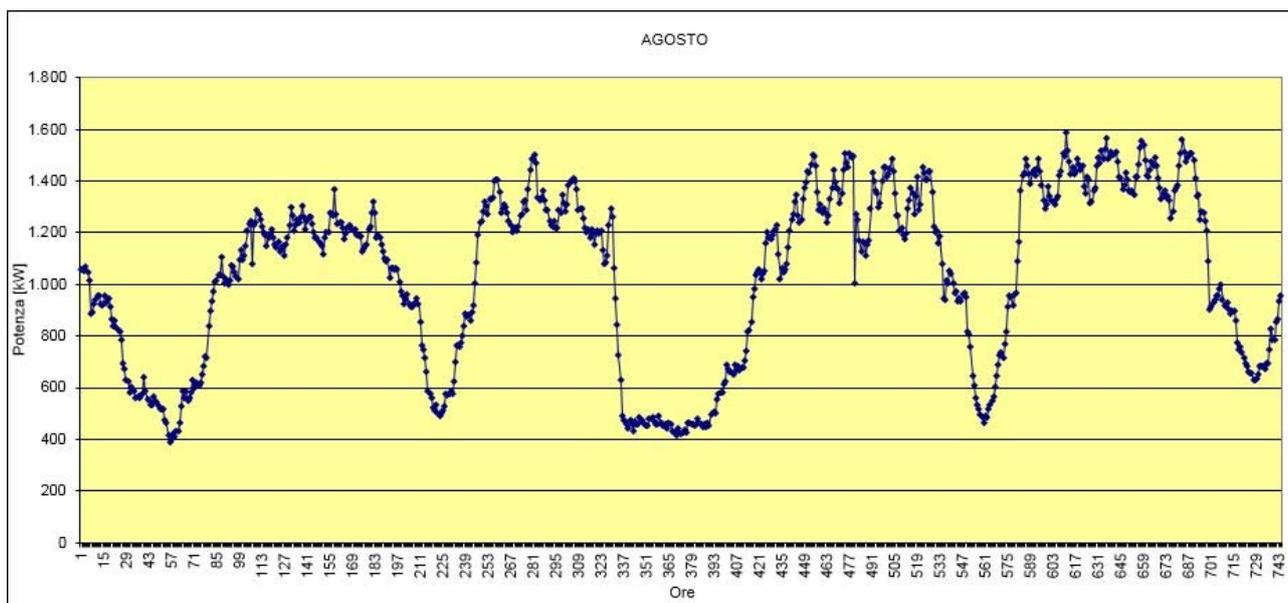
Fabbisogno energia elettrica totale Giugno 2014



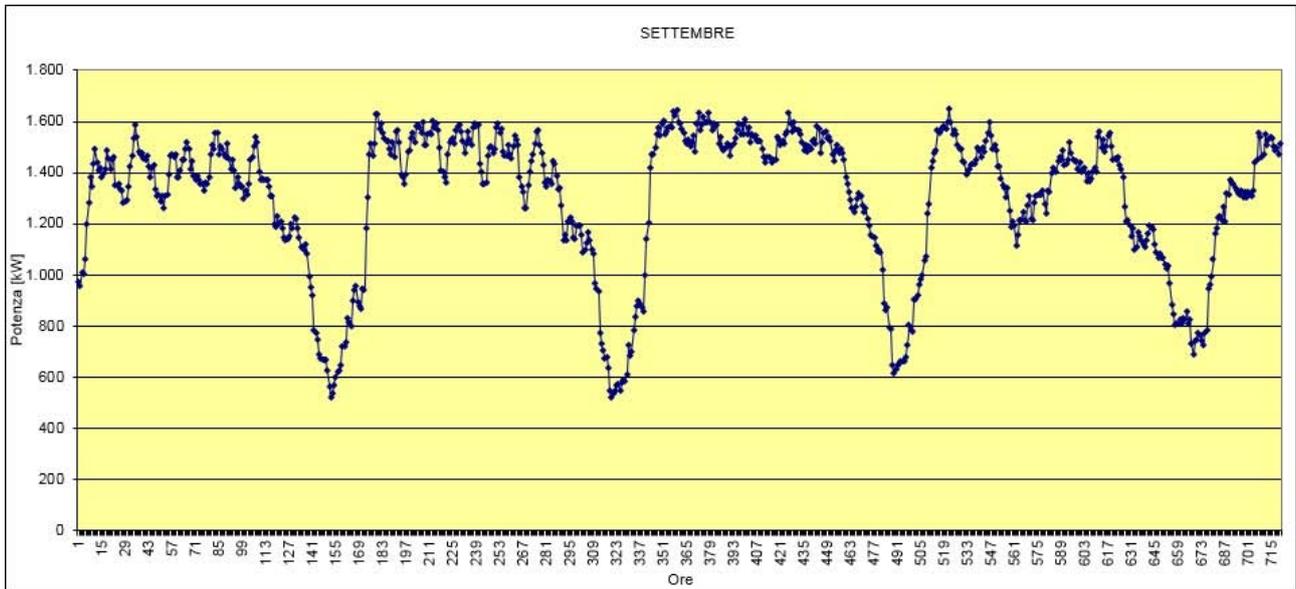
Fabbisogno energia elettrica totale Luglio 2014



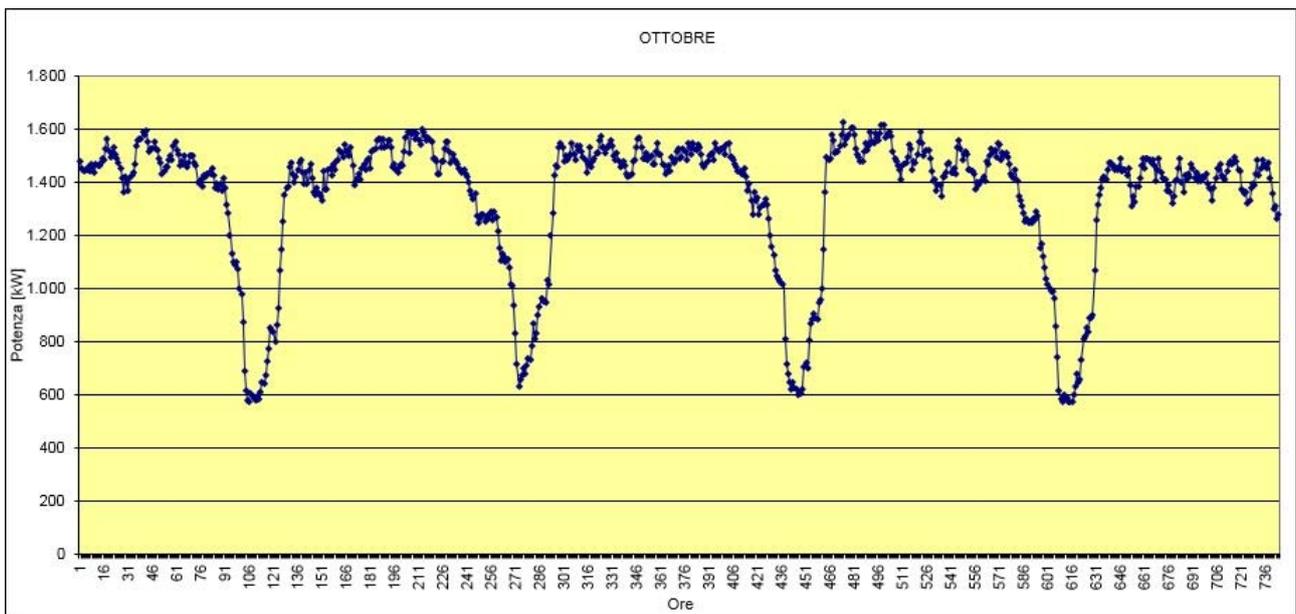
Fabbisogno energia elettrica totale Agosto 2014



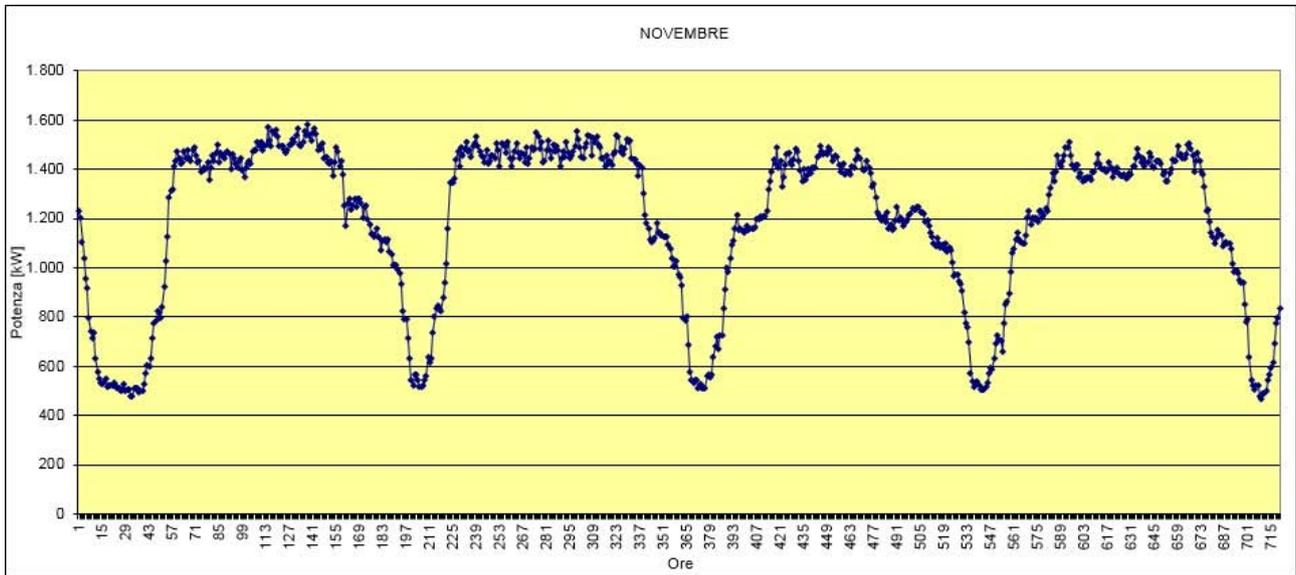
Fabbisogno energia elettrica totale Settembre 2014



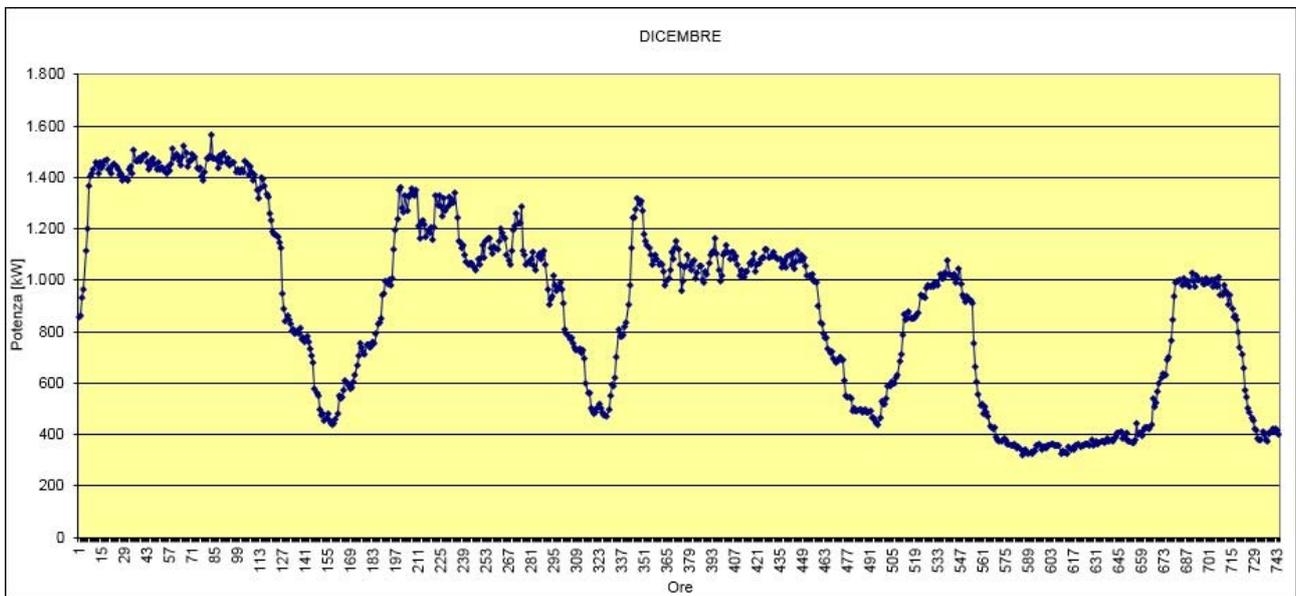
Fabbisogno energia elettrica totale Ottobre 2014



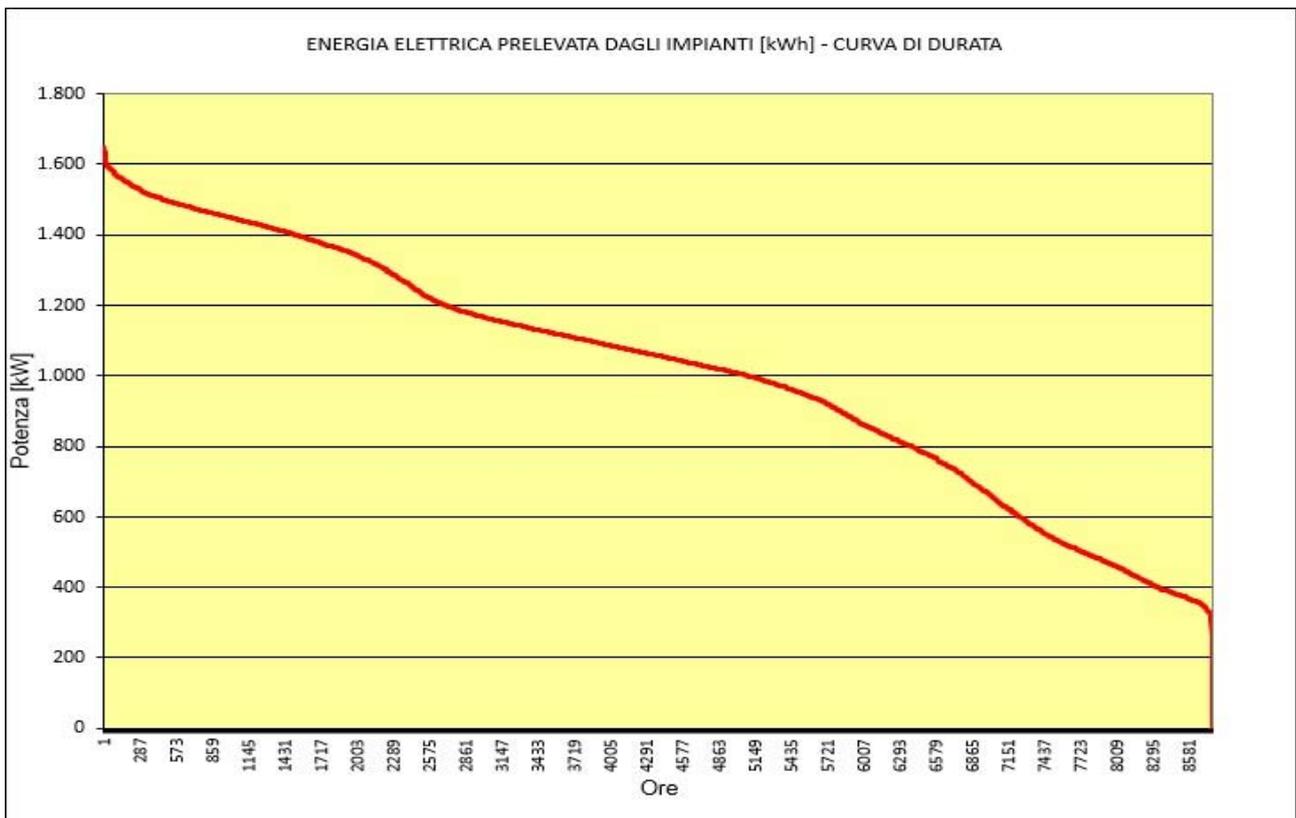
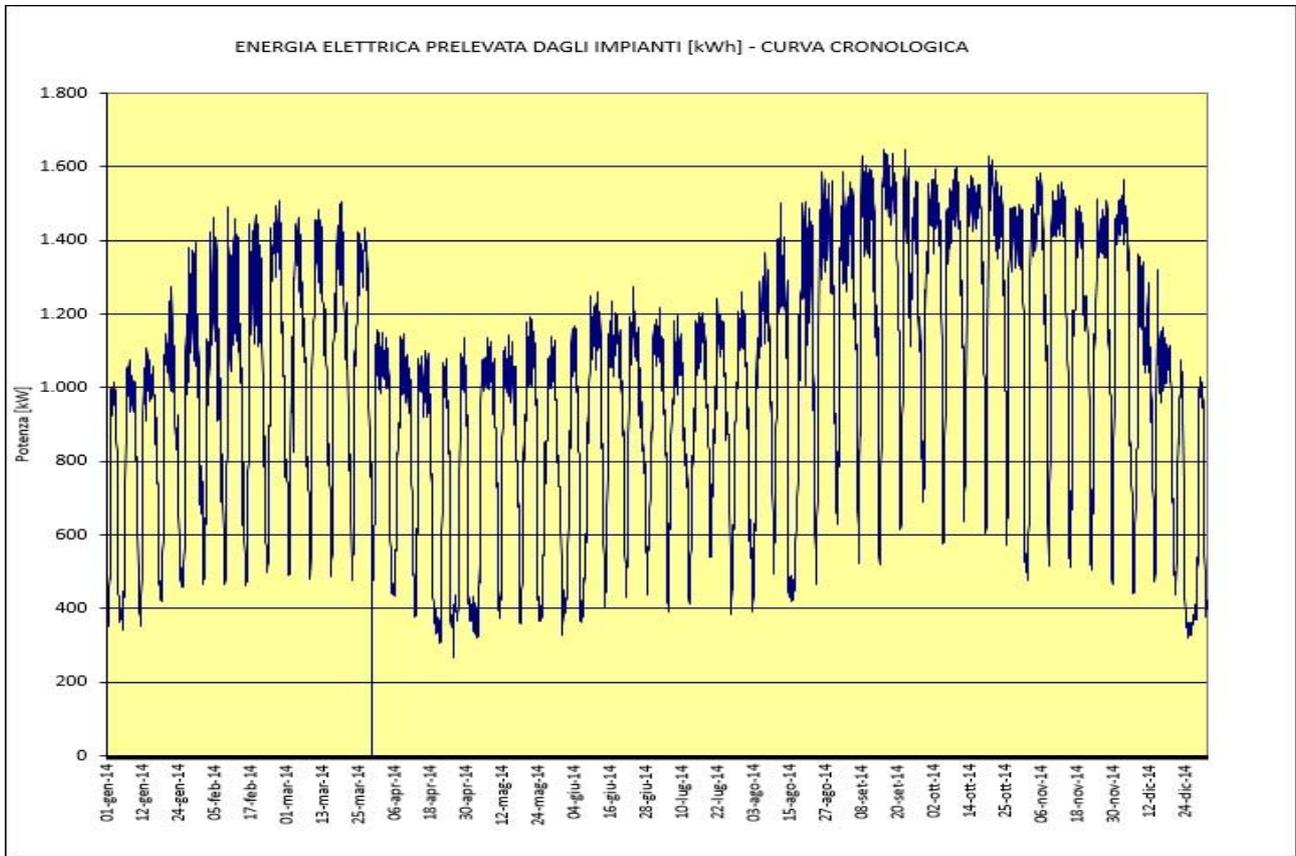
Fabbisogno energia elettrica totale Novembre 2014



Fabbisogno energia elettrica totale Dicembre 2014



Andamento annuale ottenuto



Sulla base di queste curve ottenute si è quindi scelta una taglia del motore cogenerativo di circa 1 MWe: potendo modulare sino a circa il 50 % del carico, si nota come, senza considerare le manutenzioni previste, il motore garantirebbe un funzionamento di circa 7.800 ore/anno. Da questo punto in poi quindi si sono andate a studiare l'energia termica e frigorifera richieste dallo stabilimento, per verificare il raggiungimento della qualifica CAR.

4.2 – Misura della potenza fornita dai gruppi frigoriferi

La misura dell'assorbimento di energia elettrica da parte dei compressori ha permesso, attraverso l'assunzione di un COP_{medio} delle macchine frigorifere, di risalire all'energia frigorifera richiesta all'interno dello stabile. A differenza degli assorbimenti elettrici globali, le letture rilevate sono state effettuate da Aprile 2015 ad Ottobre 2015, in quanto il sistema di misura dedicato ai gruppi frigoriferi per tutto il 2014 e per i primi mesi del 2015 ha avuto dei guasti tecnici. Quindi per i periodi di misura mancanti, si sono considerate alcune settimane note e si sono corrette attraverso dei coefficienti moltiplicativi, per tenere conto dei diversi periodi dell'anno, e si è riportato tutto alle corrispettive date del 2014. Questo non ha creato problemi in quanto i carichi frigoriferi dello stabilimento non sono cambiati nel corso dei due anni. Durante le misurazioni si è riscontrato il problema di avere la lettura dell'assorbimento del gruppo York assieme all'assorbimento delle pompe di circolazione: dai rilievi effettuati si è risaliti alle potenze di ogni singola pompa (che non sono dotate di inverter) e quindi la loro somma ha dato la potenza totale assorbita dalle pompe di circolazione $P_{tot} = 84,6$ kW.

		=SE(C4>\$D\$1;\$D\$1;C4)													
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Connessione -Cab. Principale- Nodo -RWU 2-		ipotesi pot. max pompe	84,6		controllo		ipotesi pot. max consumi non compressori	4		controllo			controllo	controllo
2	Periodo di analisi dal 01-10-2015 al 31-10-2015		78.580	45.175	33.405	78.580		43.293	2.304	40.989	43.293		74.394	74.394	74.394
3	Data	Ora	pompe+york	solo pompe	solo york			sabroe	solo consumo compr.	solo sabroe			york+sabroe		
4	01/10/2015	00:00	42	42	0			147	4	143			143		
5	01/10/2015	01:00	45	45	0			152	4	148			148		
6	01/10/2015	02:00	46	46	0			152	4	148			148		
7	01/10/2015	03:00	59	59	0			147	4	143			143		
8	01/10/2015	04:00	41	41	0			145	4	141			141		
9	01/10/2015	05:00	40	40	0			134	4	130			130		
10	01/10/2015	06:00	45	45	0			136	4	132			132		
11	01/10/2015	07:00	35	35	0			145	4	141			141		
12	01/10/2015	08:00	32	32	0			162	4	158			158		
13	01/10/2015	09:00	31	31	0			144	4	140			140		
14	01/10/2015	10:00	56	56	0			157	4	153			153		
15	01/10/2015	11:00	58	58	0			171	4	167			167		
16	01/10/2015	12:00	63	63	0			186	4	182			182		

FIGURA 23 – TABELLA DI CALCOLO UTILIZZATA PER LA DEFINIZIONE DELLA POTENZA ASSORBITA DALLE MACCHINE FRIGORIFERE

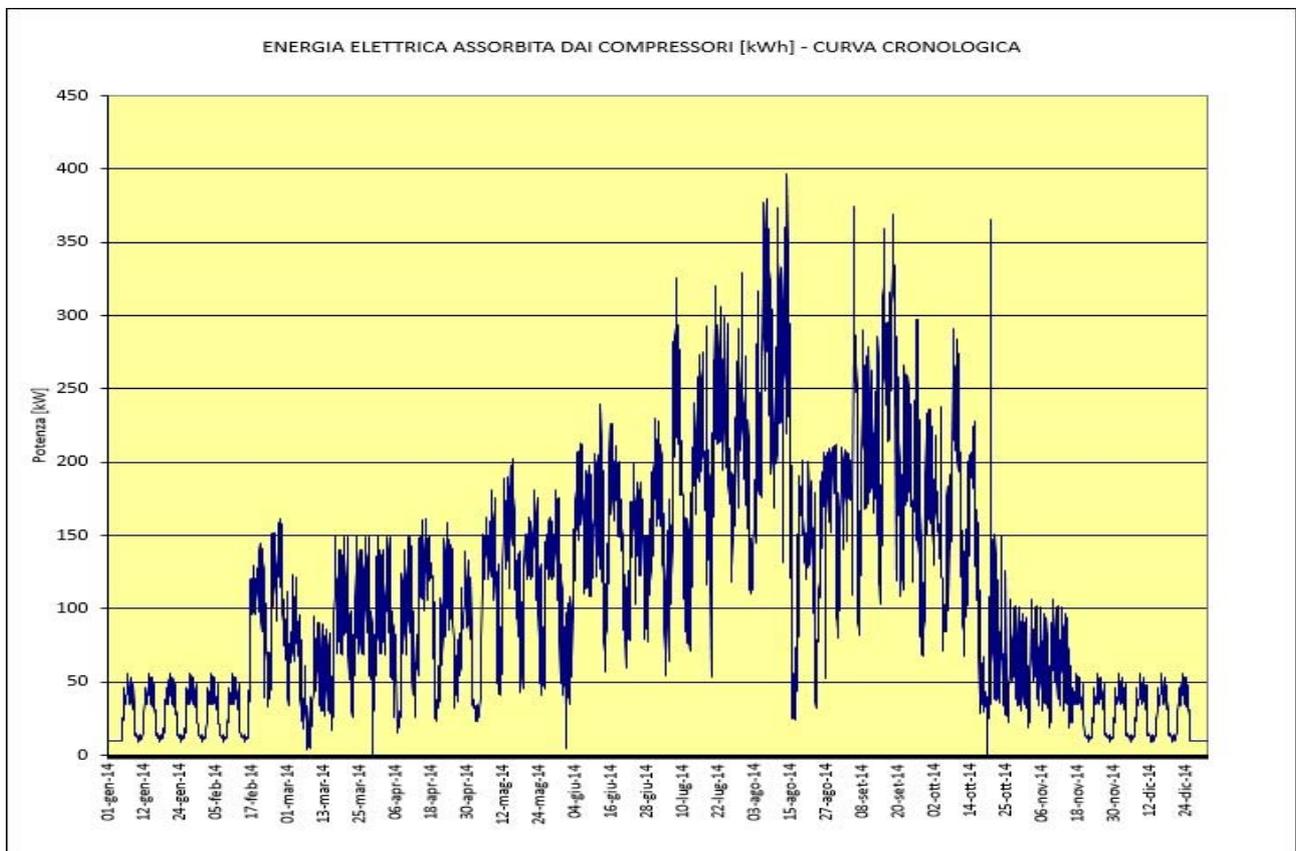
Nel caso in cui il valore della misura sia minore di P_{tot} , la potenza considerata è di solo pompaggio e quindi viene stampato il valore 0 per la potenza dello York. Se il valore della misura risulta invece maggiore di P_{tot} , viene stampato come potenza dello York il valore risultante dalla sottrazione della misura effettuata meno il valore di P_{tot} (Figura 23). Quindi, dalla misura della macchina Sabroe e dal valore di potenza ottenuto per la macchina York, si è ottenuta la totale potenza elettrica assorbita dai due gruppi frigoriferi.

L'energia frigorifera ottenuta è stata calcolata considerando un COP_{medio} pari a 2,4 (ipotizzato in funzione dei dati di targa nominali delle macchine) mediante la seguente equazione:

$$E_{frigorifera} = E_{elettrica} * COP_{medio}$$

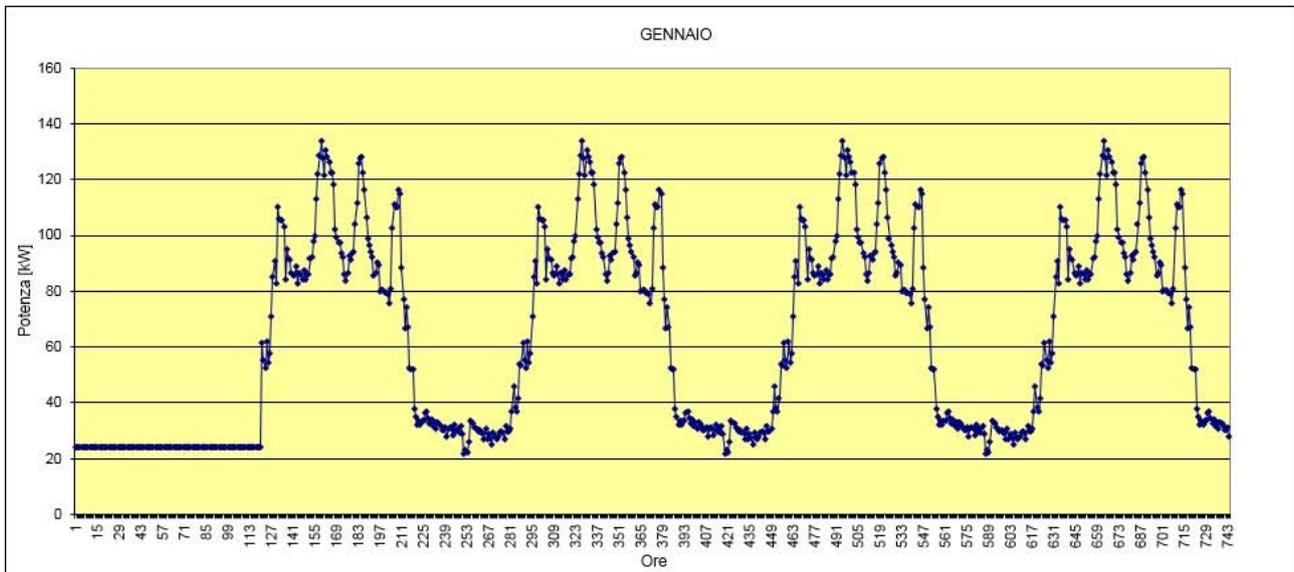
Vengono qui di seguito riportati l'andamento della potenza frigorifera richiesta ed i rispettivi coefficienti correttivi per alcune settimane (Allegato B). Da questi dati si è infine ricreato l'intero anno e quindi la curva di durata del fabbisogno di energia frigorifera.

Fabbisogno elettrico totale dei gruppi frigoriferi



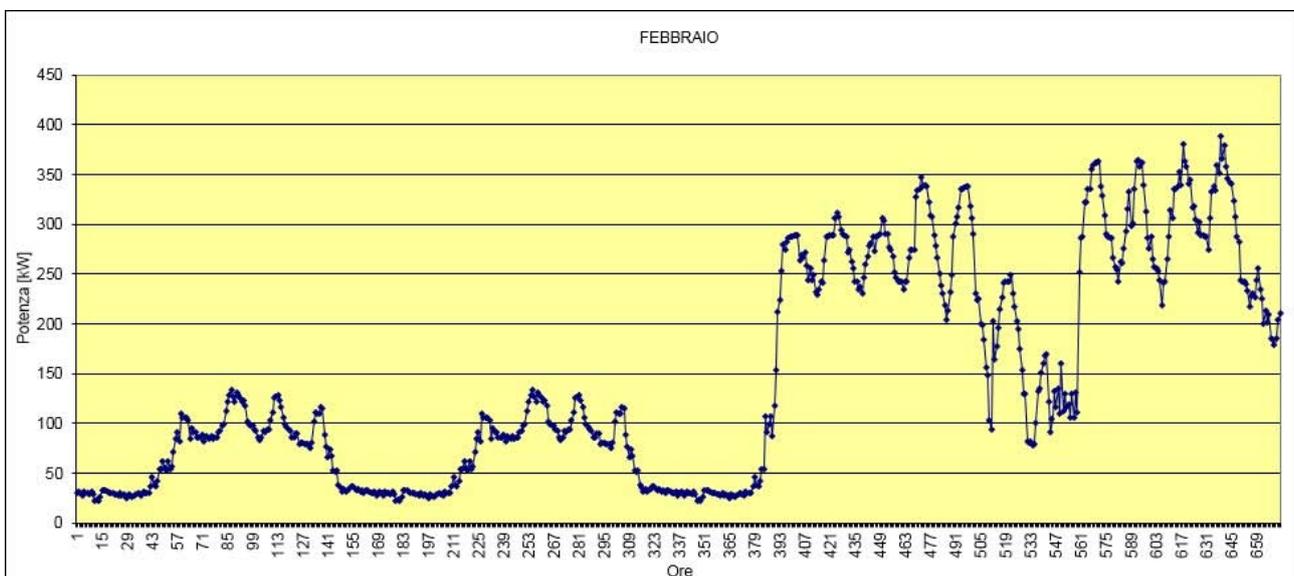
Fabbisogno energia frigorifera Gennaio 2014

Dal 1 al 4 Gennaio si è imposta una potenza media oraria di 10 kW_e; per tutti gli altri giorni si è presa come riferimento una settimana risultante a basso carico, precisamente la settimana dal 25 al 31 Maggio, e la si è moltiplicata per un coefficiente pari a 0,4. Da questi valori di assorbimento elettrico si è quindi risaliti al seguente andamento della potenza frigorifera.



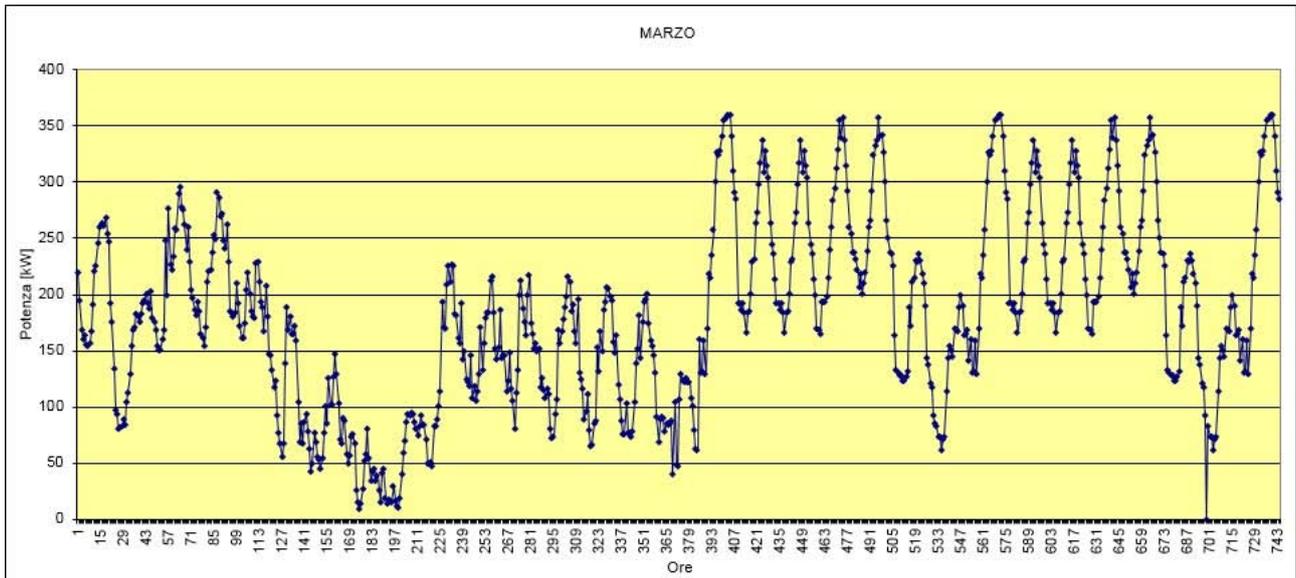
Fabbisogno energia frigorifera Febbraio 2014

Dal 1 al 15 Febbraio si è presa come riferimento una settimana risultante a basso carico, precisamente la settimana dal 25 al 31 Maggio, e la si è moltiplicata per un coefficiente pari a 0,4. Per tutti gli altri giorni di Febbraio si è utilizzata la stessa settimana di riferimento, ma moltiplicata per un coefficiente pari a 0,8. Da questi valori di assorbimento elettrico si è quindi risaliti al seguente andamento della potenza frigorifera.



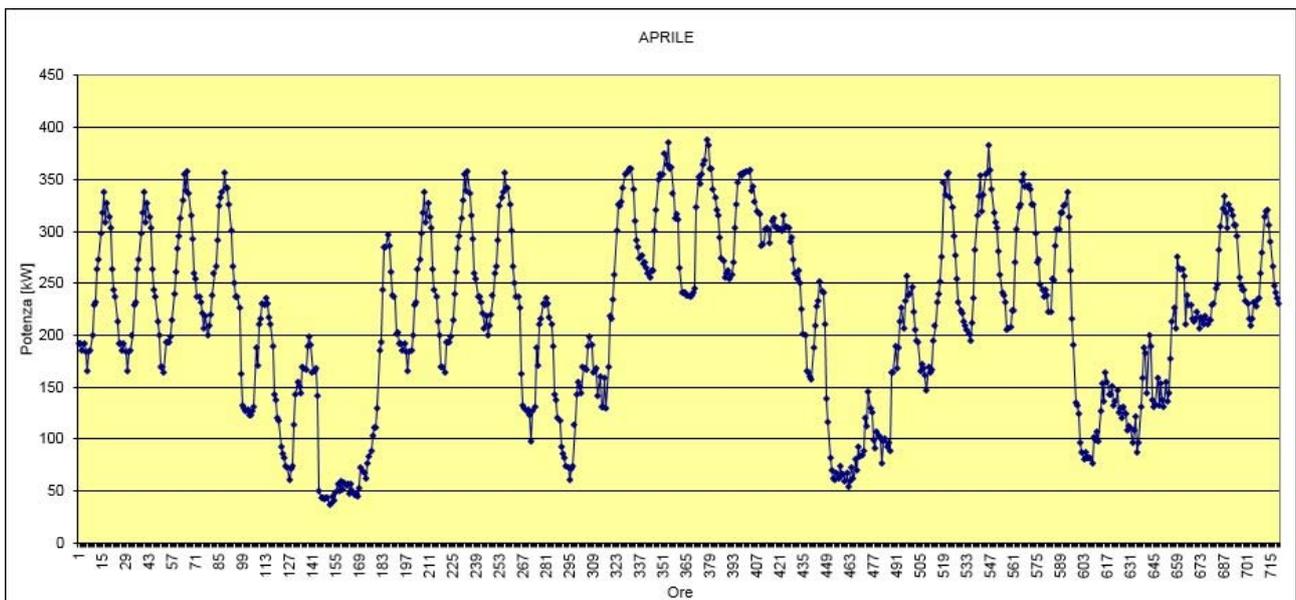
Fabbisogno di energia frigorifera Marzo 2014

Dal 1 al 15 Marzo si è presa come riferimento una settimana risultante a basso carico, precisamente la settimana dal 25 al 31 Maggio, e la si è moltiplicata per un coefficiente pari a 0,8. Per tutti gli altri giorni di Marzo si è utilizzata come riferimento la settimana dal 6 al 12 Aprile. Da questi valori di assorbimento elettrico si è quindi risaliti al seguente andamento della potenza.



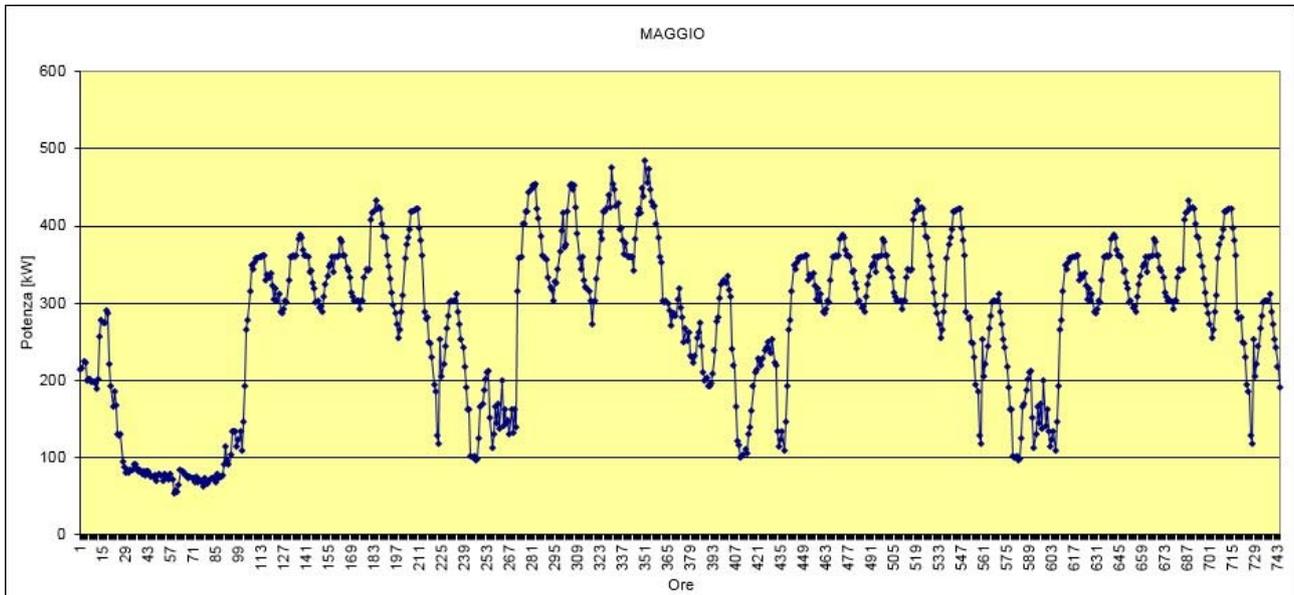
Fabbisogno di energia frigorifera Aprile 2014

Il mese di Aprile è il risultato delle misurazioni effettuate. Da questi valori di assorbimento elettrico si è quindi risaliti al seguente andamento della potenza frigorifera.



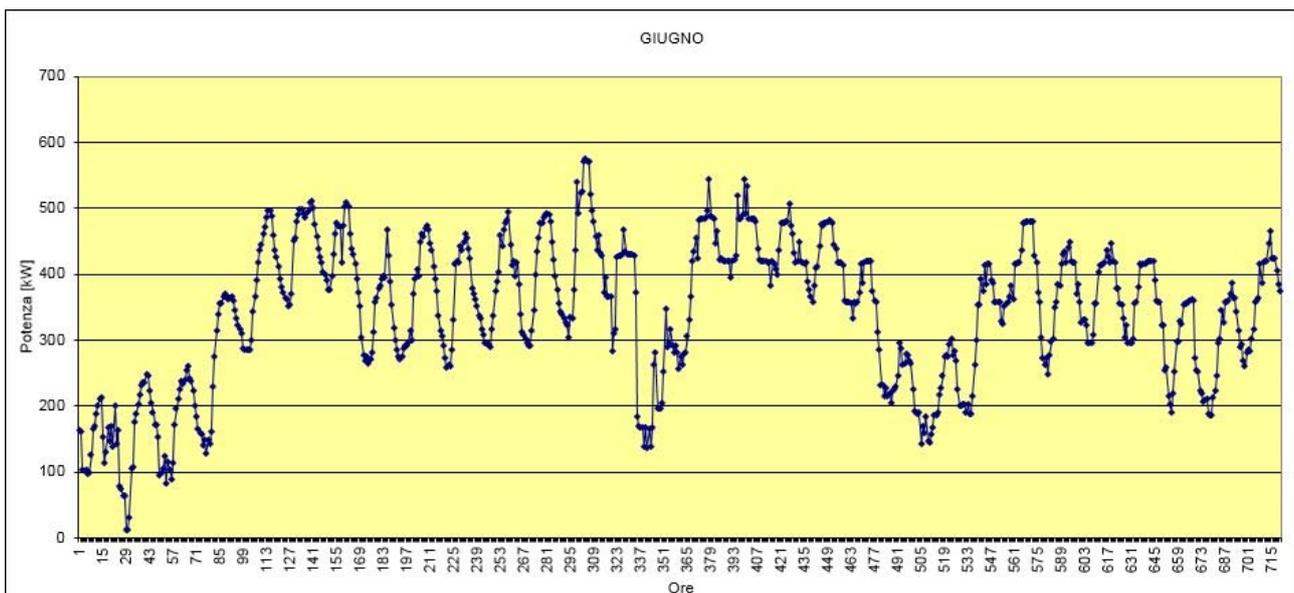
Fabbisogno di energia frigorifera Maggio 2014

Il mese di Maggio è il risultato delle letture effettuate, ad eccezione dei giorni dal 18 al 31 Maggio, in cui le misurazioni sono risultate abbastanza altalenanti e quindi si è preferito sostituire entrambe queste settimane con i valori misurati nella settimana da 4 al 10 Maggio. Da questi valori di assorbimento elettrico si è quindi risaliti al seguente andamento della potenza frigorifera.



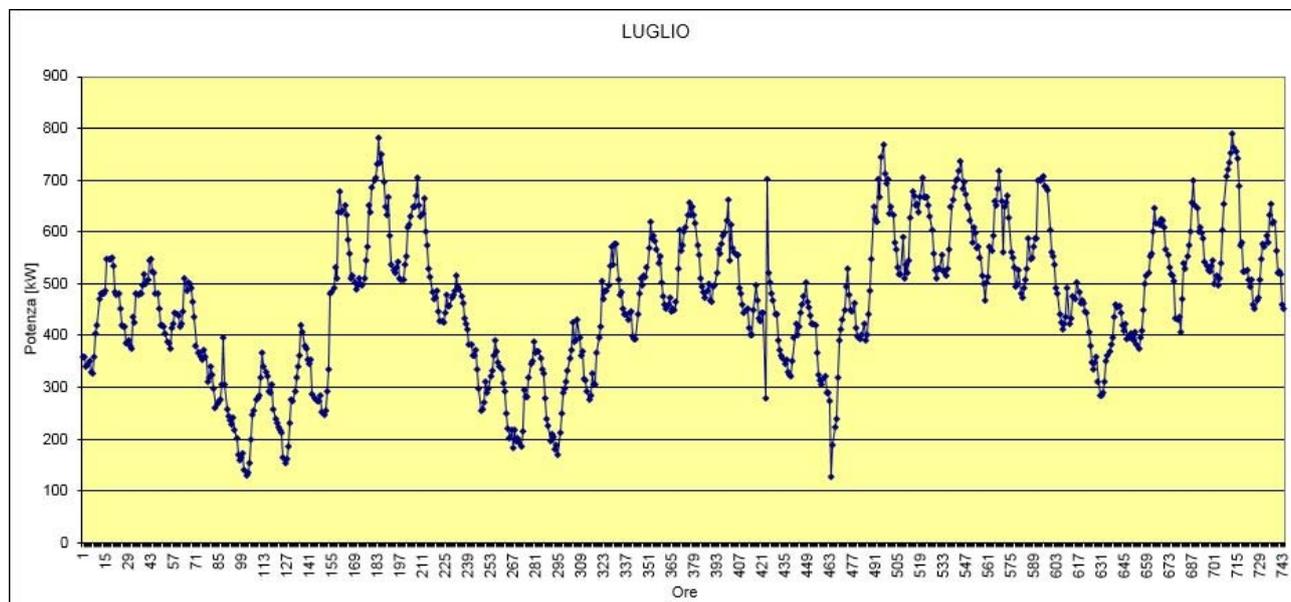
Fabbisogno di energia frigorifera Giugno 2014

Il mese di Giugno è il risultato delle misurazioni effettuate. Da questi valori di assorbimento elettrico si è quindi risaliti al seguente andamento della potenza frigorifera.



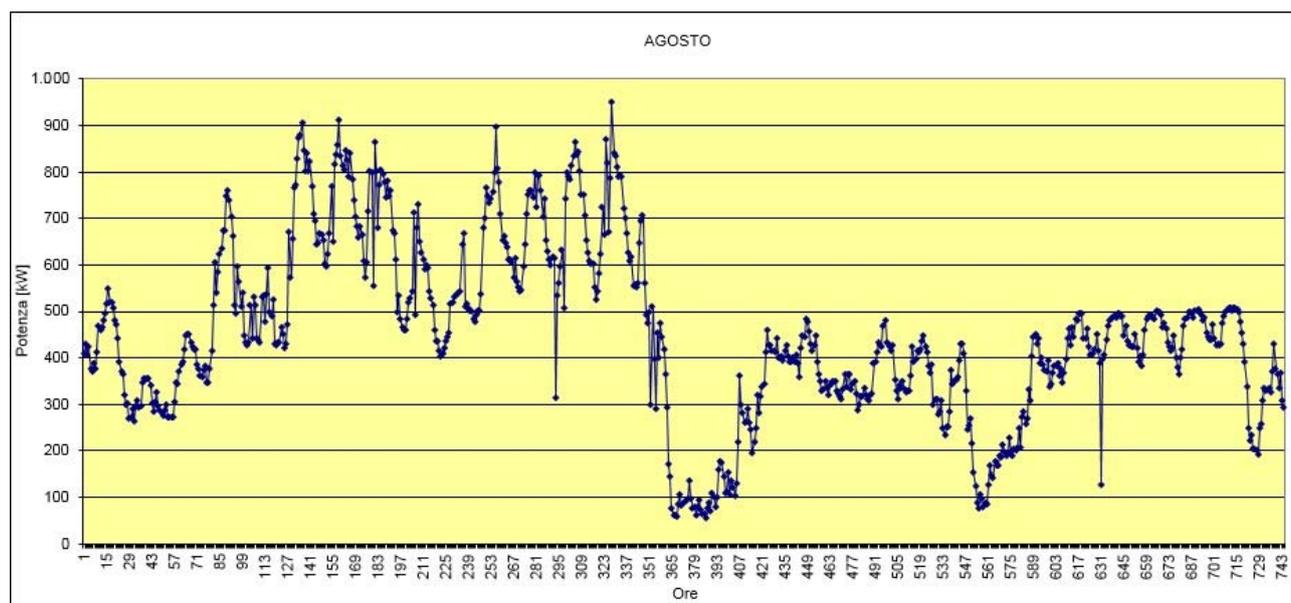
Fabbisogno di energia frigorifera Luglio 2014

Il mese di Luglio è il risultato delle misurazioni effettuate. Da questi valori di assorbimento elettrico si è quindi risaliti al seguente andamento della potenza frigorifera.



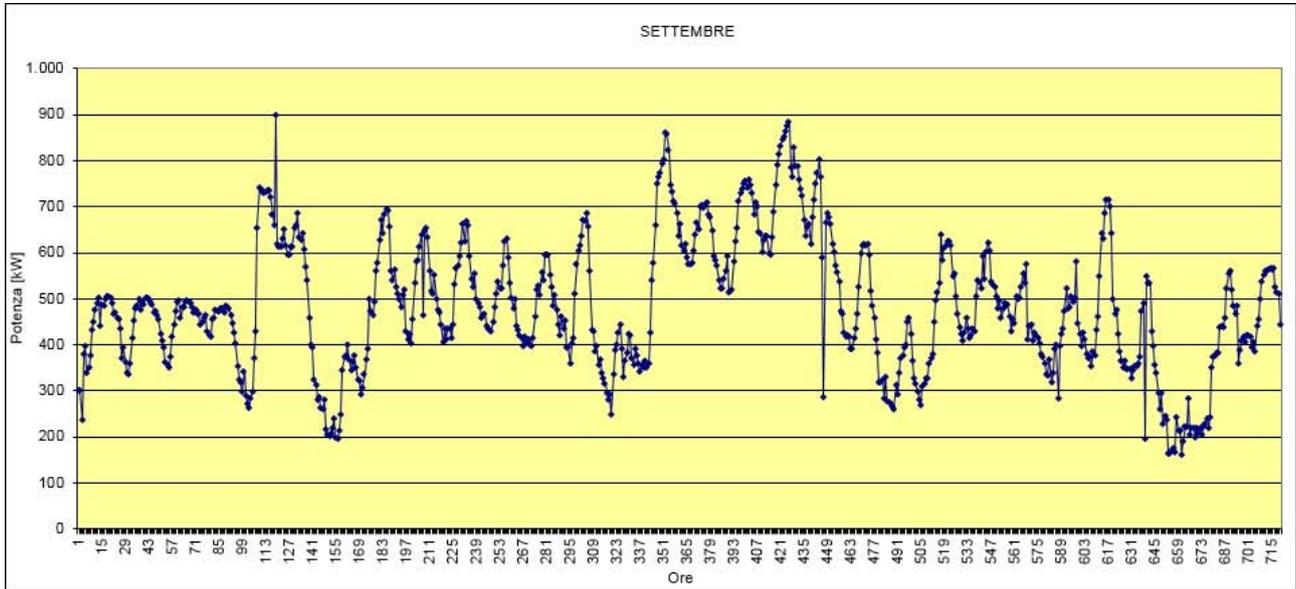
Fabbisogno di energia frigorifera Agosto 2014

Il mese di Agosto è il risultato delle misurazioni effettuate. Da questi valori di assorbimento elettrico si è quindi risaliti al seguente andamento della potenza frigorifera.



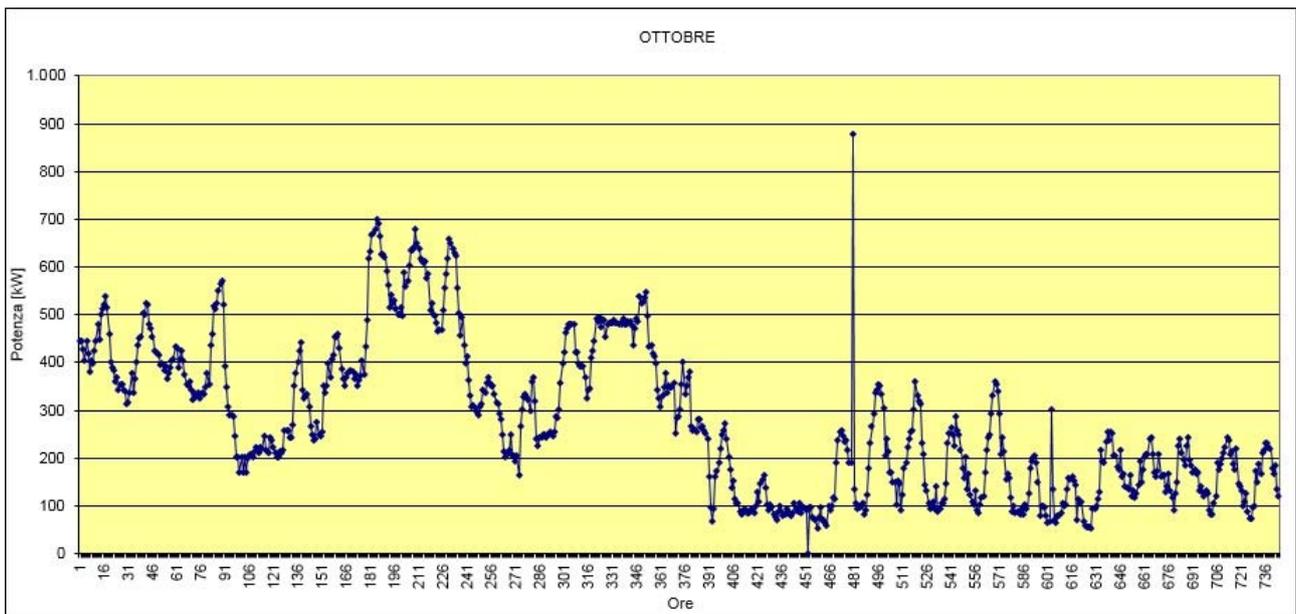
Fabbisogno di energia frigorifera Settembre 2014

Il mese di Settembre è il risultato delle misurazioni effettuate. Da questi valori di assorbimento elettrico si è quindi risaliti al seguente andamento della potenza frigorifera.



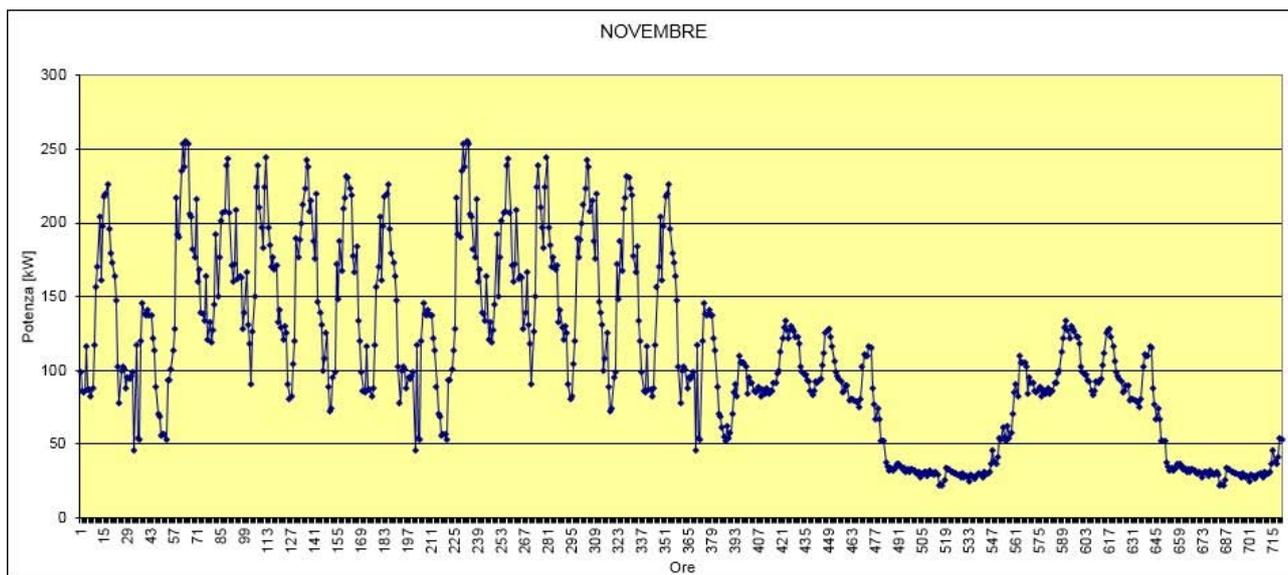
Fabbisogno di energia frigorifera Ottobre 2014

Il mese di Settembre è il risultato delle misurazioni effettuate. Da questi valori di assorbimento elettrico si è quindi risaliti al seguente andamento della potenza frigorifera.



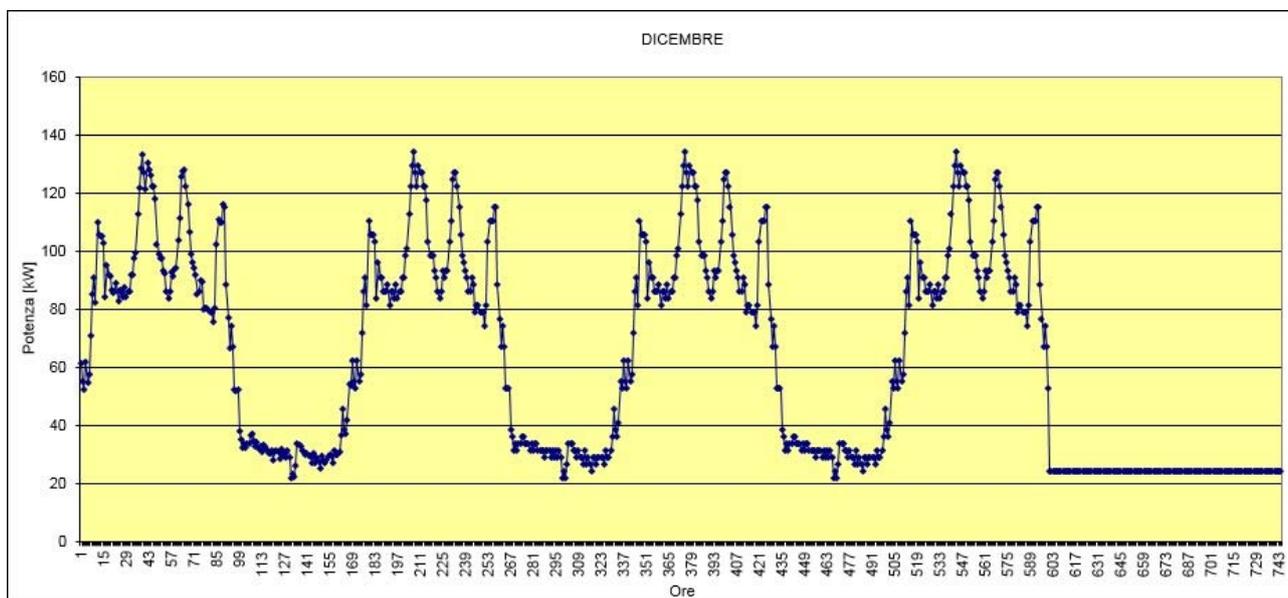
Fabbisogno di energia frigorifera Novembre 2014

Dal 1 al 7 Novembre si è presa come riferimento la settimana dal 25 al 31 Maggio, e la si è moltiplicata per un coefficiente pari a 0,8. Per la seconda settimana di Novembre si è utilizzata come riferimento la settimana dal 25 al 31 Maggio (valori misurati) moltiplicata per un coefficiente pari a 0,9. Le rimanenti settimane sono state invece prese uguali alla settimana dal 9 al 15 Febbraio. Da questi valori di assorbimento elettrico si è quindi risaliti al seguente andamento della potenza frigorifera.

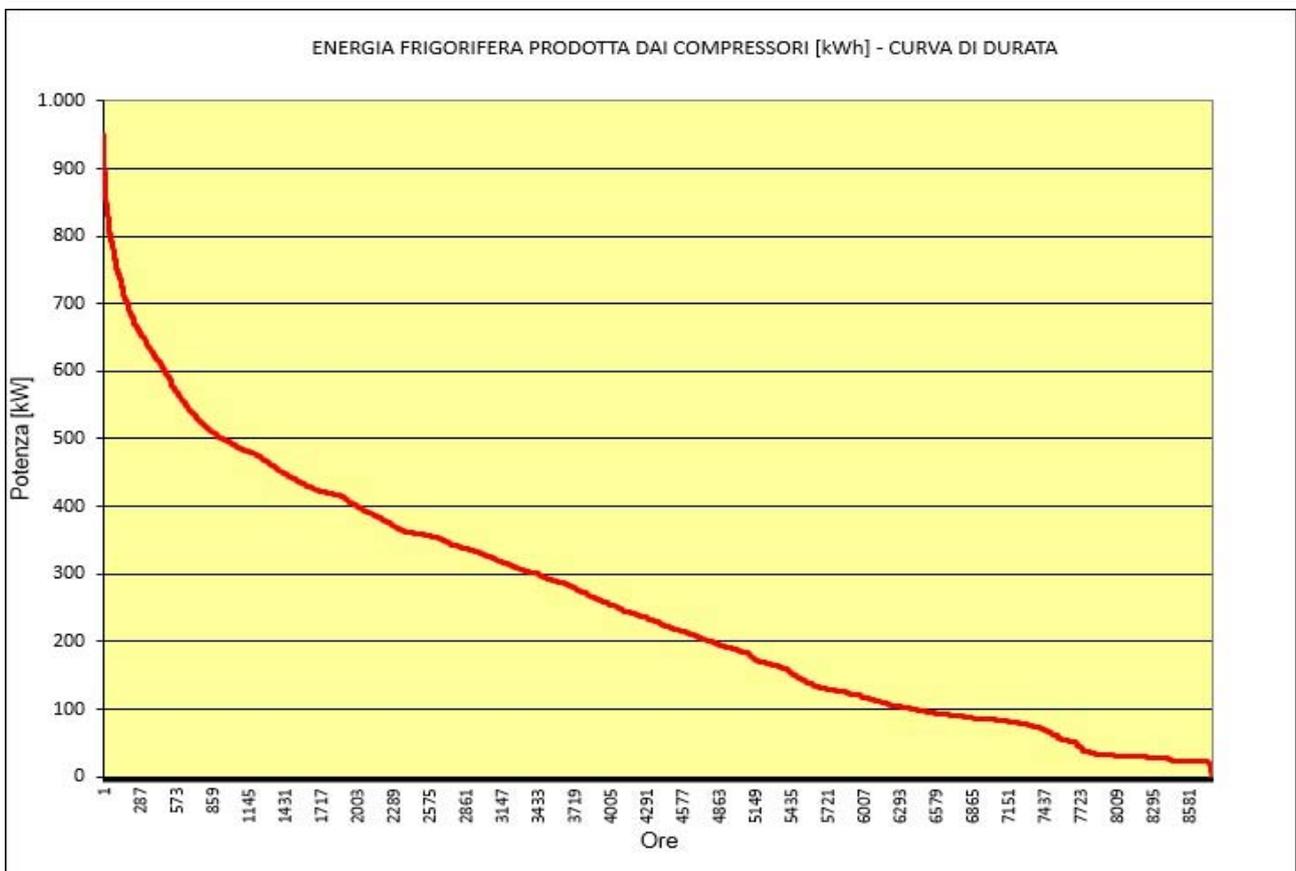
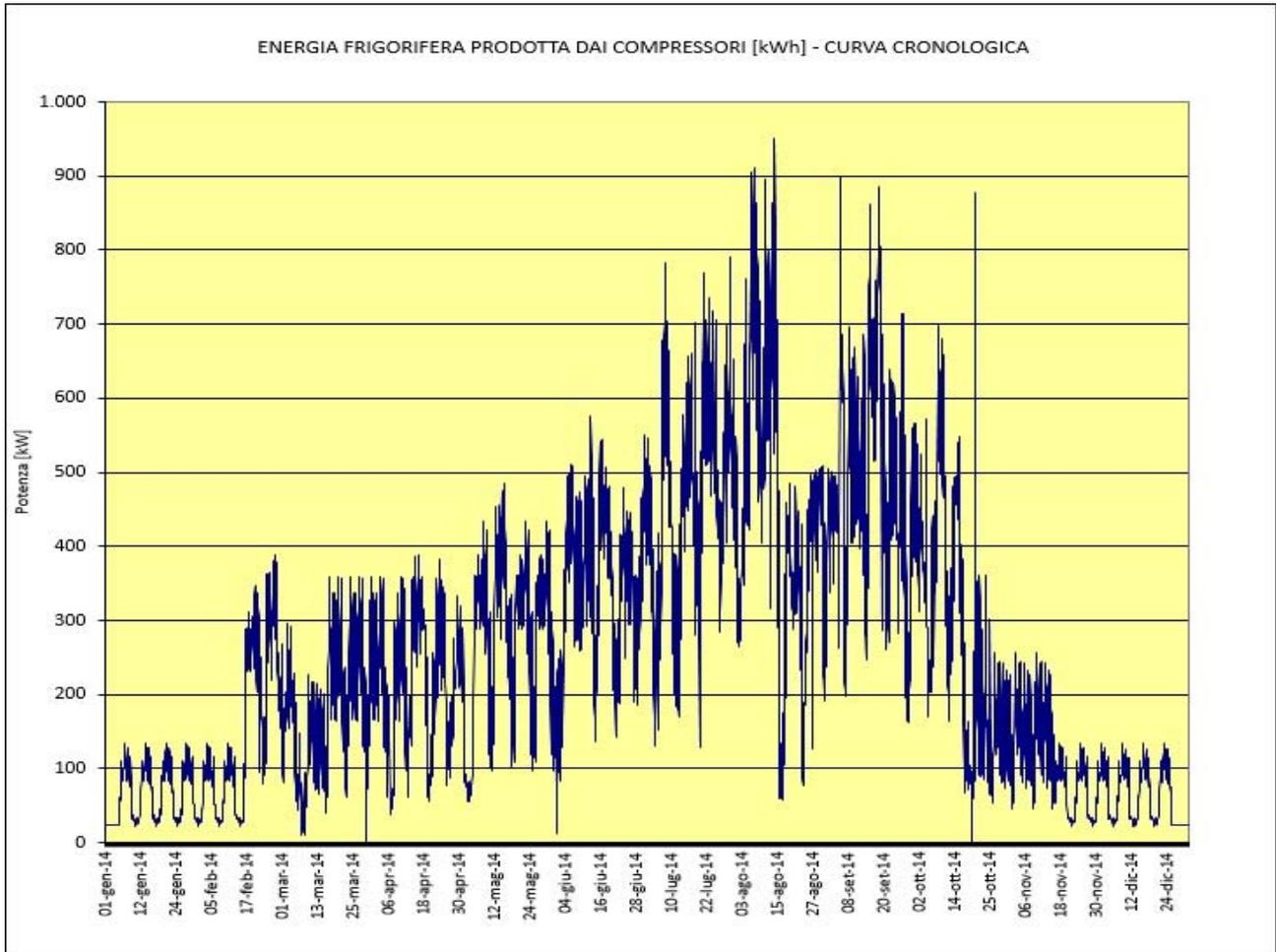


Fabbisogno di energia frigorifera Dicembre 2014

Per le settimane dal 1 al 25 dicembre si è presa come riferimento la settimana dal 9 al 15 Febbraio, per gli altri giorni rimanenti di Dicembre si è invece imposta una potenza media oraria di 10 kW_e. Da questi valori di assorbimento elettrico si è quindi risaliti al seguente andamento della potenza frigorifera.



Andamento annuale ottenuto



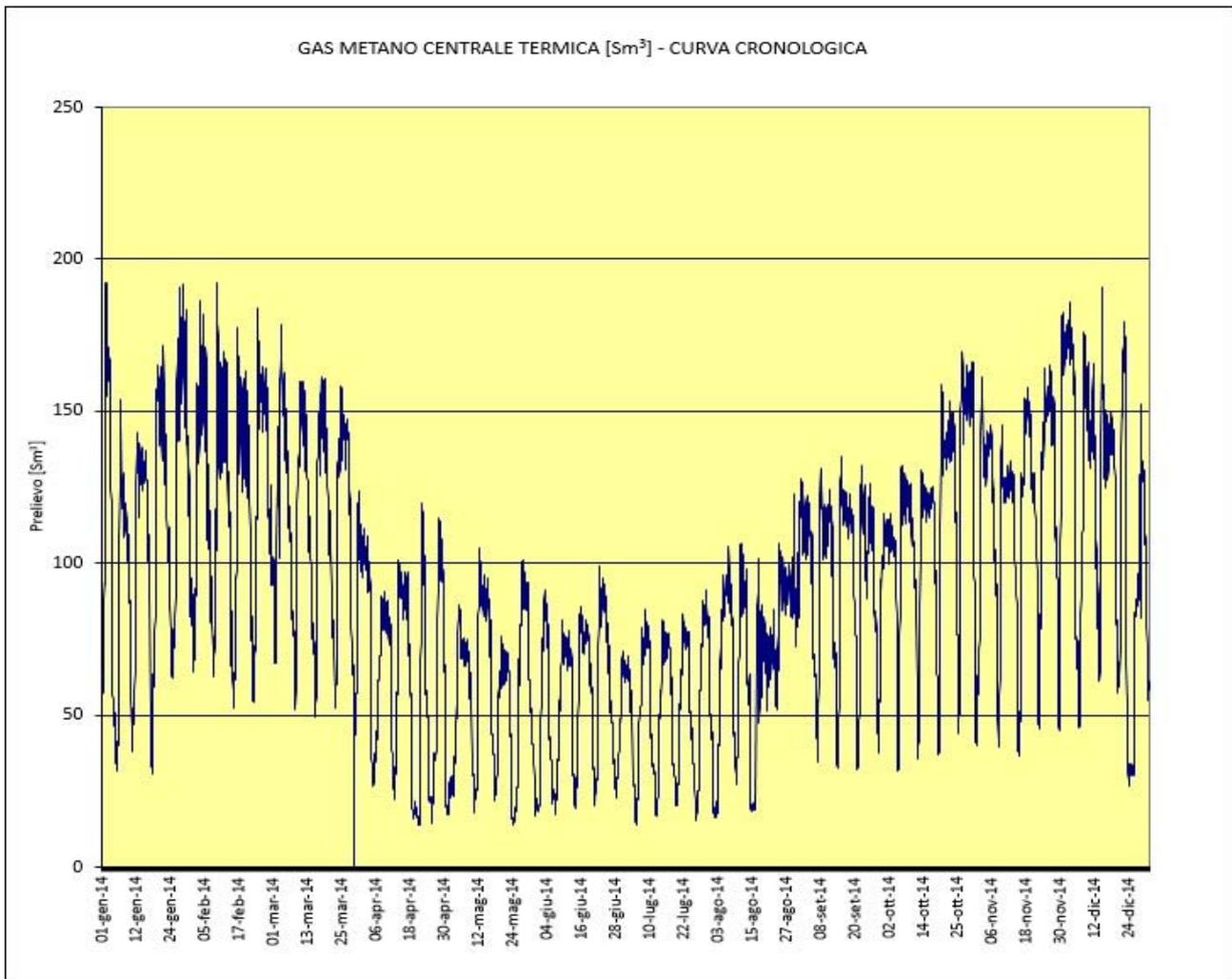
4.3 – Misura della potenza totale richiesta dai carichi termici

Nel caso dei carichi termici, l'unica misura disponibile è stata quella relativa al consumo di gas naturale destinato ai quattro generatori di vapore. Quindi, partendo da questi consumi riferiti all'anno 2014, essendo stati forniti in unità contatore, si è moltiplicato il valore di consumo per 2,6 in modo da ottenere i consumi di gas in Sm^3/h ; questo valore moltiplicato per un rendimento medio dei generatori ha permesso di ottenere i kWh totali richiesti grazie all'equazione:

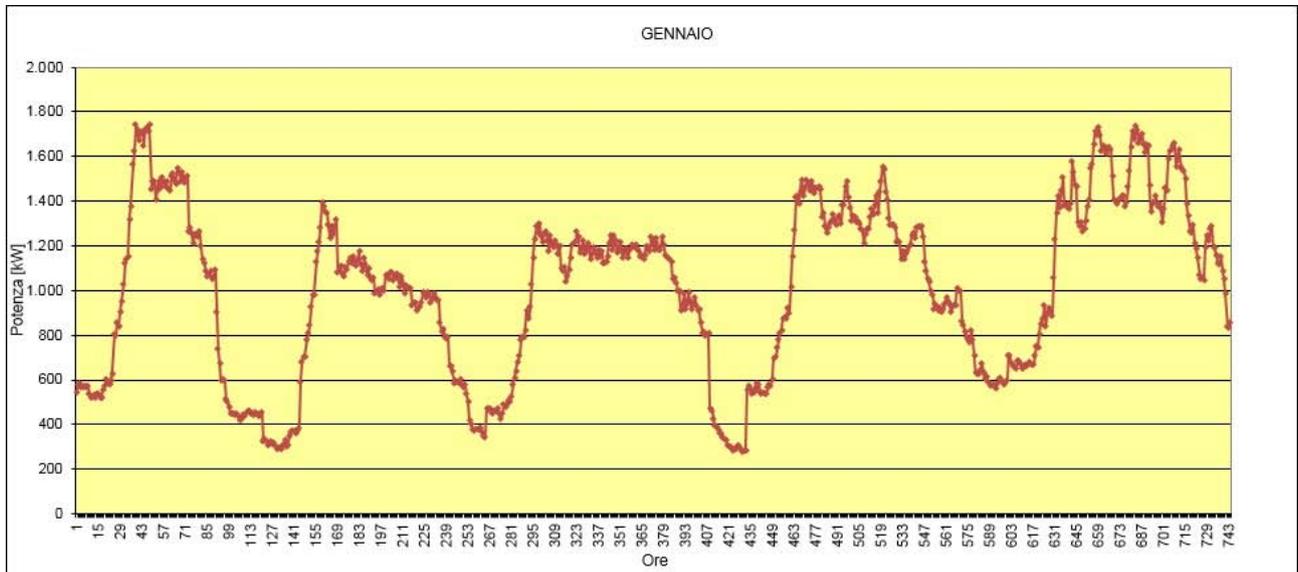
$$E_{termica} = \dot{m}_{gas} * \eta_{gen} * k$$

Dove $E_{termica}$ è l'energia termica in [kWh_t], \dot{m}_{gas} è il consumo di gas in [Sm^3/h], η_{gen} è il rendimento di generazione assunto pari a 0,95 e k è una costante pari a 9,534778 kWh/ Sm^3 che permette la conversione da [Sm^3/h] in [kWh].

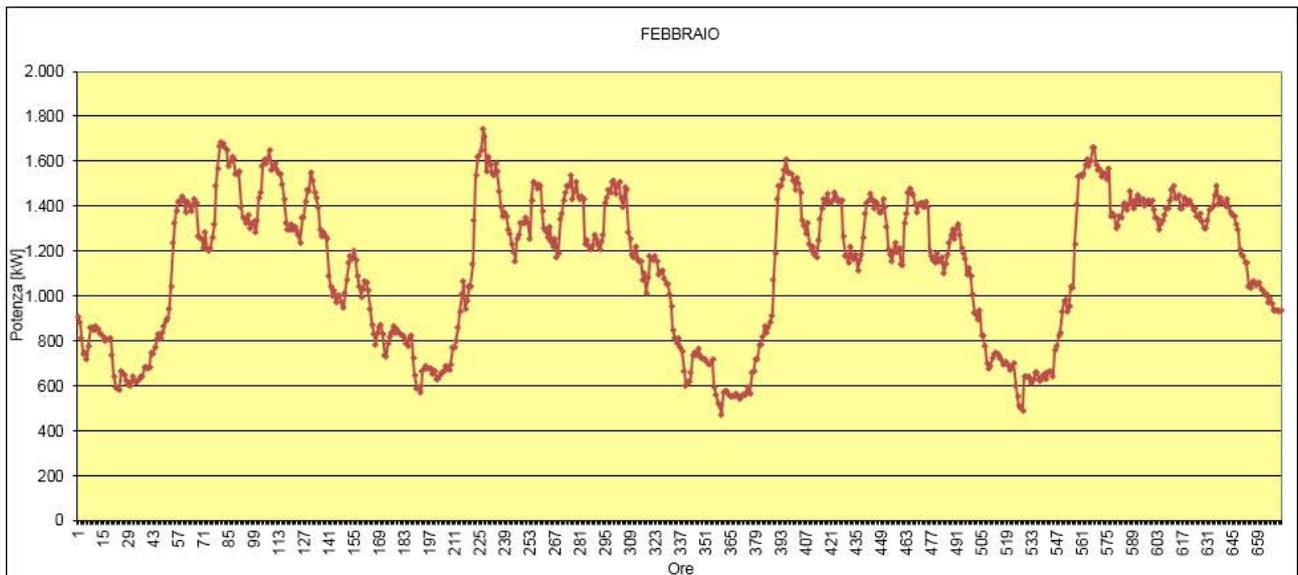
Consumo annuale di gas per centrale termica



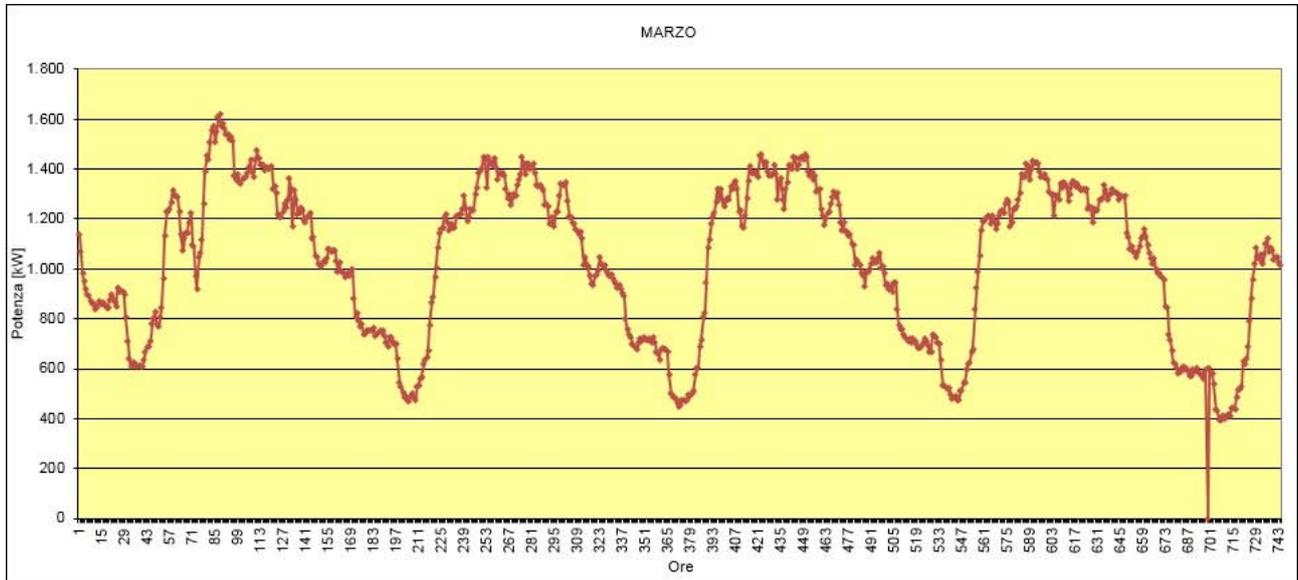
Fabbisogno di energia termica totale Gennaio 2014



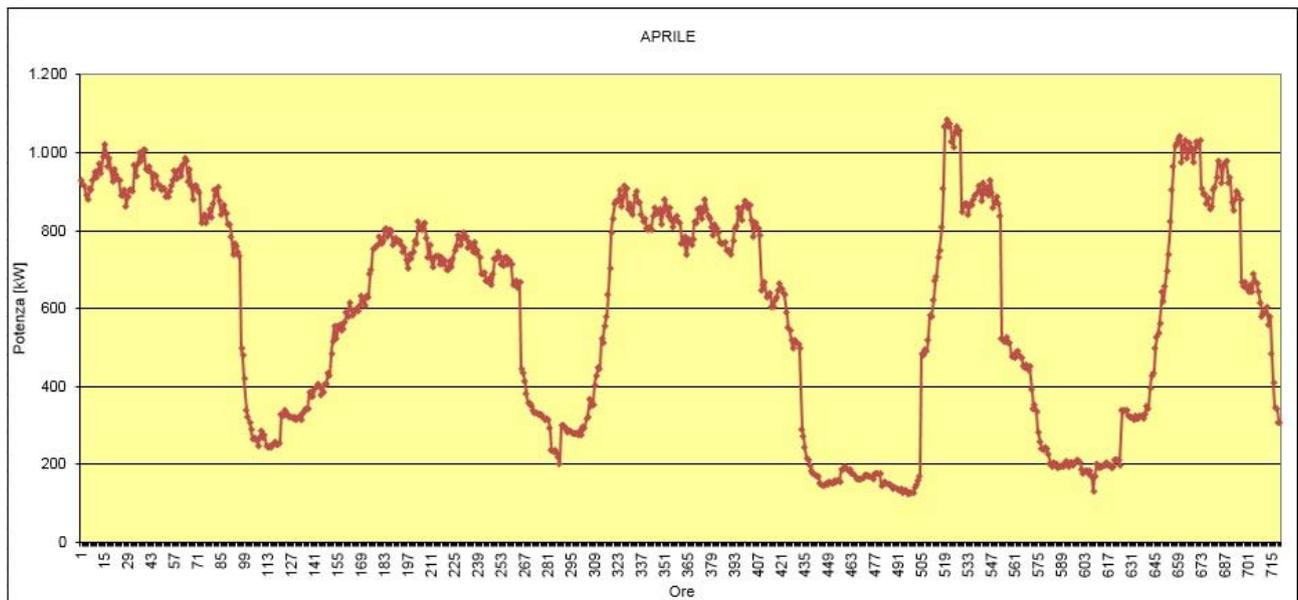
Fabbisogno di energia termica totale Febbraio 2014



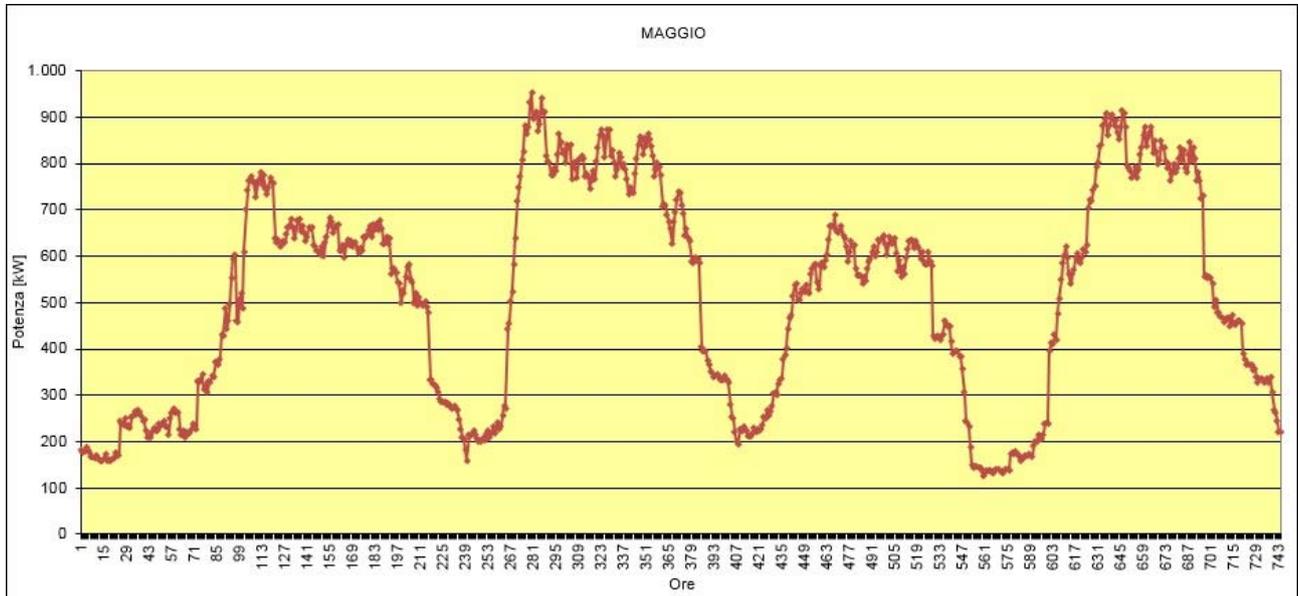
Fabbisogno di energia termica totale Marzo 2014



Fabbisogno di energia termica totale Aprile 2014



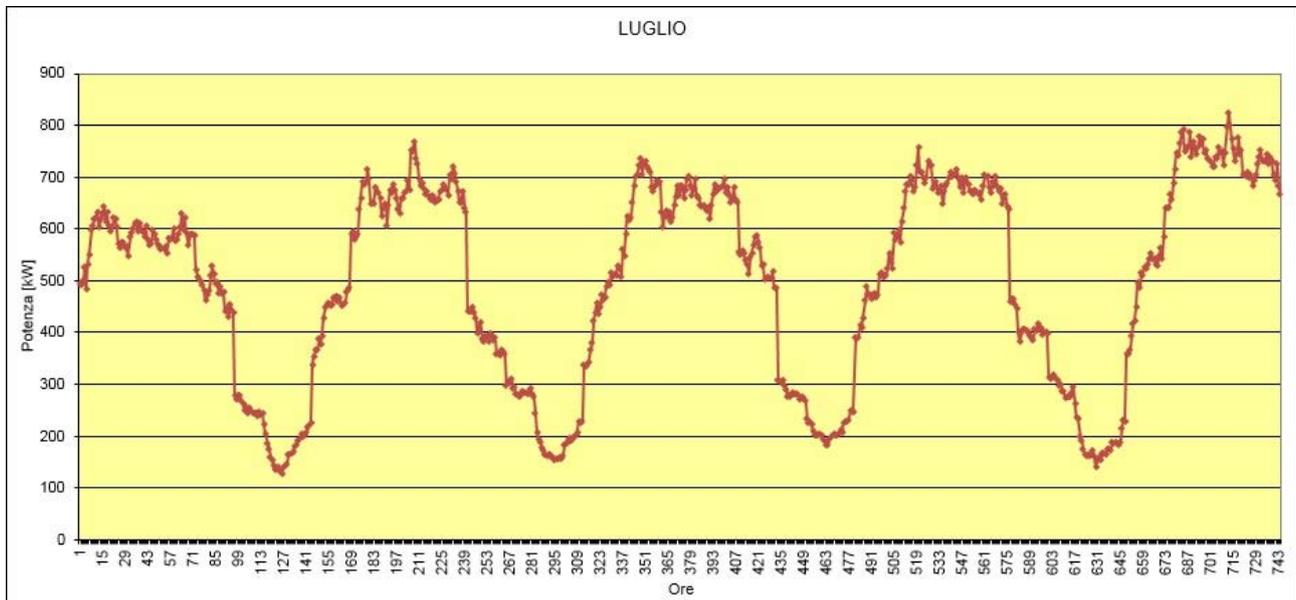
Fabbisogno di energia termica totale Maggio 2014



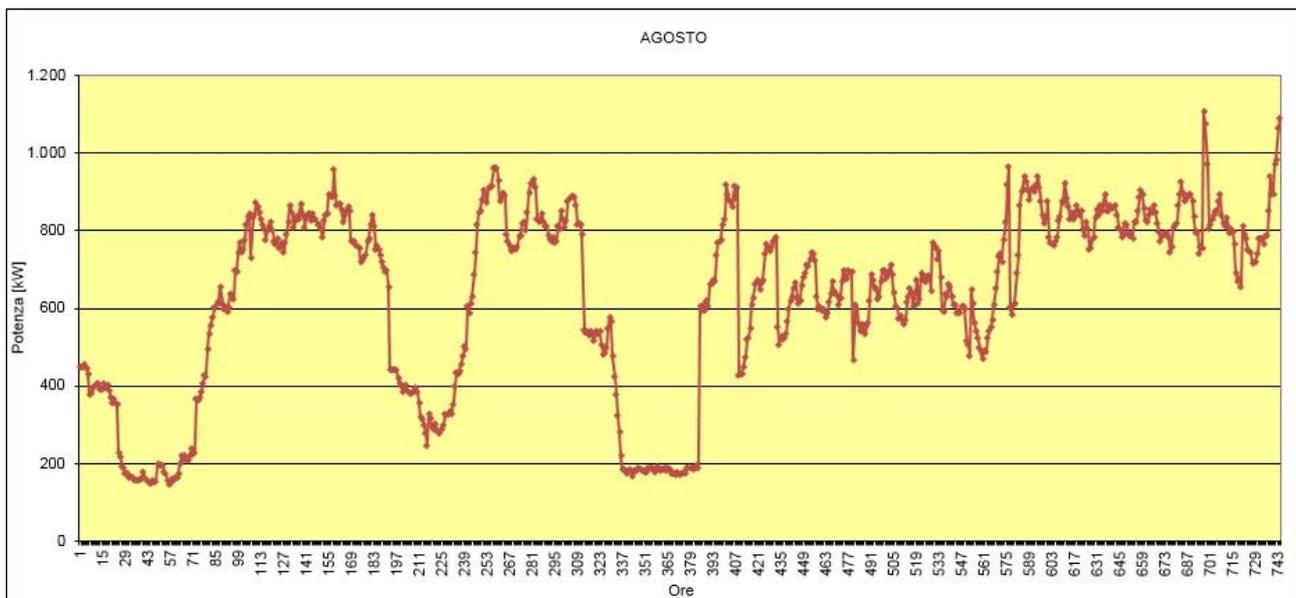
Fabbisogno di energia termica totale Giugno 2014



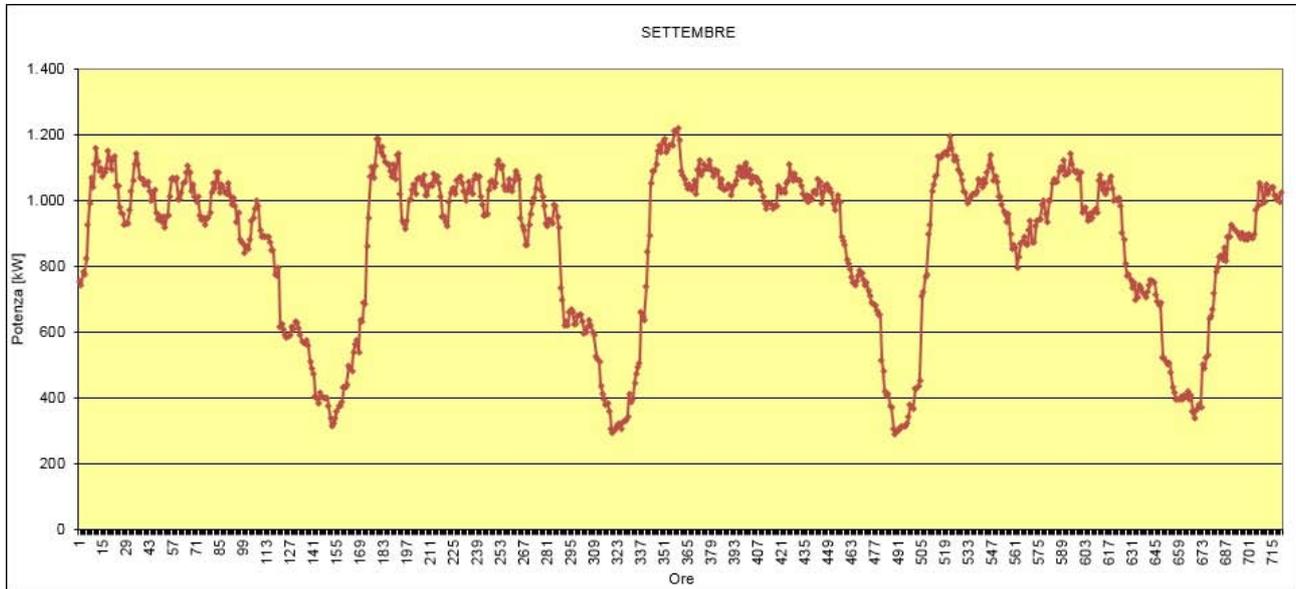
Fabbisogno di energia termica totale Luglio 2014



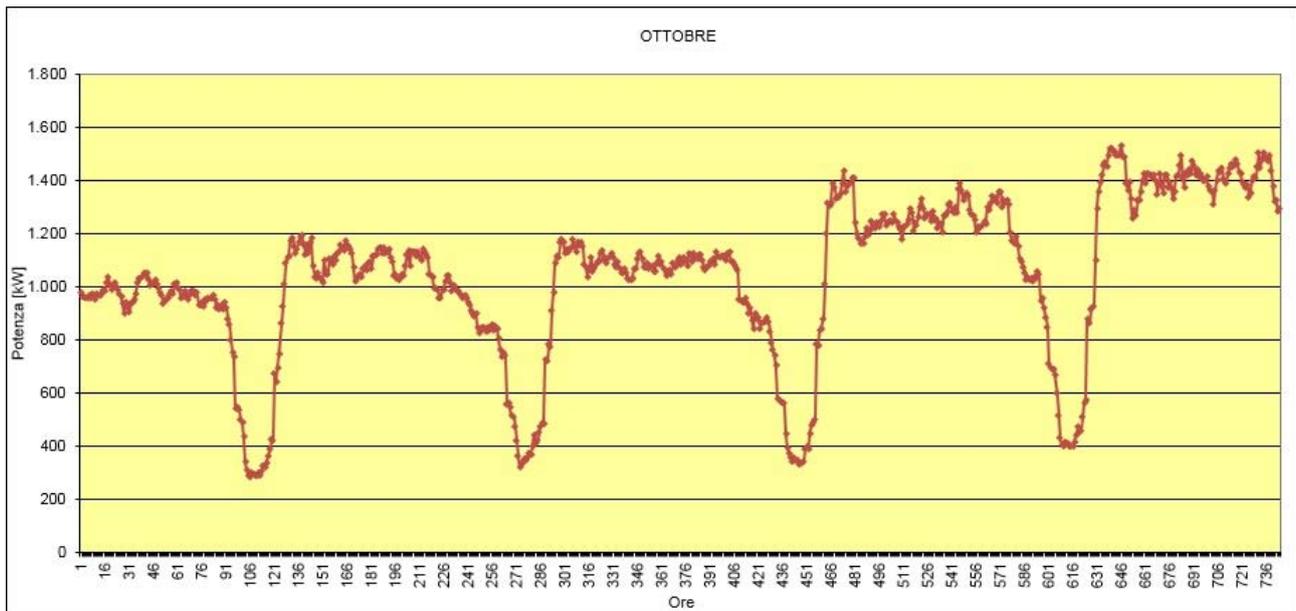
Fabbisogno di energia termica totale Agosto 2014



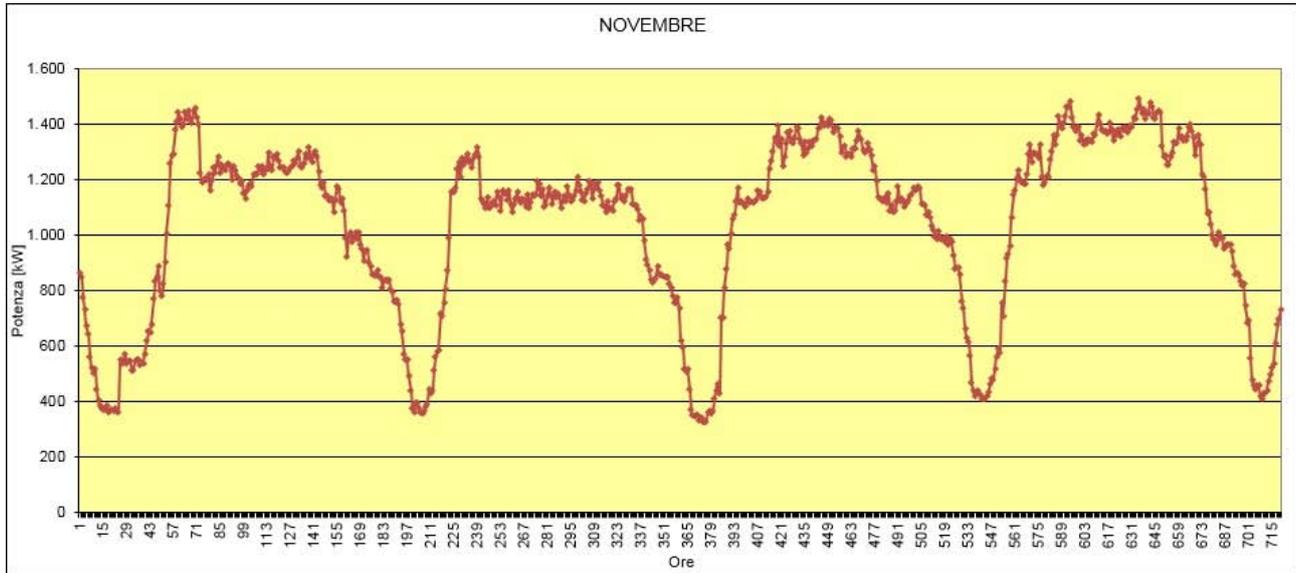
Fabbisogno di energia termica totale Settembre 2014



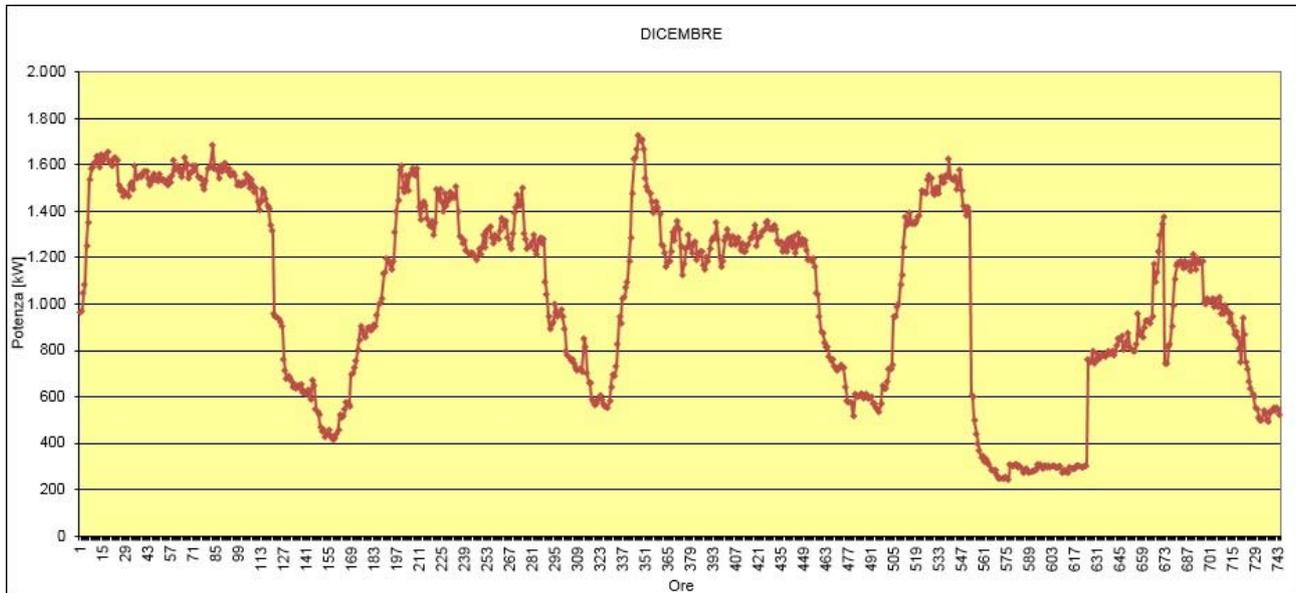
Fabbisogno di energia termica totale Ottobre 2014



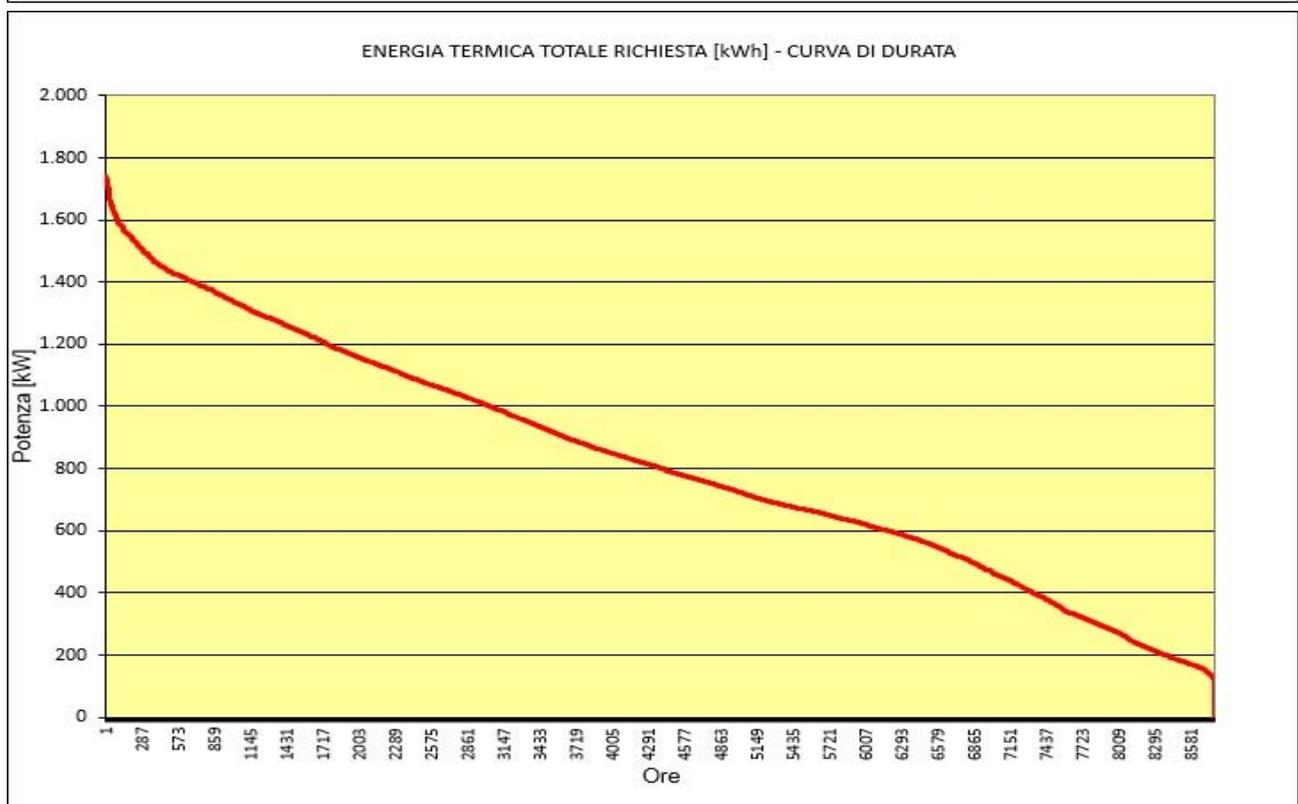
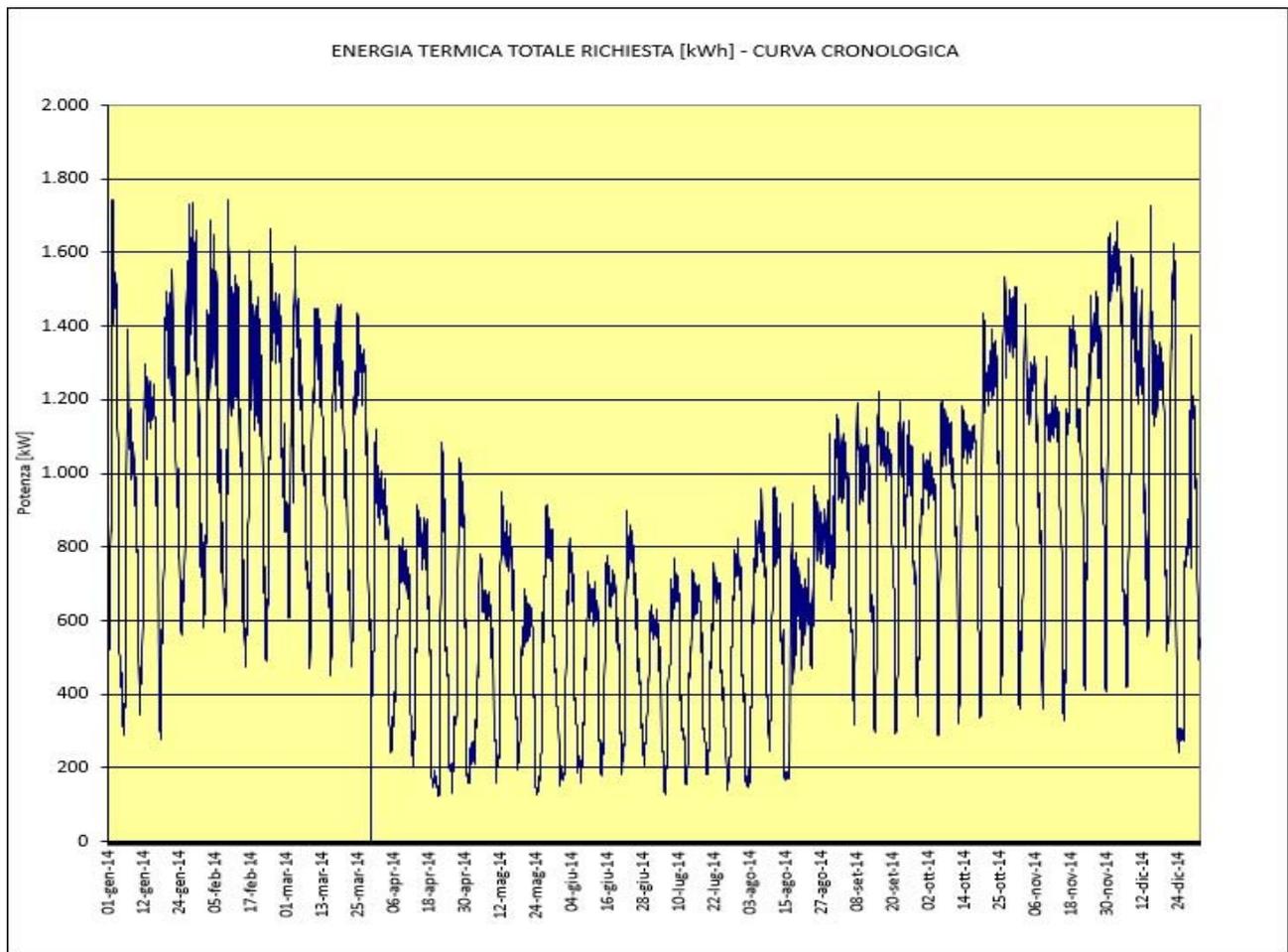
Fabbisogno di energia termica totale Novembre 2014



Fabbisogno di energia termica totale Dicembre 2014



Andamento annuale ottenuto



CAPITOLO 5 – STUDIO DEI CARICHI TERMICI

Al fine di poter ottenere la qualifica SEU da parte del GSE, è assolutamente necessario che l'impianto sia CAR e quindi che l'energia termica prodotta dal motore cogenerativo venga utilizzata nella maggior quantità possibile all'interno dello stabilimento. Date le specifiche tecniche dei diversi carichi termici presenti al Capitolo 3, si osserva come l'energia termica venga distribuita come vapore o come acqua calda nelle diverse zone dello stabilimento: questo rende necessario uno studio che suddivida l'energia termica prodotta in parte vapore ed in parte acqua calda. Questa suddivisione permetterà quindi di effettuare una scelta sul vettore termico cogenerativo da produrre: nel caso in cui la parte vapore sia preponderante, si opterà per un motore cogenerativo in grado di produrre vapore ed acqua calda; altrimenti si punterà su un motore in grado di produrre solo acqua calda. La problematica principale riscontrata in questo tipo di studio dei carichi termici, è stata l'assoluta mancanza di strumenti di misurazione dell'energia assorbita dalle diverse macchine considerate, e per questo è stato necessario effettuare delle assunzioni e delle stime durante tutto il lavoro svolto.

5.1 – Caratterizzazione delle macchine

Come prima descritto, si vogliono distinguere due tipi di utilizzo dell'energia termica, e quindi si considerano macchine alimentate a vapore e macchine alimentate ad acqua calda. La suddivisione consta in:

A. Macchine funzionanti a *vapore* sono

- a. Tutte quelle che sfruttano direttamente il vapore e che quindi il cui utilizzo non può essere sostituito dall'acqua calda;
- b. Tutte quelle che al momento funzionano attraverso il vapore ma che sono sostituibili dall'acqua calda attraverso la sostituzione di alcune componenti della macchina stessa (sostanzialmente tutte le UTA la cui batteria di riscaldamento al momento è alimentata da vapore, ma che sostituendola può essere convertita a funzionamento con acqua calda);

B. Macchine funzionanti ad *acqua calda* sono

- a. Tutte quelle macchine che sfruttano direttamente l'acqua calda prodotta in centrale termica;

- b. Tutte quelle macchine che sfruttano acqua calda tramite uno scambiatore acqua/vapore posto in loco.

MACCHINA	CATEGORIA	MACCHINA	CATEGORIA
1	B-a	15	A-b
2	B-a	16	B-b
3	B-b	16A	B-b
4	A-b	17	B-b
5	A-b	19	A-b
6	A-b	20	B-a
7	A-b	21	A-a
8	A-b	22	A-a
9	B-b	23	A-a
10	A-b	24	A-a
11	A-b	25	A-a
12	B-b	26	A-a
14	B-b	28	A-b

Per entrambe le categorie A-b e B-b si osserva che si rende necessaria la costruzione di una linea di alimentazione per l'acqua calda, in quanto tutte queste macchine sono collegate alla rete di distribuzione del vapore.

5.2 – Metodo di calcolo

Sulla base della caratterizzazione delle macchine appena effettuata si è quindi suddivisa l'energia termica totale in energia da vapore (categoria A) e da acqua calda (categoria B). Per considerare l'utilizzo di acqua calda e di vapore rispetto al fabbisogno totale di energia termica, e per tenere conto della taglia delle singole macchine, in mancanza di dati più precisi, sono stati calcolati giorno per giorno dei rapporti di potenza così definiti:

$$R_{vap} = \frac{\sum P_{vap}}{\sum P_{tot}} \qquad R_{acq} = \frac{\sum P_{acq}}{\sum P_{tot}}$$

Dove R_{vap} è il rapporto tra la sommatoria delle potenze delle macchine alimentate a vapore P_{vap} (categoria A) funzionanti in quel giorno, e la sommatoria della potenza totale delle macchine in funzione nello stesso giorno P_{tot} ; R_{acq} è il rapporto tra la sommatoria delle potenze delle macchine

alimentate ad acqua calda P_{acq} (categoria B) funzionanti in quel giorno, e la sommatoria della potenza totale delle macchine in funzione nello stesso giorno P_{tot} . Così facendo è bastato moltiplicare i coefficienti calcolati precedentemente per il fabbisogno orario totale di energia termica, e si è così ottenuta la suddivisione voluta. Le macchine considerate in funzione giorno per giorno sono il risultato dell'osservazione dei diversi turni di lavoro sulle linee produttive.

Lo stesso principio si è sfruttato per il calcolo della parte di energia termica direttamente sostituibile: come illustrato nel Capitolo 2, sussistono delle linee di riscaldamento alimentate direttamente da acqua calda prodotta all'interno della centrale termica. In questo caso si è calcolato un rapporto così definito:

$$R_{sos} = \frac{P_{sos}}{\sum P_{tot}}$$

Con

$$P_{sos} = P_{20} + P_1 + P_2$$

Dove i pedici delle diverse potenze sono riferiti alla corrispettiva numerazione delle macchine. Si è osservato che in prossimità di una linea di alimentazione dell'acqua calda proveniente dalla centrale termica sussiste la possibilità di collegamento della macchina 3 con la suddetta tubazione. La fattibilità del collegamento verrà discussa successivamente, viene comunque calcolata la parte di energia termica utilizzabile sempre passando attraverso un rapporto di potenze così definito:

$$R_{UTA3} = \frac{P_3}{\sum P_{tot}}$$

Come nel caso precedente, è bastato moltiplicare questi coefficienti per il fabbisogno orario totale di energia termica per determinare la parte di energia termica desiderata.

5.3 – Calcolo dei coefficienti

Il metodo utilizzato è quello descritto al Paragrafo 5.2; giorno per giorno però sono state fatte delle assunzioni che hanno permesso di determinare la parte di macchinari considerati in funzione e quella invece dei macchinari non utilizzati. Questa suddivisione è stata svolta sulla base dell'osservazione dei turni di lavoro fatti sulle diverse linee produttive.

Calcolo dei rapporti per Gennaio 2014

Per tutti i giorni festivi si sono considerate in funzione soltanto le macchine addette al riscaldamento degli ambienti di lavoro; tutti i giorni feriali invece considerano in funzione anche le macchine di produzione ad eccezione delle macchine usate per il processo produttivo della zona Orlandi 1, le quali entrano in funzione dal 22 Gennaio (R_{UTA3} è nullo quando in zona Orlandi 1 non c'è produzione).

GIORNO	A	M	G	VAPORE	ACQUA CALDA	TOTALE	R_{vap}	R_{scq}	R_{scs}	R_{UTA3}
mercoledì	2014	1	1	731,68	866,09	1597,77	0,45794	0,54206	0,31294	0
giovedì	2014	1	2	2014,54	931,09	2945,63	0,68391	0,31609	0,16974	0
venerdì	2014	1	3	2014,54	931,09	2945,63	0,68391	0,31609	0,16974	0
sabato	2014	1	4	2014,54	931,09	2945,63	0,68391	0,31609	0,16974	0
domenica	2014	1	5	731,68	866,09	1597,77	0,45794	0,54206	0,31294	0
lunedì	2014	1	6	731,68	866,09	1597,77	0,45794	0,54206	0,31294	0
martedì	2014	1	7	2014,54	931,09	2945,63	0,68391	0,31609	0,16974	0
mercoledì	2014	1	8	2014,54	931,09	2945,63	0,68391	0,31609	0,16974	0
giovedì	2014	1	9	2014,54	931,09	2945,63	0,68391	0,31609	0,16974	0
venerdì	2014	1	10	2014,54	931,09	2945,63	0,68391	0,31609	0,16974	0
sabato	2014	1	11	731,68	866,09	1597,77	0,45794	0,54206	0,31294	0
domenica	2014	1	12	731,68	866,09	1597,77	0,45794	0,54206	0,31294	0
lunedì	2014	1	13	2014,54	931,09	2945,63	0,68391	0,31609	0,16974	0
martedì	2014	1	14	2014,54	931,09	2945,63	0,68391	0,31609	0,16974	0
mercoledì	2014	1	15	2014,54	931,09	2945,63	0,68391	0,31609	0,16974	0
giovedì	2014	1	16	2014,54	931,09	2945,63	0,68391	0,31609	0,16974	0
venerdì	2014	1	17	2014,54	931,09	2945,63	0,68391	0,31609	0,16974	0
sabato	2014	1	18	731,68	866,09	1597,77	0,45794	0,54206	0,31294	0
domenica	2014	1	19	731,68	866,09	1597,77	0,45794	0,54206	0,31294	0
lunedì	2014	1	20	2014,54	931,09	2945,63	0,68391	0,31609	0,16974	0
martedì	2014	1	21	2014,54	931,09	2945,63	0,68391	0,31609	0,16974	0
mercoledì	2014	1	22	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
giovedì	2014	1	23	2014,54	931,09	2945,63	0,68391	0,31609	0,16974	0
venerdì	2014	1	24	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
sabato	2014	1	25	731,68	866,09	1597,77	0,45794	0,54206	0,31294	0
domenica	2014	1	26	731,68	866,09	1597,77	0,45794	0,54206	0,31294	0
lunedì	2014	1	27	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
martedì	2014	1	28	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
mercoledì	2014	1	29	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
giovedì	2014	1	30	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
venerdì	2014	1	31	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724

Calcolo dei rapporti per Febbraio 2014

Valgono le stesse valutazioni fatte per Gennaio 2014.

sabato	2014	2	1	796,68	982,54	1779,22	0,44777	0,55223	0,28102	0,06545
domenica	2014	2	2	731,68	866,09	1597,77	0,45794	0,54206	0,31294	0
lunedì	2014	2	3	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
martedì	2014	2	4	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
mercoledì	2014	2	5	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
giovedì	2014	2	6	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
venerdì	2014	2	7	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
sabato	2014	2	8	796,68	982,54	1779,22	0,44777	0,55223	0,28102	0,06545
domenica	2014	2	9	731,68	866,09	1597,77	0,45794	0,54206	0,31294	0
lunedì	2014	2	10	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
martedì	2014	2	11	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
mercoledì	2014	2	12	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
giovedì	2014	2	13	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
venerdì	2014	2	14	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
sabato	2014	2	15	796,68	982,54	1779,22	0,44777	0,55223	0,28102	0,06545
domenica	2014	2	16	731,68	866,09	1597,77	0,45794	0,54206	0,31294	0
lunedì	2014	2	17	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
martedì	2014	2	18	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
mercoledì	2014	2	19	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
giovedì	2014	2	20	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
venerdì	2014	2	21	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
sabato	2014	2	22	796,68	982,54	1779,22	0,44777	0,55223	0,28102	0,06545
domenica	2014	2	23	731,68	866,09	1597,77	0,45794	0,54206	0,31294	0
lunedì	2014	2	24	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
martedì	2014	2	25	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
mercoledì	2014	2	26	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
giovedì	2014	2	27	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
venerdì	2014	2	28	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724

Calcolo dei rapporti per Marzo 2014

Valgono le stesse valutazioni fatte per Gennaio 2014.

sabato	2014	3	1	796,68	982,54	1779,22	0,44777	0,55223	0,28102	0,06545
domenica	2014	3	2	796,68	982,54	1779,22	0,44777	0,55223	0,28102	0,06545
lunedì	2014	3	3	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
martedì	2014	3	4	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
mercoledì	2014	3	5	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
giovedì	2014	3	6	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
venerdì	2014	3	7	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
sabato	2014	3	8	796,68	982,54	1779,22	0,44777	0,55223	0,28102	0,06545
domenica	2014	3	9	796,68	982,54	1779,22	0,44777	0,55223	0,28102	0,06545
lunedì	2014	3	10	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
martedì	2014	3	11	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
mercoledì	2014	3	12	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
giovedì	2014	3	13	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
venerdì	2014	3	14	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
sabato	2014	3	15	796,68	982,54	1779,22	0,44777	0,55223	0,28102	0,06545
domenica	2014	3	16	796,68	982,54	1779,22	0,44777	0,55223	0,28102	0,06545
lunedì	2014	3	17	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
martedì	2014	3	18	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
mercoledì	2014	3	19	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
giovedì	2014	3	20	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
venerdì	2014	3	21	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
sabato	2014	3	22	796,68	982,54	1779,22	0,44777	0,55223	0,28102	0,06545
domenica	2014	3	23	796,68	982,54	1779,22	0,44777	0,55223	0,28102	0,06545
lunedì	2014	3	24	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
martedì	2014	3	25	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
mercoledì	2014	3	26	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
giovedì	2014	3	27	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
venerdì	2014	3	28	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
sabato	2014	3	29	796,68	982,54	1779,22	0,44777	0,55223	0,28102	0,06545
domenica	2014	3	30	796,68	982,54	1779,22	0,44777	0,55223	0,28102	0,06545
lunedì	2014	3	31	2014,54	931,09	2945,63	0,68391	0,31609	0,16974	0

Calcolo dei rapporti per Aprile 2014

Il 1 Aprile avviene lo spegnimento delle macchine 20 e 3. Per tutti i giorni festivi si sono considerate in funzione soltanto le macchine addette al riscaldamento degli ambienti di lavoro; tutti i giorni feriali invece considerano in funzione anche le macchine di produzione. Dal 3 Aprile in poi, si nota una diminuzione dei metri cubi di gas utilizzati nello stabilimento. Si ipotizza che questo calo dei consumi sia dovuto allo spegnimento delle macchine addette al riscaldamento degli ambienti. Allo stesso modo si considera che le macchine addette alle celle di laminazione (9, 10 e 11) non lavorino più in riscaldamento, bensì soltanto in raffrescamento, e quindi anche queste vengono escluse dal conteggio dei carichi termici; si considerano in funzione solamente le macchine addette alle celle di lievitazione (7, 8 e 28). Uffici e Laboratori vengono conteggiati per tener conto dell'eventuale acqua calda sanitaria prodotta, e quindi per non sbilanciare troppo il coefficiente moltiplicativo a favore del vapore.

martedì	2014	4	1	2014,54	931,09	2945,63	0,68391	0,31609	0,16974	0
mercoledì	2014	4	2	2014,54	931,09	2945,63	0,68391	0,31609	0,16974	0
giovedì	2014	4	3	2014,54	931,09	2945,63	0,68391	0,31609	0,16974	0
venerdì	2014	4	4	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
sabato	2014	4	5	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0
domenica	2014	4	6	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0
lunedì	2014	4	7	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
martedì	2014	4	8	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
mercoledì	2014	4	9	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
giovedì	2014	4	10	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
venerdì	2014	4	11	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
sabato	2014	4	12	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0
domenica	2014	4	13	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0
lunedì	2014	4	14	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
martedì	2014	4	15	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
mercoledì	2014	4	16	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
giovedì	2014	4	17	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
venerdì	2014	4	18	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0
sabato	2014	4	19	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0
domenica	2014	4	20	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0
lunedì	2014	4	21	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0
martedì	2014	4	22	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
mercoledì	2014	4	23	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
giovedì	2014	4	24	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
venerdì	2014	4	25	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0
sabato	2014	4	26	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0
domenica	2014	4	27	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0
lunedì	2014	4	28	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
martedì	2014	4	29	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
mercoledì	2014	4	30	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0

Calcolo dei rapporti per Maggio 2014

Valgono le stesse considerazioni fatte per Aprile 2014.

giovedì	2014	5	1	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0
venerdì	2014	5	2	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0
sabato	2014	5	3	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0
domenica	2014	5	4	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0
lunedì	2014	5	5	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
martedì	2014	5	6	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
mercoledì	2014	5	7	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
giovedì	2014	5	8	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
venerdì	2014	5	9	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
sabato	2014	5	10	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0
domenica	2014	5	11	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0
lunedì	2014	5	12	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
martedì	2014	5	13	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
mercoledì	2014	5	14	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
giovedì	2014	5	15	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
venerdì	2014	5	16	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
sabato	2014	5	17	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0
domenica	2014	5	18	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0
lunedì	2014	5	19	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
martedì	2014	5	20	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
mercoledì	2014	5	21	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
giovedì	2014	5	22	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
venerdì	2014	5	23	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
sabato	2014	5	24	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0
domenica	2014	5	25	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0
lunedì	2014	5	26	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
martedì	2014	5	27	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
mercoledì	2014	5	28	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
giovedì	2014	5	29	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
venerdì	2014	5	30	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
sabato	2014	5	31	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0

Calcolo dei rapporti per Giugno 2014

Valgono le stesse considerazioni fatte per Aprile 2014.

domenica	2014	6	1	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0
lunedì	2014	6	2	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0
martedì	2014	6	3	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
mercoledì	2014	6	4	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
giovedì	2014	6	5	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
venerdì	2014	6	6	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
sabato	2014	6	7	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0
domenica	2014	6	8	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0
lunedì	2014	6	9	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
martedì	2014	6	10	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
mercoledì	2014	6	11	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
giovedì	2014	6	12	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
venerdì	2014	6	13	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
sabato	2014	6	14	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0
domenica	2014	6	15	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0
lunedì	2014	6	16	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
martedì	2014	6	17	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
mercoledì	2014	6	18	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
giovedì	2014	6	19	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
venerdì	2014	6	20	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
sabato	2014	6	21	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0
domenica	2014	6	22	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0
lunedì	2014	6	23	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
martedì	2014	6	24	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
mercoledì	2014	6	25	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
giovedì	2014	6	26	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
venerdì	2014	6	27	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
sabato	2014	6	28	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0
domenica	2014	6	29	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0
lunedì	2014	6	30	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0

Calcolo dei rapporti per Luglio 2014

Valgono le stesse considerazioni fatte per Aprile 2014.

martedì	2014	7	1	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
mercoledì	2014	7	2	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
giovedì	2014	7	3	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
venerdì	2014	7	4	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
sabato	2014	7	5	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0
domenica	2014	7	6	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0
lunedì	2014	7	7	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
martedì	2014	7	8	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
mercoledì	2014	7	9	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
giovedì	2014	7	10	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
venerdì	2014	7	11	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
sabato	2014	7	12	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0
domenica	2014	7	13	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0
lunedì	2014	7	14	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
martedì	2014	7	15	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
mercoledì	2014	7	16	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
giovedì	2014	7	17	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
venerdì	2014	7	18	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
sabato	2014	7	19	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0
domenica	2014	7	20	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0
lunedì	2014	7	21	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
martedì	2014	7	22	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
mercoledì	2014	7	23	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
giovedì	2014	7	24	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
venerdì	2014	7	25	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
sabato	2014	7	26	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0
domenica	2014	7	27	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0
lunedì	2014	7	28	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
martedì	2014	7	29	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
mercoledì	2014	7	30	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
giovedì	2014	7	31	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0

Calcolo dei rapporti per Agosto 2014

Valgono le stesse considerazioni fatte per Aprile 2014. Rientrano in funzione le macchine 20 e 3 dal 13 Agosto.

venerdì	2014	8	1	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
sabato	2014	8	2	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0
domenica	2014	8	3	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0
lunedì	2014	8	4	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
martedì	2014	8	5	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
mercoledì	2014	8	6	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
giovedì	2014	8	7	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
venerdì	2014	8	8	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
sabato	2014	8	9	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0
domenica	2014	8	10	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0
lunedì	2014	8	11	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
martedì	2014	8	12	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
mercoledì	2014	8	13	1277,66	257,38	1535,04	0,83233	0,16767	0	0,04931
giovedì	2014	8	14	1277,66	257,38	1535,04	0,83233	0,16767	0	0,04931
venerdì	2014	8	15	1212,66	140,93	1353,59	0,89588	0,10412	0	0
sabato	2014	8	16	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0
domenica	2014	8	17	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0
lunedì	2014	8	18	1277,66	257,38	1535,04	0,83233	0,16767	0	0,04931
martedì	2014	8	19	1277,66	257,38	1535,04	0,83233	0,16767	0	0,04931
mercoledì	2014	8	20	1277,66	257,38	1535,04	0,83233	0,16767	0	0,04931
giovedì	2014	8	21	1277,66	257,38	1535,04	0,83233	0,16767	0	0,04931
venerdì	2014	8	22	1277,66	257,38	1535,04	0,83233	0,16767	0	0,04931
sabato	2014	8	23	146,43	257,38	403,81	0,36262	0,63738	0	0,05768
domenica	2014	8	24	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0
lunedì	2014	8	25	1277,66	257,38	1535,04	0,83233	0,16767	0	0,04931
martedì	2014	8	26	1277,66	257,38	1535,04	0,83233	0,16767	0	0,04931
mercoledì	2014	8	27	1277,66	257,38	1535,04	0,83233	0,16767	0	0,04931
giovedì	2014	8	28	1277,66	257,38	1535,04	0,83233	0,16767	0	0,04931
venerdì	2014	8	29	1277,66	257,38	1535,04	0,83233	0,16767	0	0,04931
sabato	2014	8	30	146,43	257,38	403,81	0,36262	0,63738	0	0,05768
domenica	2014	8	31	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0

Calcolo dei rapporti per Settembre 2014

Valgono le stesse considerazioni fatte per Agosto 2014

lunedì	2014	9	1	1277,66	257,38	1535,04	0,83233	0,16767	0	0,04931
martedì	2014	9	2	1277,66	257,38	1535,04	0,83233	0,16767	0	0,04931
mercoledì	2014	9	3	1277,66	257,38	1535,04	0,83233	0,16767	0	0,04931
giovedì	2014	9	4	1277,66	257,38	1535,04	0,83233	0,16767	0	0,04931
venerdì	2014	9	5	1277,66	257,38	1535,04	0,83233	0,16767	0	0,04931
sabato	2014	9	6	146,43	257,38	403,81	0,36262	0,63738	0	0,05768
domenica	2014	9	7	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0
lunedì	2014	9	8	1277,66	257,38	1535,04	0,83233	0,16767	0	0,04931
martedì	2014	9	9	1277,66	257,38	1535,04	0,83233	0,16767	0	0,04931
mercoledì	2014	9	10	1277,66	257,38	1535,04	0,83233	0,16767	0	0,04931
giovedì	2014	9	11	1277,66	257,38	1535,04	0,83233	0,16767	0	0,04931
venerdì	2014	9	12	1277,66	257,38	1535,04	0,83233	0,16767	0	0,04931
sabato	2014	9	13	146,43	257,38	403,81	0,36262	0,63738	0	0,05768
domenica	2014	9	14	81,43	140,93	222,36	0,36621	0,63379	0	0
lunedì	2014	9	15	1277,66	257,38	1535,04	0,83233	0,16767	0	0,04931
martedì	2014	9	16	1277,66	257,38	1535,04	0,83233	0,16767	0	0,04931
mercoledì	2014	9	17	1277,66	257,38	1535,04	0,83233	0,16767	0	0,04931
giovedì	2014	9	18	1277,66	257,38	1535,04	0,83233	0,16767	0	0,04931
venerdì	2014	9	19	1277,66	257,38	1535,04	0,83233	0,16767	0	0,04931
sabato	2014	9	20	146,43	257,38	403,81	0,36262	0,63738	0	0,05768
domenica	2014	9	21	146,43	257,38	403,81	0,36262	0,63738	0	0,05768
lunedì	2014	9	22	1277,66	257,38	1535,04	0,83233	0,16767	0	0,04931
martedì	2014	9	23	1277,66	257,38	1535,04	0,83233	0,16767	0	0,04931
mercoledì	2014	9	24	1277,66	257,38	1535,04	0,83233	0,16767	0	0,04931
giovedì	2014	9	25	1277,66	257,38	1535,04	0,83233	0,16767	0	0,04931
venerdì	2014	9	26	1277,66	257,38	1535,04	0,83233	0,16767	0	0,04931
sabato	2014	9	27	146,43	257,38	403,81	0,36262	0,63738	0	0,05768
domenica	2014	9	28	146,43	257,38	403,81	0,36262	0,63738	0	0,05768
lunedì	2014	9	29	1277,66	257,38	1535,04	0,83233	0,16767	0	0,04931
martedì	2014	9	30	1277,66	257,38	1535,04	0,83233	0,16767	0	0,04931

Calcolo dei rapporti per Ottobre 2014

Valgono le stesse considerazioni fatte per Settembre 2014. Considero riaccensione del riscaldamento dal 13 Ottobre.

mercoledì	2014	10	1	1277,66	257,38	1535,04	0,83233	0,16767	0	0,04931
giovedì	2014	10	2	1277,66	257,38	1535,04	0,83233	0,16767	0	0,04931
venerdì	2014	10	3	1277,66	257,38	1535,04	0,83233	0,16767	0	0,04931
sabato	2014	10	4	146,43	257,38	403,81	0,36262	0,63738	0	0,05768
domenica	2014	10	5	146,43	257,38	403,81	0,36262	0,63738	0	0,05768
lunedì	2014	10	6	1277,66	257,38	1535,04	0,83233	0,16767	0	0,04931
martedì	2014	10	7	1277,66	257,38	1535,04	0,83233	0,16767	0	0,04931
mercoledì	2014	10	8	1277,66	257,38	1535,04	0,83233	0,16767	0	0,04931
giovedì	2014	10	9	1277,66	257,38	1535,04	0,83233	0,16767	0	0,04931
venerdì	2014	10	10	1277,66	257,38	1535,04	0,83233	0,16767	0	0,04931
sabato	2014	10	11	146,43	257,38	403,81	0,36262	0,63738	0	0,05768
domenica	2014	10	12	146,43	257,38	403,81	0,36262	0,63738	0	0,05768
lunedì	2014	10	13	2009,34	982,54	2991,88	0,6716	0,3284	0,16712	0,03892
martedì	2014	10	14	2009,34	982,54	2991,88	0,6716	0,3284	0,16712	0,03892
mercoledì	2014	10	15	2009,34	982,54	2991,88	0,6716	0,3284	0,16712	0,03892
giovedì	2014	10	16	2009,34	982,54	2991,88	0,6716	0,3284	0,16712	0,03892
venerdì	2014	10	17	2009,34	982,54	2991,88	0,6716	0,3284	0,16712	0,03892
sabato	2014	10	18	796,68	982,54	1779,22	0,44777	0,55223	0,28102	0,06545
domenica	2014	10	19	796,68	982,54	1779,22	0,44777	0,55223	0,28102	0,06545
lunedì	2014	10	20	2009,34	982,54	2991,88	0,6716	0,3284	0,16712	0,03892
martedì	2014	10	21	2009,34	982,54	2991,88	0,6716	0,3284	0,16712	0,03892
mercoledì	2014	10	22	2009,34	982,54	2991,88	0,6716	0,3284	0,16712	0,03892
giovedì	2014	10	23	2009,34	982,54	2991,88	0,6716	0,3284	0,16712	0,03892
venerdì	2014	10	24	2009,34	982,54	2991,88	0,6716	0,3284	0,16712	0,03892
sabato	2014	10	25	796,68	982,54	1779,22	0,44777	0,55223	0,28102	0,06545
domenica	2014	10	26	796,68	982,54	1779,22	0,44777	0,55223	0,28102	0,06545
lunedì	2014	10	27	2009,34	982,54	2991,88	0,6716	0,3284	0,16712	0,03892
martedì	2014	10	28	2009,34	982,54	2991,88	0,6716	0,3284	0,16712	0,03892
mercoledì	2014	10	29	2009,34	982,54	2991,88	0,6716	0,3284	0,16712	0,03892
giovedì	2014	10	30	2009,34	982,54	2991,88	0,6716	0,3284	0,16712	0,03892
venerdì	2014	10	31	2009,34	982,54	2991,88	0,6716	0,3284	0,16712	0,03892

Calcolo dei rapporti per Novembre 2014

Valgono le stesse considerazioni fatte per Ottobre 2014. Dal 17 Novembre ripartono in riscaldamento le macchine 9, 10 e 11.

sabato	2014	11	1	796,68	982,54	1779,22	0,44777	0,55223	0,28102	0,06545
domenica	2014	11	2	731,68	866,09	1597,77	0,45794	0,54206	0,31294	0
lunedì	2014	11	3	2009,34	982,54	2991,88	0,6716	0,3284	0,16712	0,03892
martedì	2014	11	4	2009,34	982,54	2991,88	0,6716	0,3284	0,16712	0,03892
mercoledì	2014	11	5	2009,34	982,54	2991,88	0,6716	0,3284	0,16712	0,03892
giovedì	2014	11	6	2009,34	982,54	2991,88	0,6716	0,3284	0,16712	0,03892
venerdì	2014	11	7	2009,34	982,54	2991,88	0,6716	0,3284	0,16712	0,03892
sabato	2014	11	8	796,68	982,54	1779,22	0,44777	0,55223	0,28102	0,06545
domenica	2014	11	9	796,68	982,54	1779,22	0,44777	0,55223	0,28102	0,06545
lunedì	2014	11	10	2009,34	982,54	2991,88	0,6716	0,3284	0,16712	0,03892
martedì	2014	11	11	2009,34	982,54	2991,88	0,6716	0,3284	0,16712	0,03892
mercoledì	2014	11	12	2009,34	982,54	2991,88	0,6716	0,3284	0,16712	0,03892
giovedì	2014	11	13	2009,34	982,54	2991,88	0,6716	0,3284	0,16712	0,03892
venerdì	2014	11	14	2009,34	982,54	2991,88	0,6716	0,3284	0,16712	0,03892
sabato	2014	11	15	796,68	982,54	1779,22	0,44777	0,55223	0,28102	0,06545
domenica	2014	11	16	796,68	982,54	1779,22	0,44777	0,55223	0,28102	0,06545
lunedì	2014	11	17	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
martedì	2014	11	18	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
mercoledì	2014	11	19	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
giovedì	2014	11	20	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
venerdì	2014	11	21	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
sabato	2014	11	22	796,68	982,54	1779,22	0,44777	0,55223	0,28102	0,06545
domenica	2014	11	23	796,68	982,54	1779,22	0,44777	0,55223	0,28102	0,06545
lunedì	2014	11	24	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
martedì	2014	11	25	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
mercoledì	2014	11	26	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
giovedì	2014	11	27	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
venerdì	2014	11	28	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
sabato	2014	11	29	796,68	982,54	1779,22	0,44777	0,55223	0,28102	0,06545
domenica	2014	11	30	796,68	982,54	1779,22	0,44777	0,55223	0,28102	0,06545

Calcolo dei rapporti per Dicembre 2014

Valgono le stesse considerazioni fatte per Novembre 2014. Dal 24 al 31 Dicembre si è considerata la produzione ferma, in quanto i consumi di gas sono sensibilmente più bassi.

lunedì	2014	12	1	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
martedì	2014	12	2	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
mercoledì	2014	12	3	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
giovedì	2014	12	4	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
venerdì	2014	12	5	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
sabato	2014	12	6	796,68	982,54	1779,22	0,44777	0,55223	0,28102	0,06545
domenica	2014	12	7	731,68	866,09	1597,77	0,45794	0,54206	0,31294	0
lunedì	2014	12	8	731,68	866,09	1597,77	0,45794	0,54206	0,31294	0,07288
martedì	2014	12	9	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
mercoledì	2014	12	10	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
giovedì	2014	12	11	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
venerdì	2014	12	12	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
sabato	2014	12	13	796,68	982,54	1779,22	0,44777	0,55223	0,28102	0,06545
domenica	2014	12	14	731,68	866,09	1597,77	0,45794	0,54206	0,31294	0
lunedì	2014	12	15	2079,54	1047,54	3127,08	0,66501	0,33499	0,15989	0,03724
martedì	2014	12	16	2014,54	931,09	2945,63	0,68391	0,31609	0,16974	0
mercoledì	2014	12	17	2014,54	931,09	2945,63	0,68391	0,31609	0,16974	0
giovedì	2014	12	18	2014,54	931,09	2945,63	0,68391	0,31609	0,16974	0
venerdì	2014	12	19	2014,54	931,09	2945,63	0,68391	0,31609	0,16974	0
sabato	2014	12	20	731,68	866,09	1597,77	0,45794	0,54206	0,31294	0
domenica	2014	12	21	731,68	866,09	1597,77	0,45794	0,54206	0,31294	0
lunedì	2014	12	22	2014,54	931,09	2945,63	0,68391	0,31609	0,16974	0
martedì	2014	12	23	2014,54	931,09	2945,63	0,68391	0,31609	0,16974	0
mercoledì	2014	12	24	731,68	866,09	1597,77	0,45794	0,54206	0,31294	0
giovedì	2014	12	25	731,68	866,09	1597,77	0,45794	0,54206	0,31294	0
venerdì	2014	12	26	731,68	866,09	1597,77	0,45794	0,54206	0,31294	0
sabato	2014	12	27	731,68	866,09	1597,77	0,45794	0,54206	0,31294	0
domenica	2014	12	28	2014,54	931,09	2945,63	0,68391	0,31609	0,16974	0
lunedì	2014	12	29	2014,54	931,09	2945,63	0,68391	0,31609	0,16974	0
martedì	2014	12	30	2014,54	931,09	2945,63	0,68391	0,31609	0,16974	0
mercoledì	2014	12	31	731,68	866,09	1597,77	0,45794	0,54206	0,31294	0

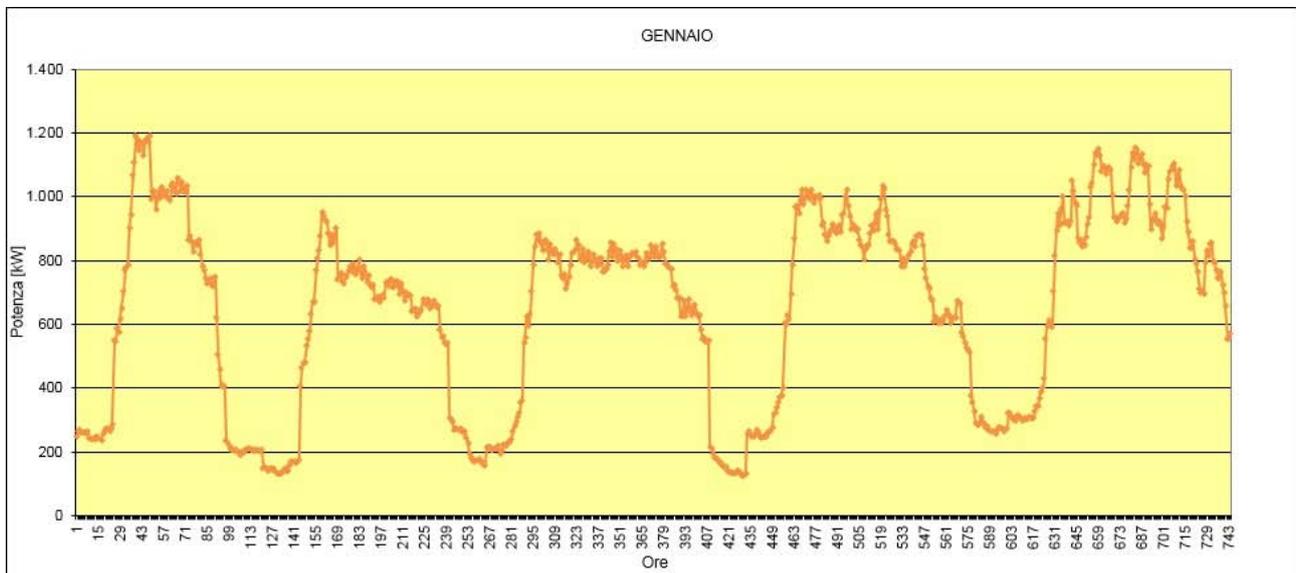
5.4 – Diagrammi di fabbisogno di energia termica sotto forma di vapore

Per definire il fabbisogno di vapore, e quindi ottenere i diversi grafici qui di seguito riportati è bastato moltiplicare il valore di potenza termica totale media oraria per il coefficiente giornaliero calcolato precedentemente, nel caso specifico:

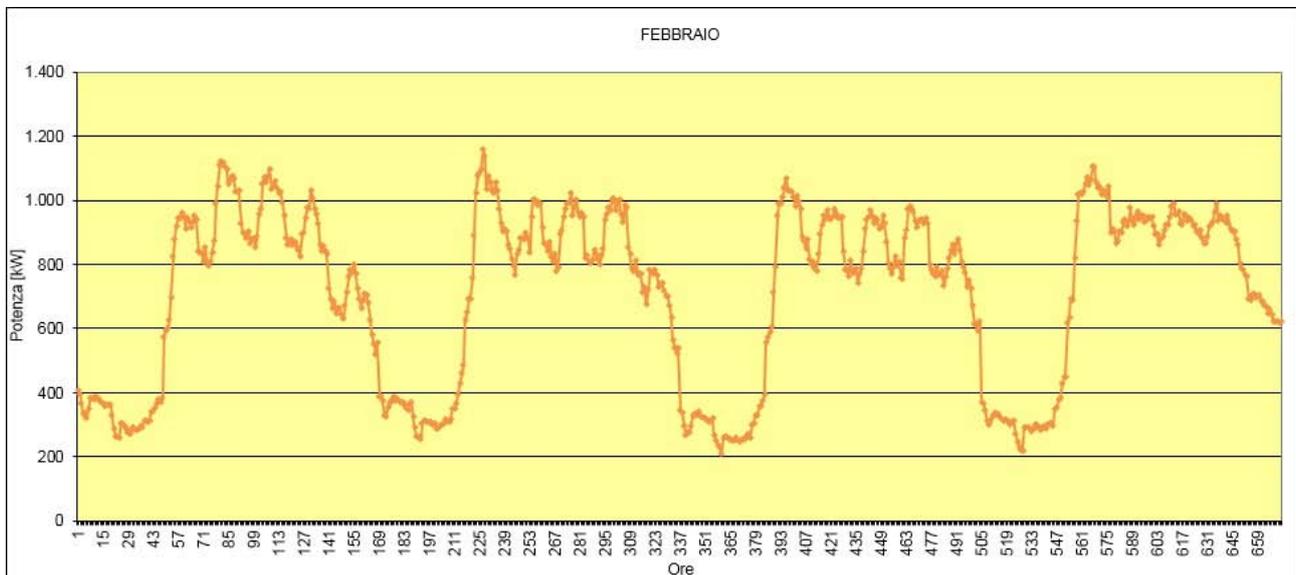
$$E_{vap} = P_{termica\ media\ oraria} * R_{vap}$$

Si ottengono quindi i kWh relativi al fabbisogno di vapore ora per ora, ed è allora possibile costruire delle curve di fabbisogno mensili, e quindi la curva di fabbisogno annuale, nonché la curva di durata.

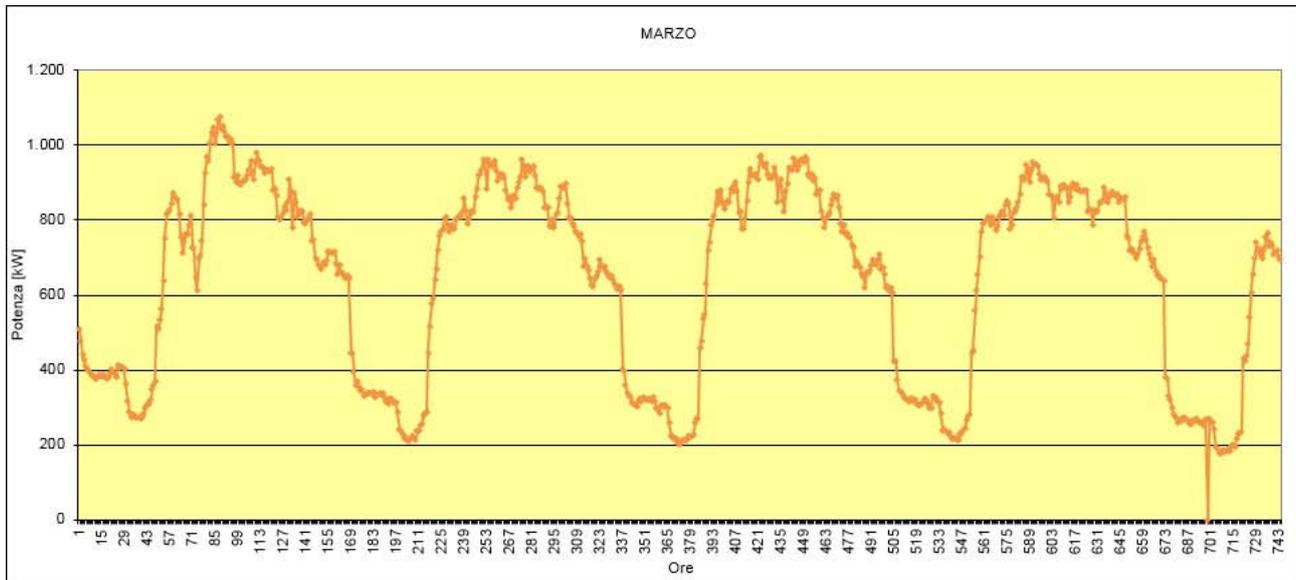
Fabbisogno di energia termica come vapore Gennaio 2014



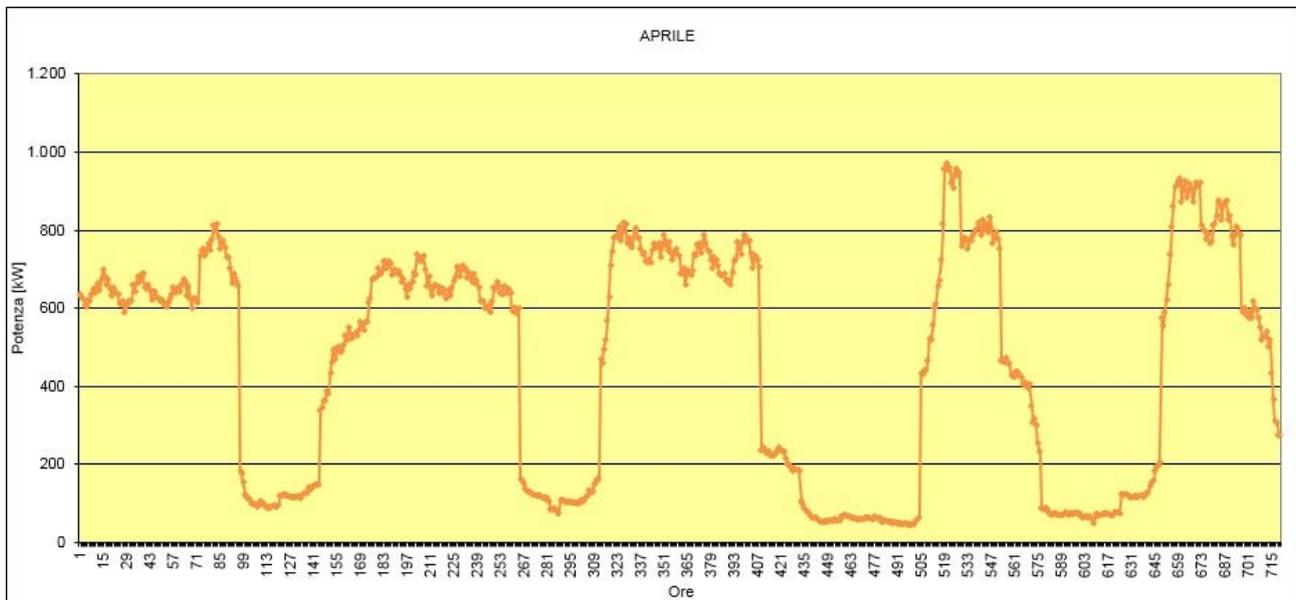
Fabbisogno di energia termica come vapore Febbraio 2014



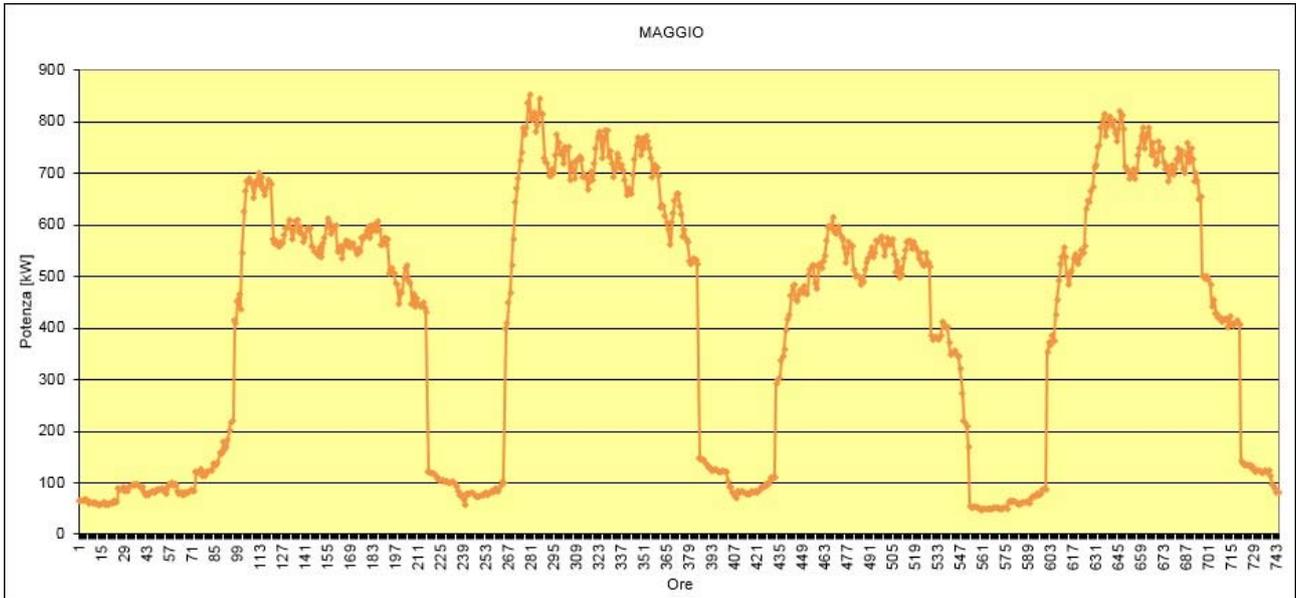
Fabbisogno di energia termica come vapore Marzo 2014



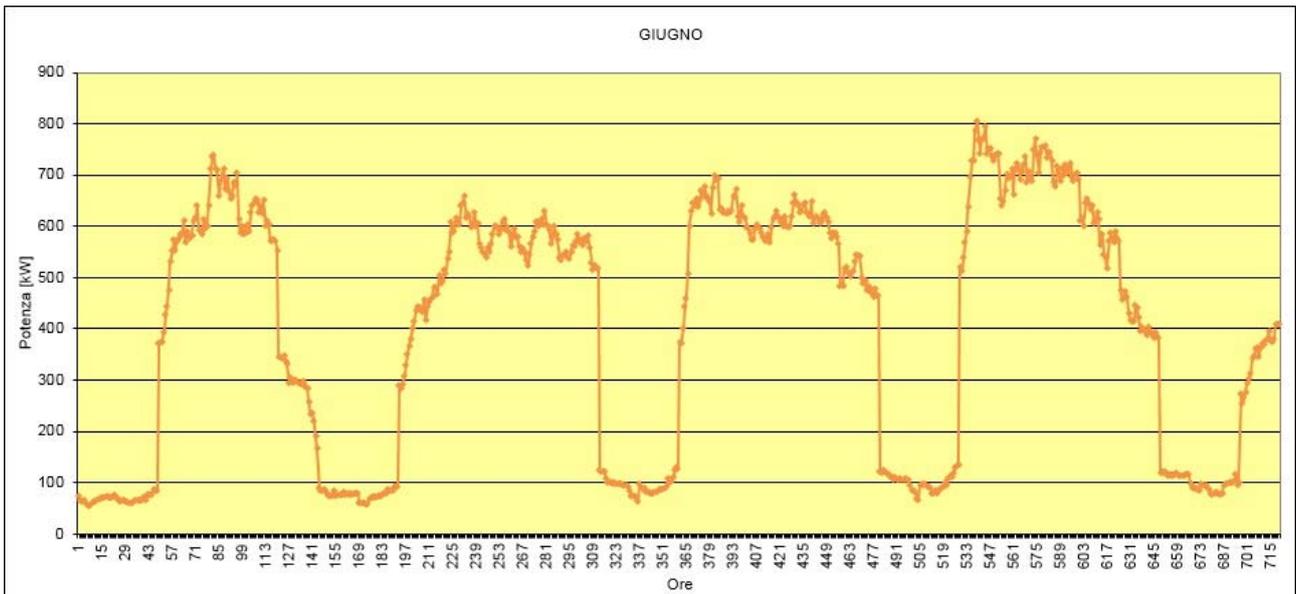
Fabbisogno di energia termica come vapore Aprile 2014



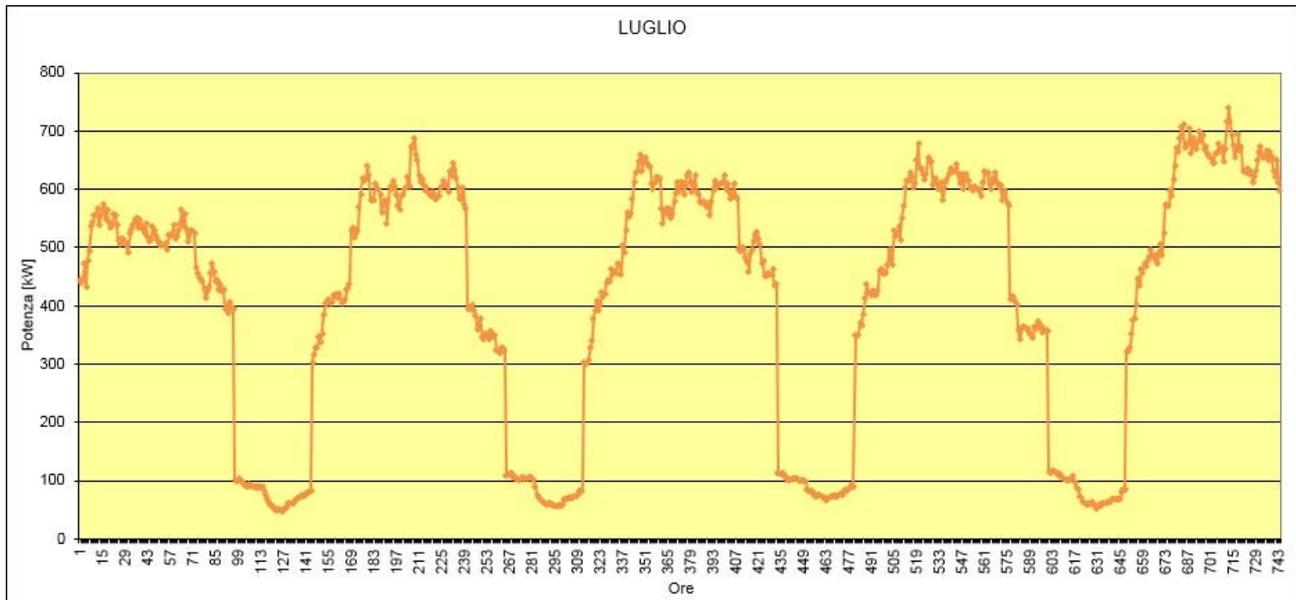
Fabbisogno di energia termica come vapore Maggio 2014



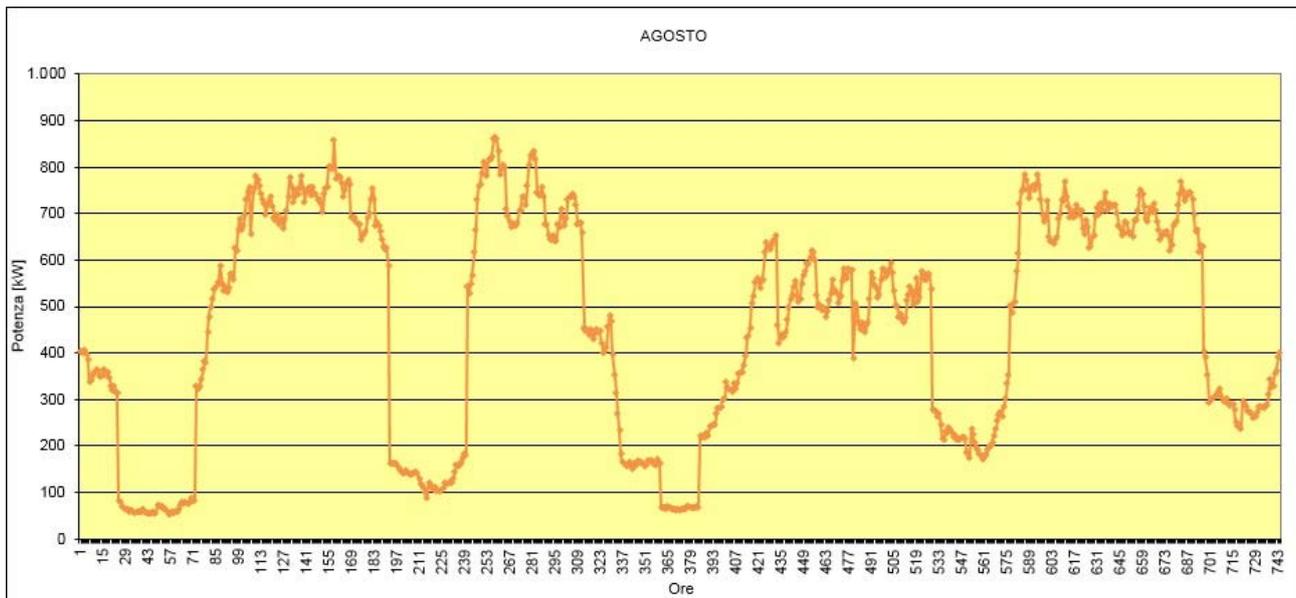
Fabbisogno di energia termica come vapore Giugno 2014



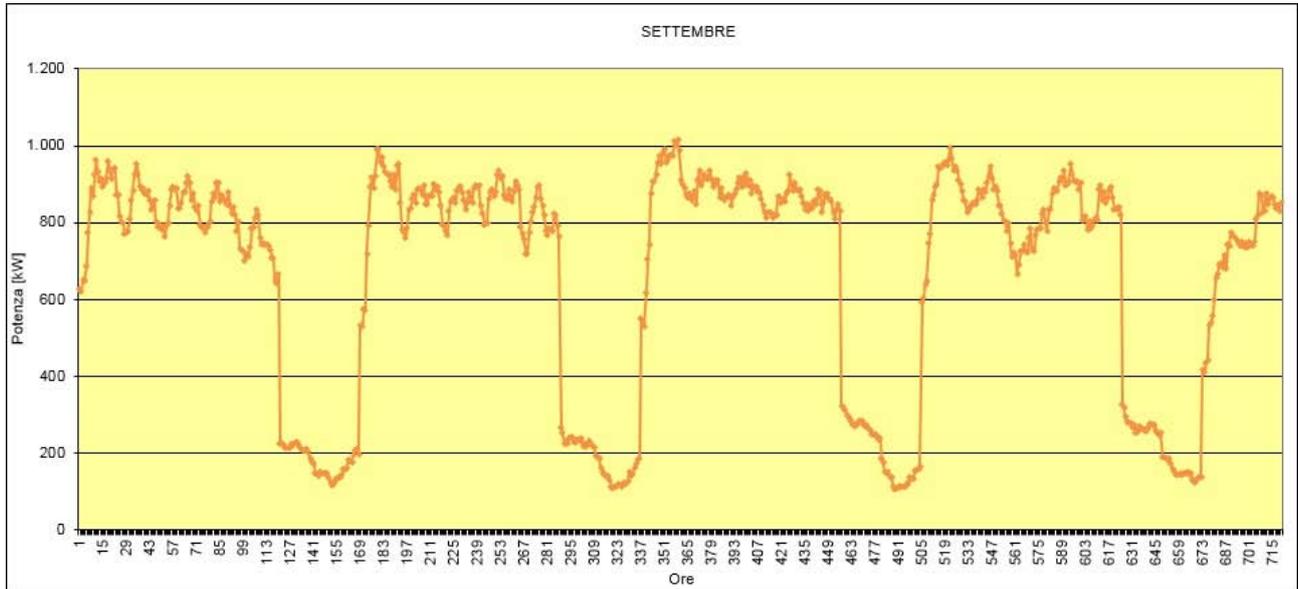
Fabbisogno di energia termica come vapore Luglio 2014



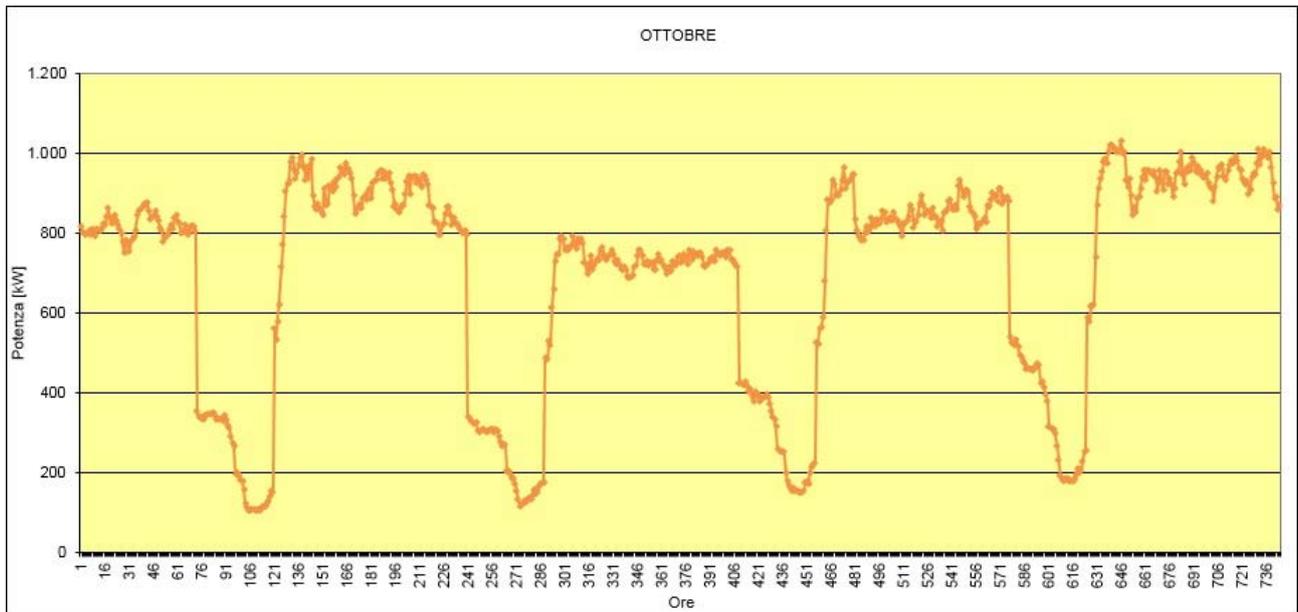
Fabbisogno di energia termica come vapore Agosto 2014



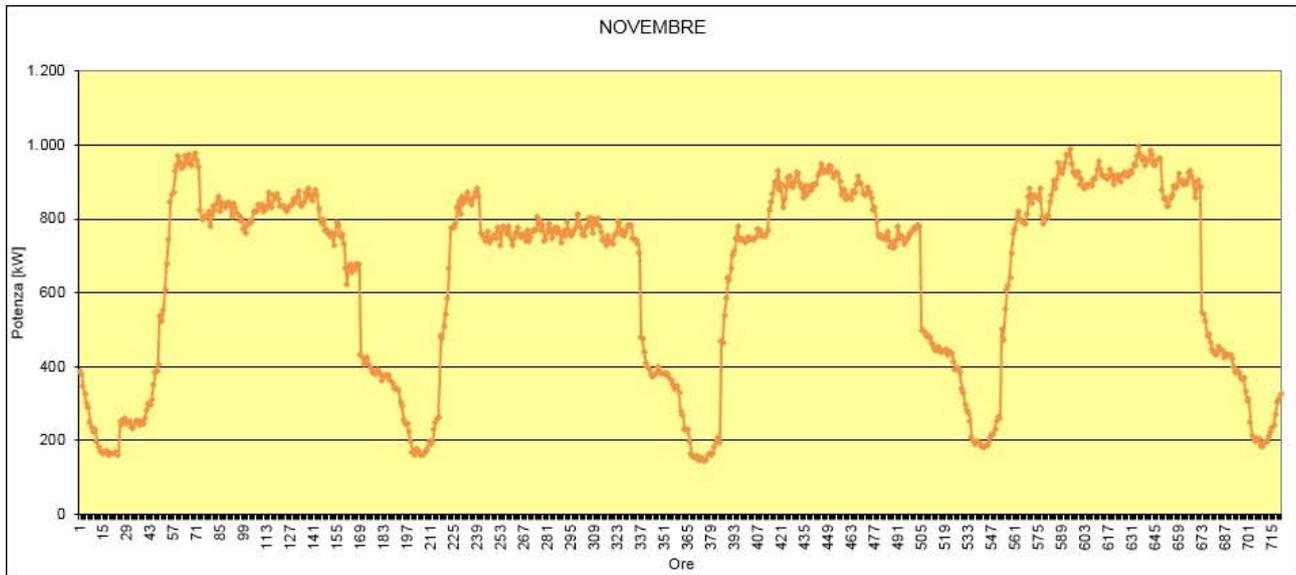
Fabbisogno di energia termica come vapore Settembre 2014



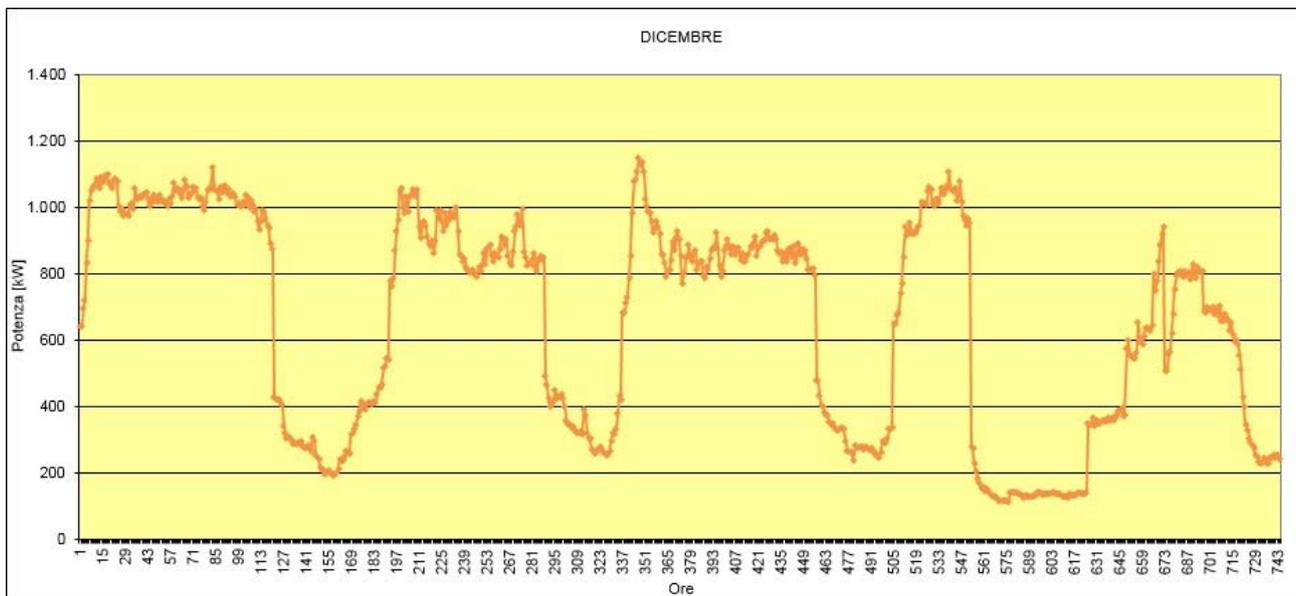
Fabbisogno di energia termica come vapore Ottobre 2014



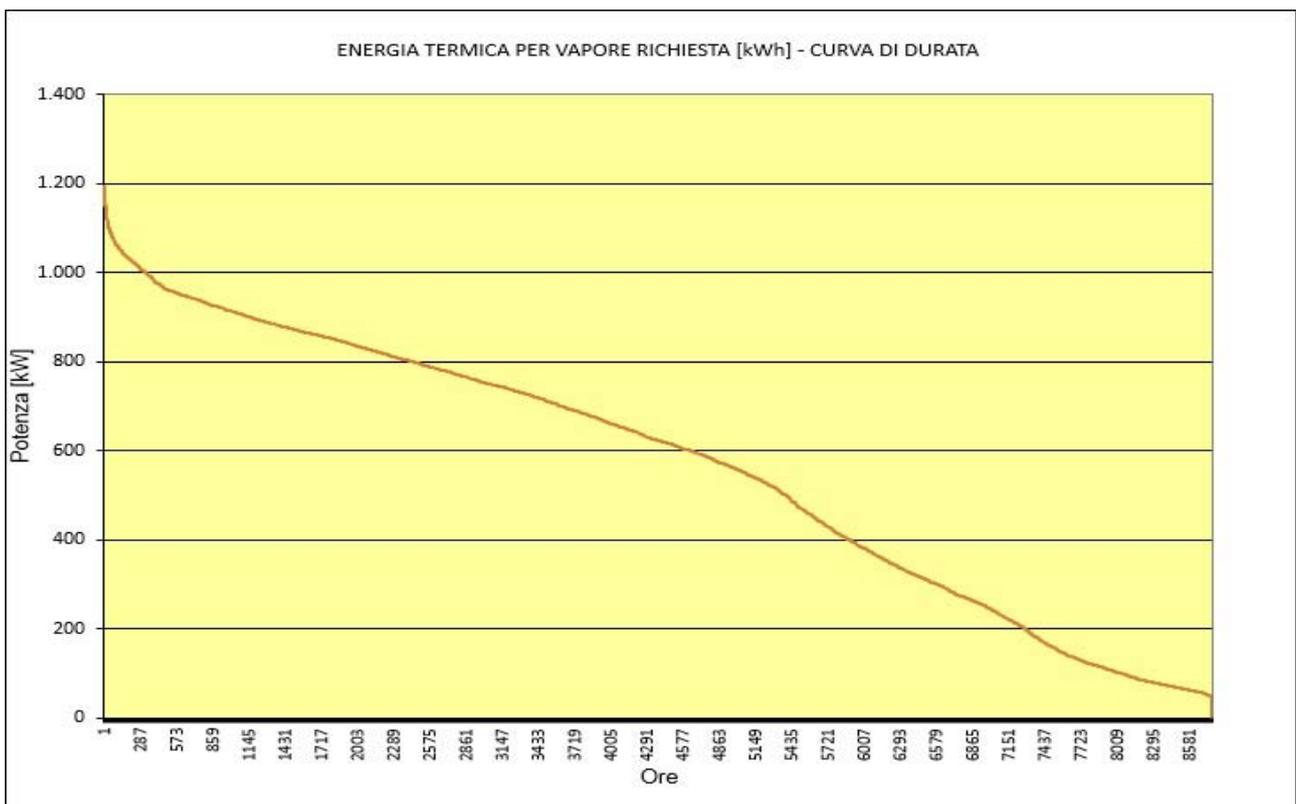
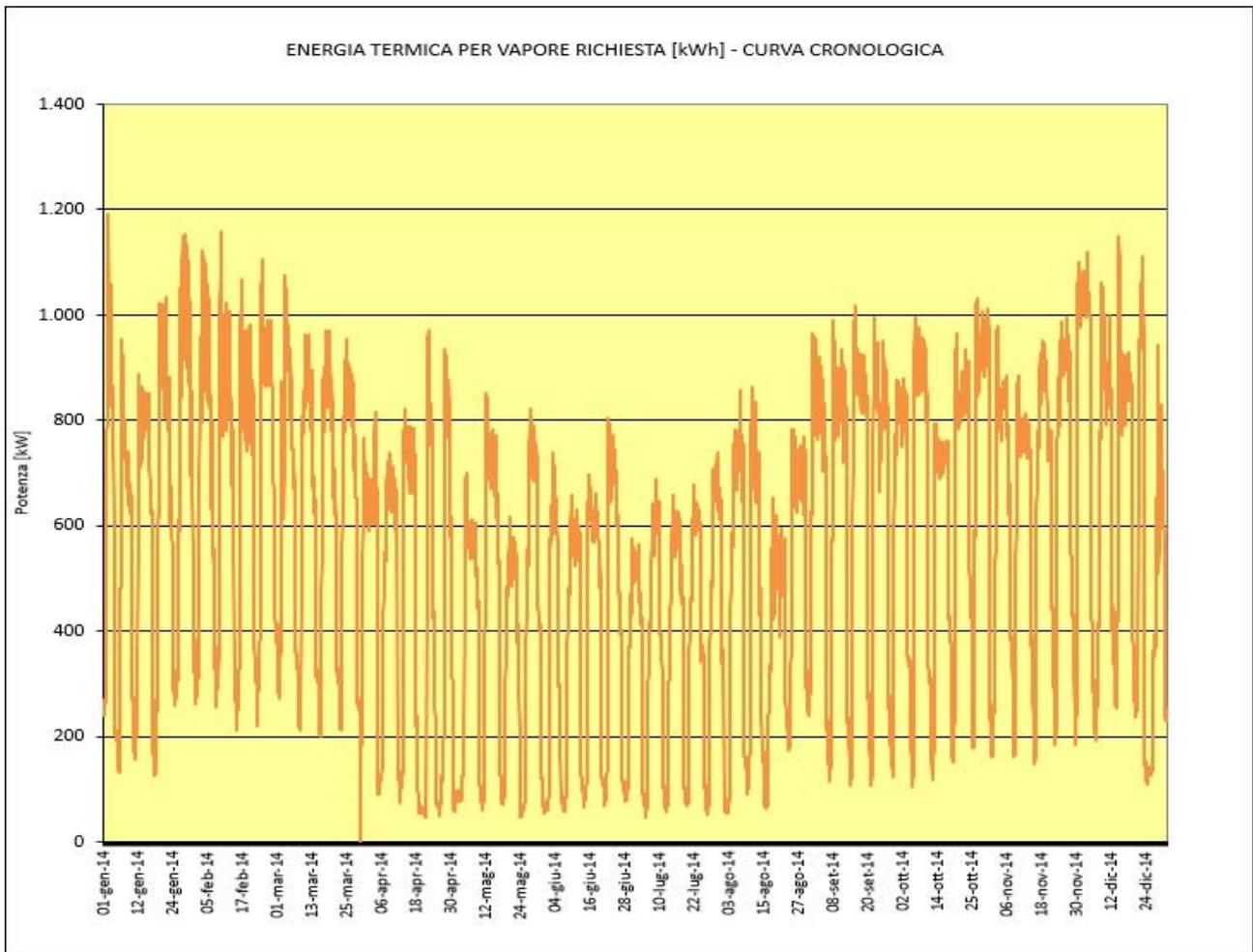
Fabbisogno di energia termica come vapore Novembre 2014



Fabbisogno di energia termica come vapore Dicembre 2014



Andamento annuale ottenuto



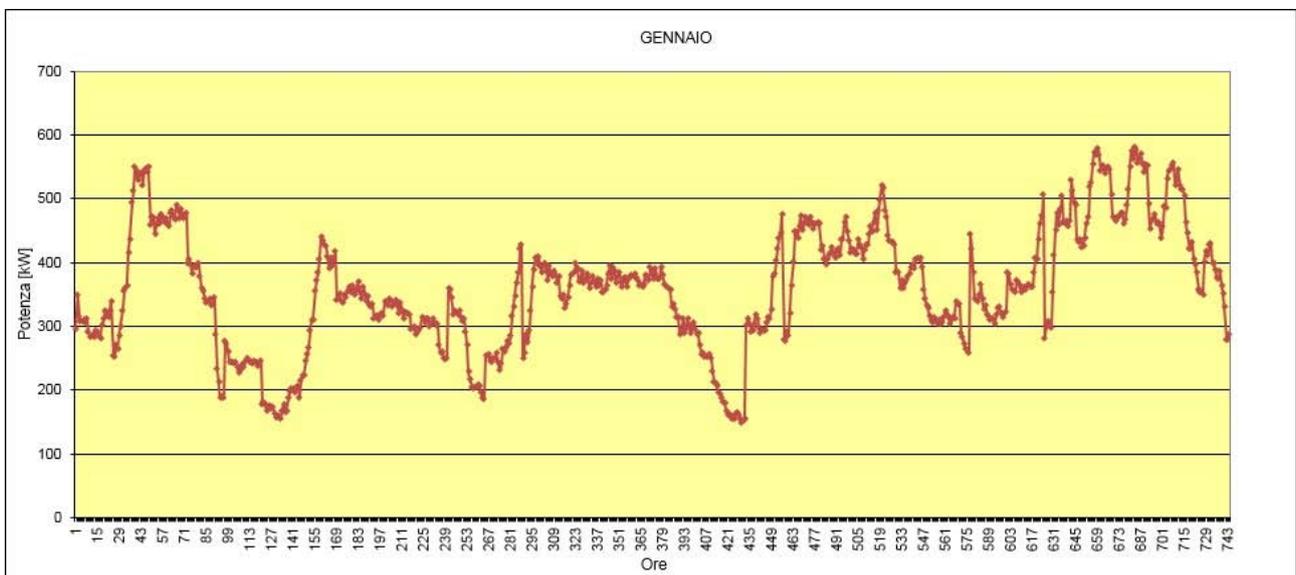
5.5 – Diagrammi di fabbisogno di energia termica sotto forma di acqua calda

Per definire il fabbisogno di acqua calda, e quindi ottenere i diversi grafici qui di seguito riportati è bastato moltiplicare il valore di potenza termica totale media oraria per il coefficiente giornaliero calcolato precedentemente, nel caso specifico:

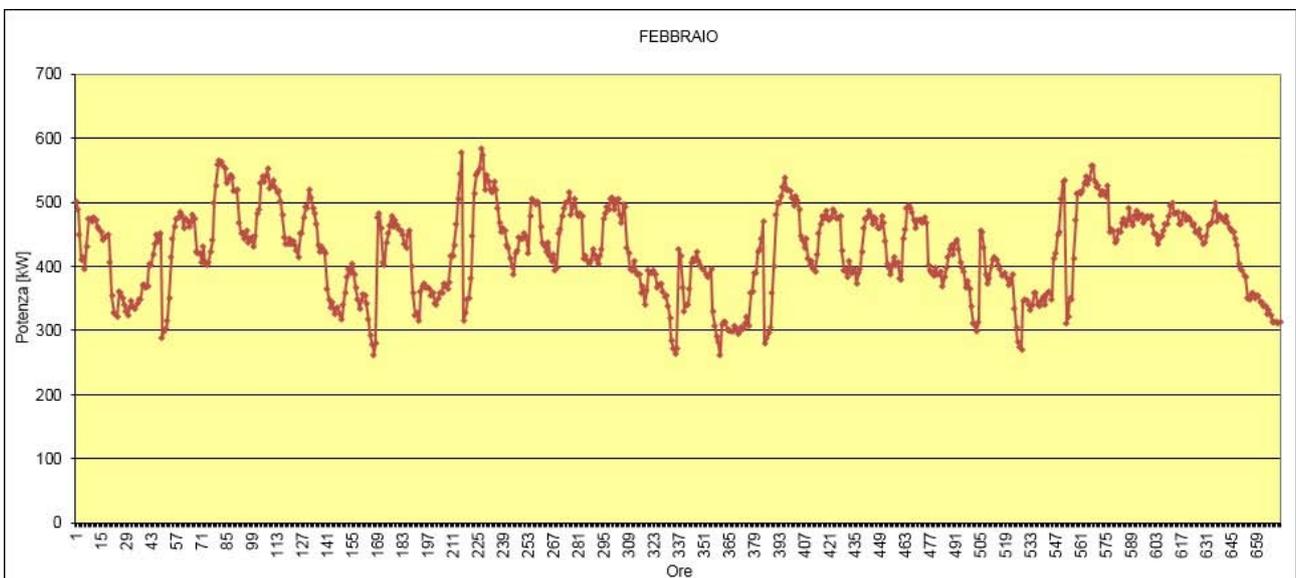
$$E_{vap} = P_{termica\ media\ oraria} * R_{acq}$$

Si ottengono così i kWh_t relativi al fabbisogno di acqua calda ora per ora ed è allora possibile costruire delle curve di fabbisogno mensili, e quindi la curva di fabbisogno annuale, nonché la curva di durata.

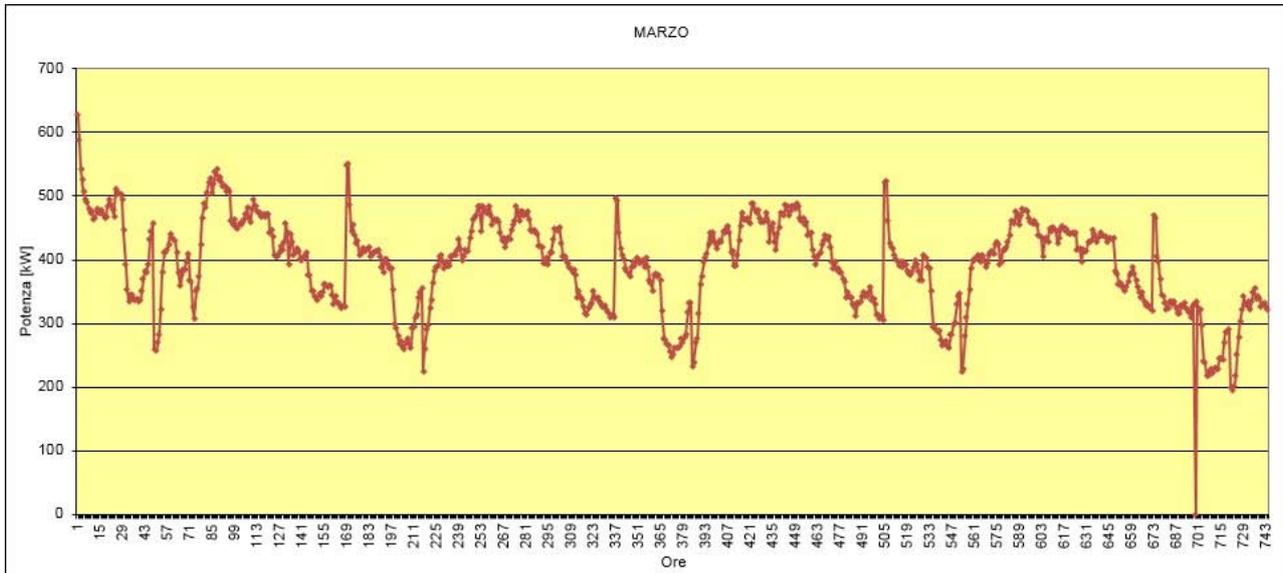
Fabbisogno di energia termica come acqua calda Gennaio 2014



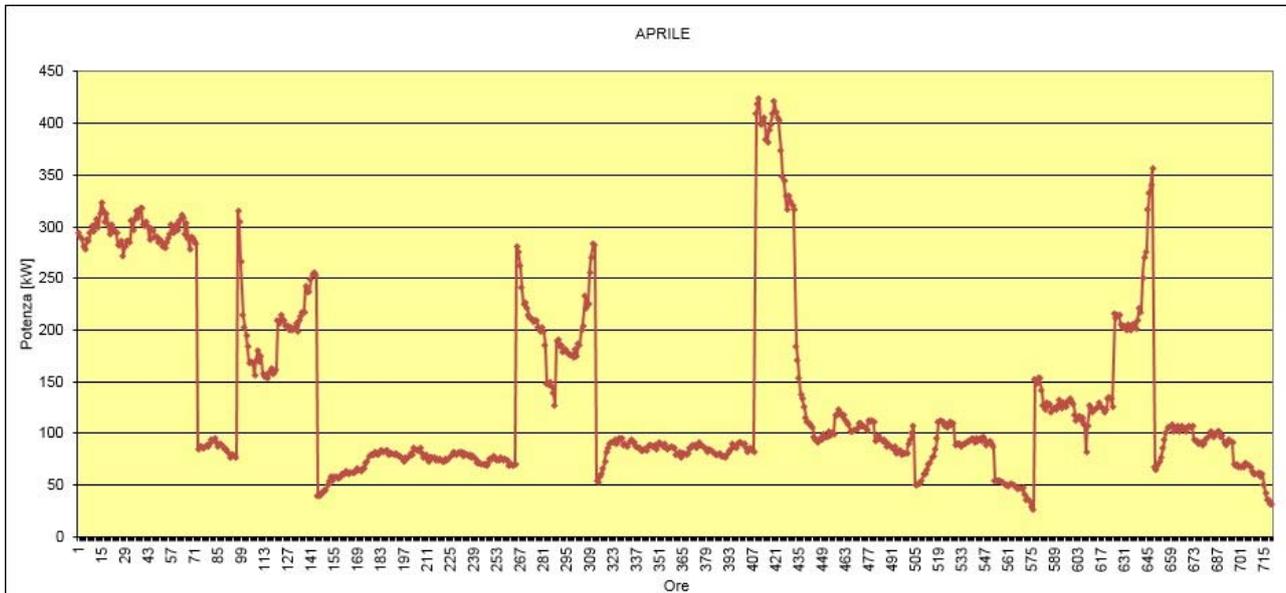
Fabbisogno di energia termica come acqua calda Febbraio 2014



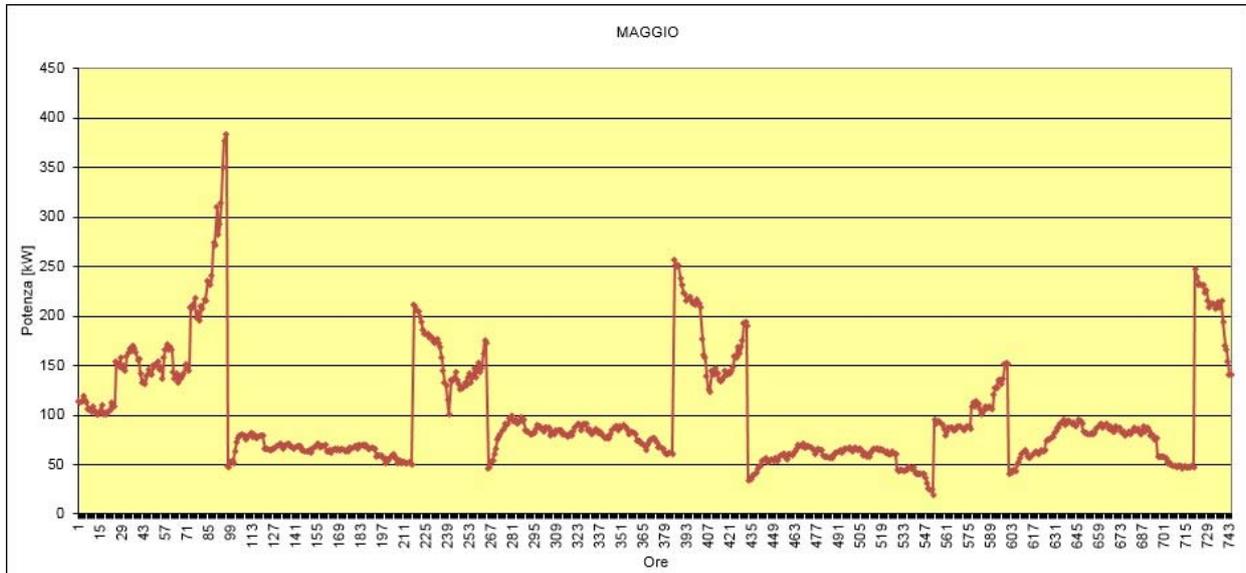
Fabbisogno di energia termica come acqua calda Marzo 2014



Fabbisogno di energia termica come acqua calda Aprile 2014



Fabbisogno di energia termica come acqua calda Maggio 2014



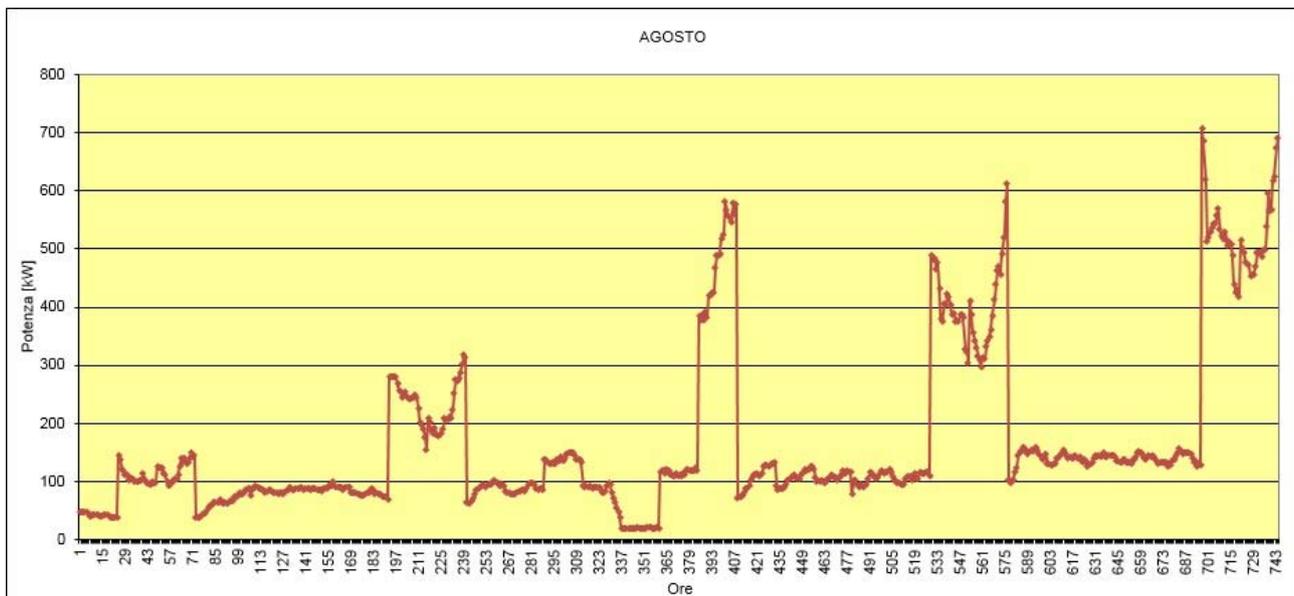
Fabbisogno di energia termica come acqua calda Giugno 2014



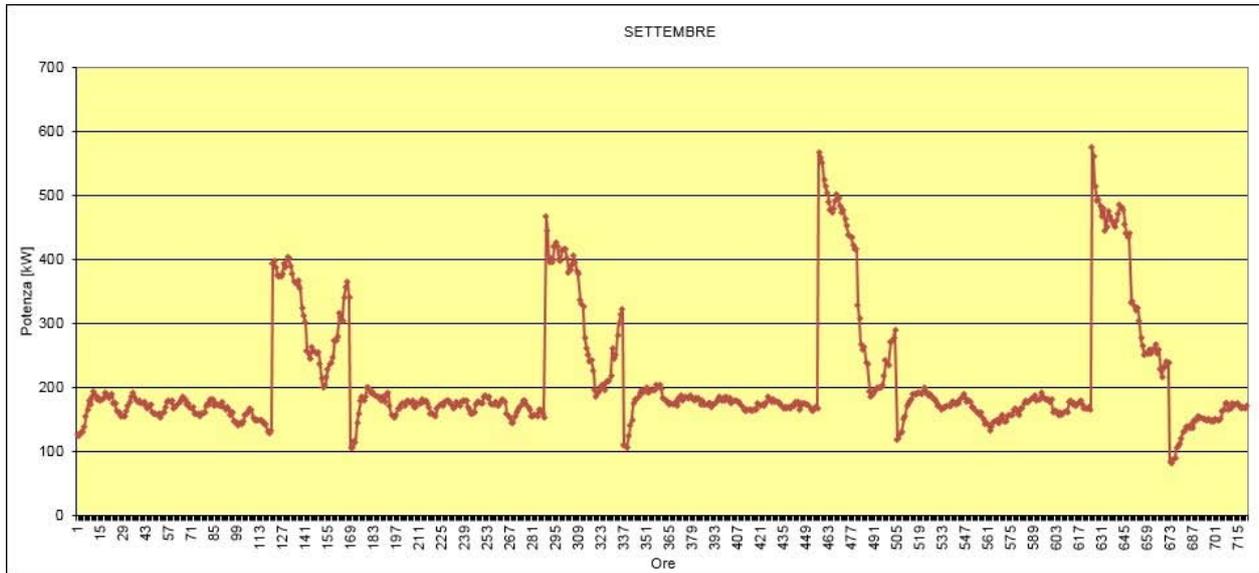
Fabbisogno di energia termica come acqua calda Luglio 2014



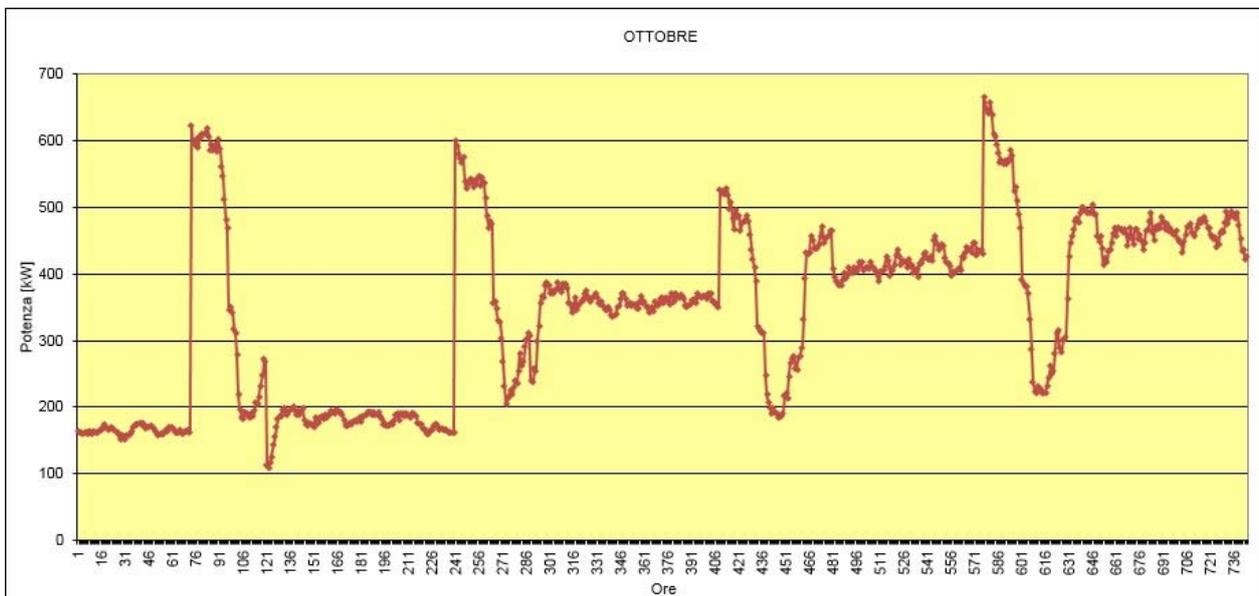
Fabbisogno di energia termica come acqua calda Agosto 2014



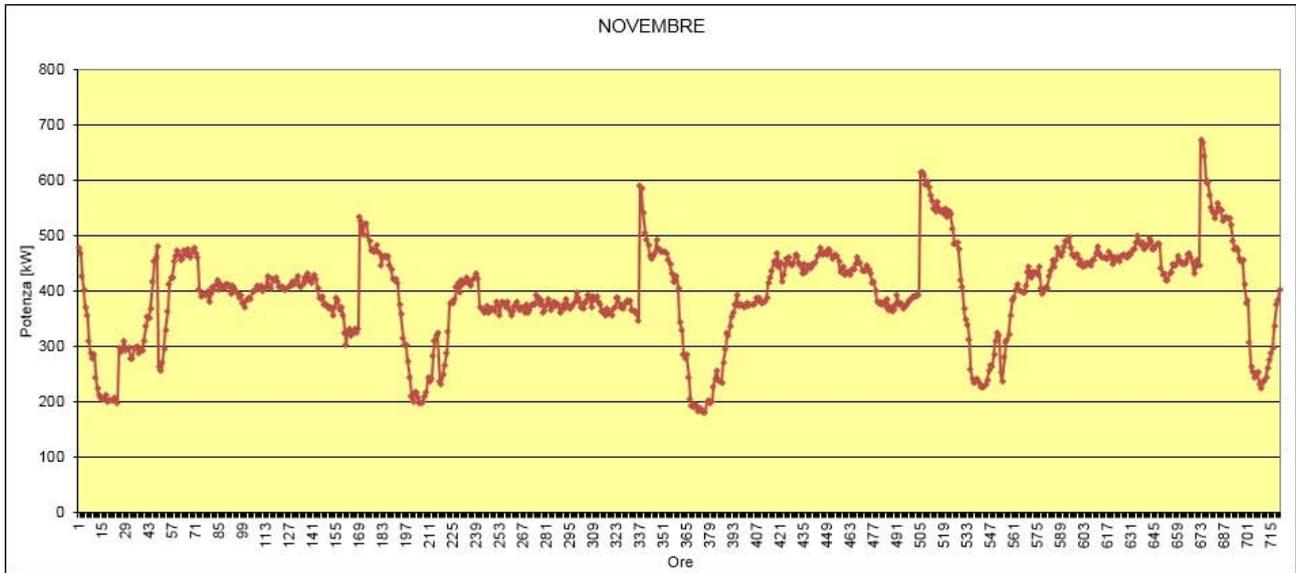
Fabbisogno di energia termica come acqua calda Settembre 2014



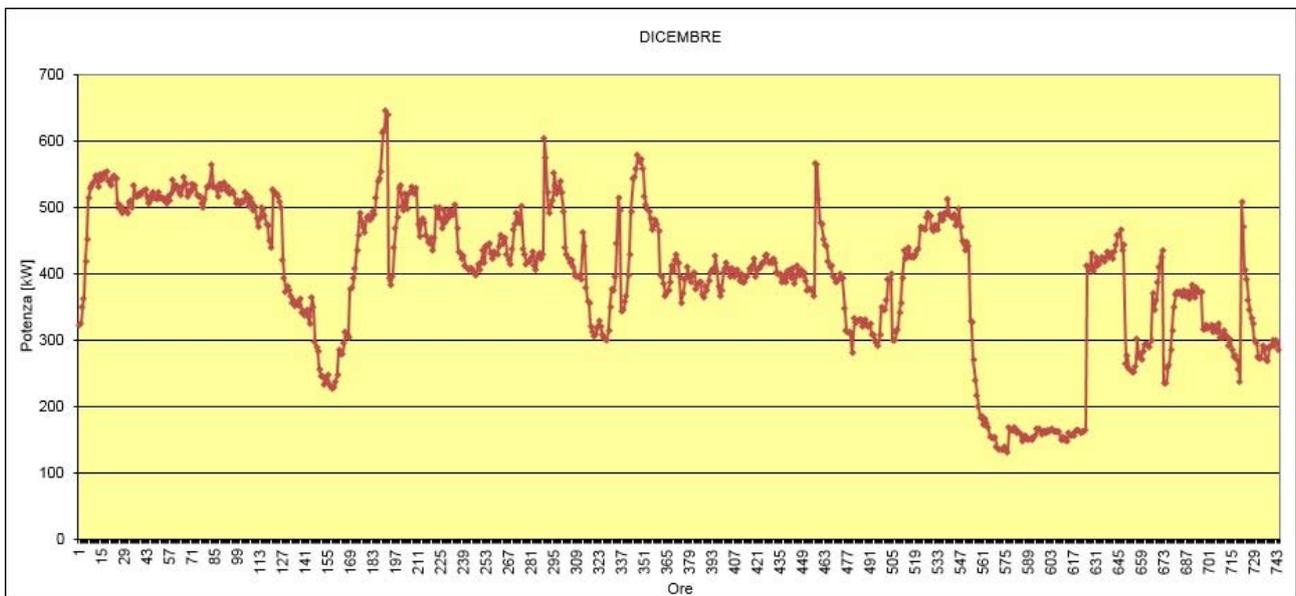
Fabbisogno di energia termica come acqua calda Ottobre 2014



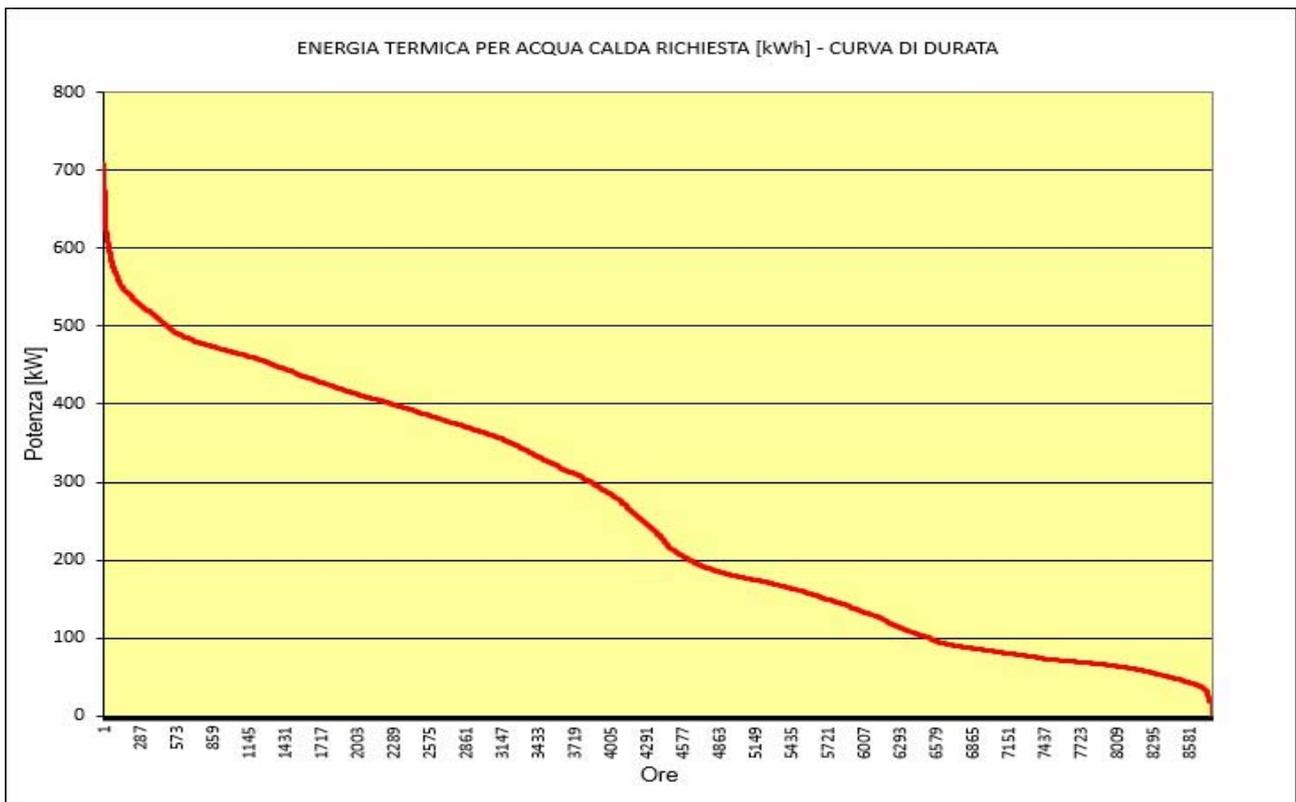
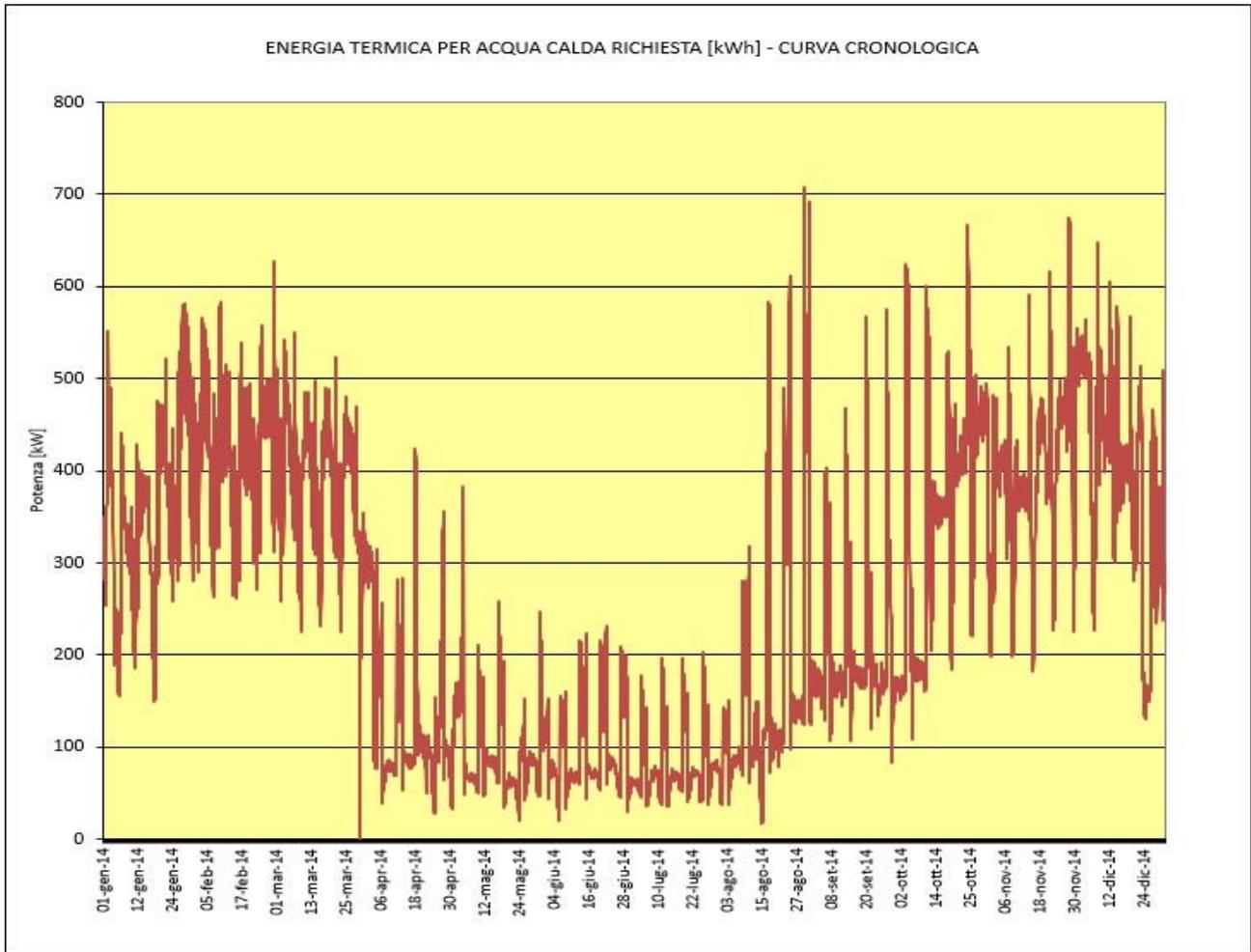
Fabbisogno di energia termica come acqua calda Novembre 2014



Fabbisogno di energia termica come acqua calda Dicembre 2014



Andamento annuale ottenuto



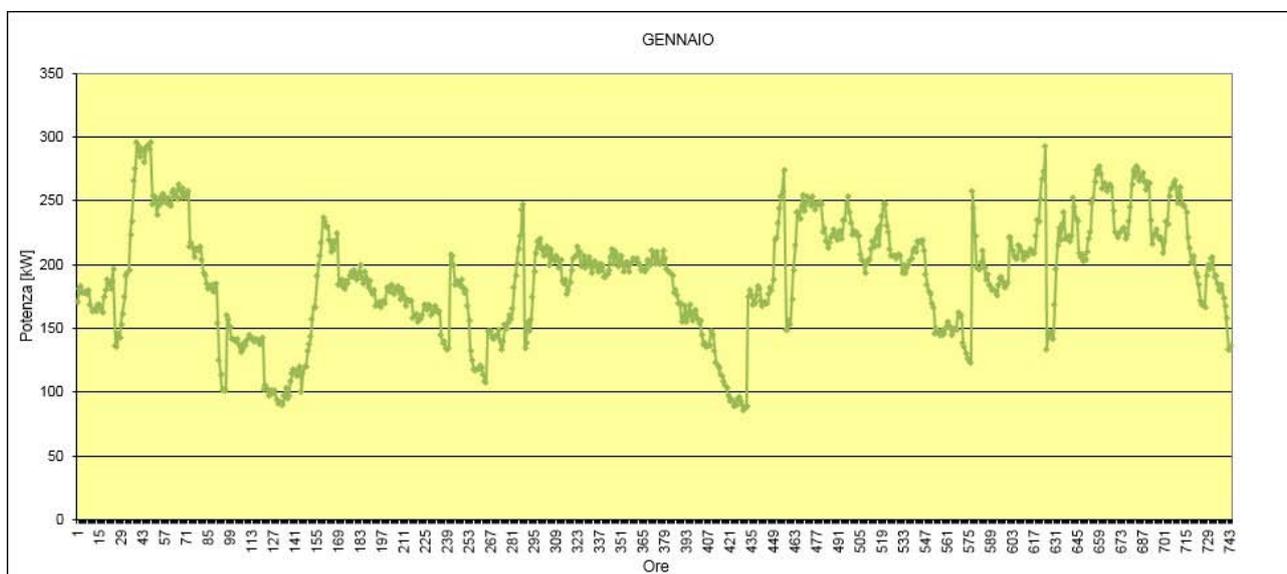
5.6 – Diagrammi di fabbisogno di energia termica sotto forma di acqua calda direttamente sostituibile con i prodotti dell'impianto di trigenerazione

Questa parte di elaborazione dei dati tratta l'energia termica sotto forma di acqua calda che può essere direttamente sostituita con acqua calda prodotta dall'impianto cogenerativo; ossia dove sussiste la sola necessità di effettuare un collegamento tra l'impianto cogenerativo e la centrale termica, senza alcun bisogno di modificare le tubazioni di distribuzione del calore esistenti nello stabilimento. Questa situazione si è verificata per le macchine 1,2 e 20 presenti nella zona Orlandi 1. Per ottenere i diversi grafici qui di seguito riportati è bastato moltiplicare il valore di potenza termica totale media oraria per il coefficiente giornaliero calcolato precedentemente, nel caso specifico:

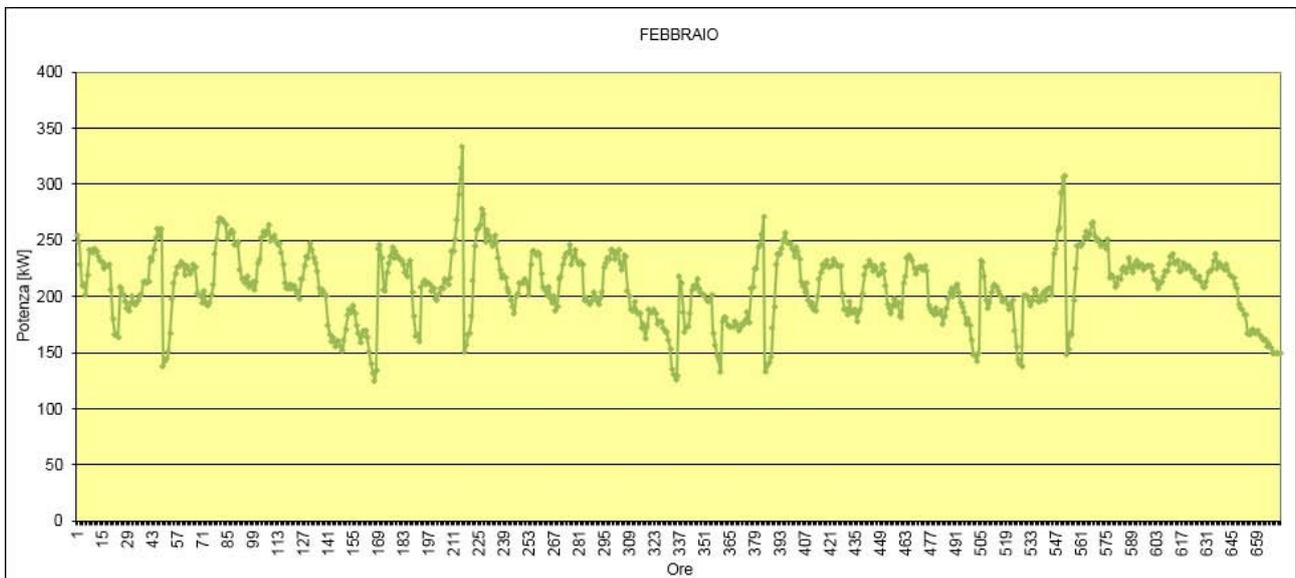
$$E_{sos} = P_{termica\ media\ oraria} * R_{sos}$$

Da questo si ottengono i kWh_t relativi ai prodotti direttamente sostituibili ora per ora, ed è possibile costruire delle curve mensili, e quindi la curva annuale, nonché la curva di durata. Questo tipo di elaborazione dei dati risulta essenziale dal punto di vista della scelta del tipo di motore: nel caso in cui l'energia richiesta risulti molto elevata, si punterà sicuramente su un impianto cogenerativo la cui produzione di calore possa essere concentrata principalmente sulla produzione di acqua calda. Se così non fosse, occorreranno valutazioni su possibili modifiche dell'impianto esistente, ma è ovvio che queste modifiche saranno un costo aggiuntivo da non sottovalutare: se il costo degli interventi per la conversione ad acqua calda di alcune macchine fosse troppo elevato, converrebbe puntare su una maggior produzione di vapore, in modo da mantenere l'impianto esistente il più inalterato possibile.

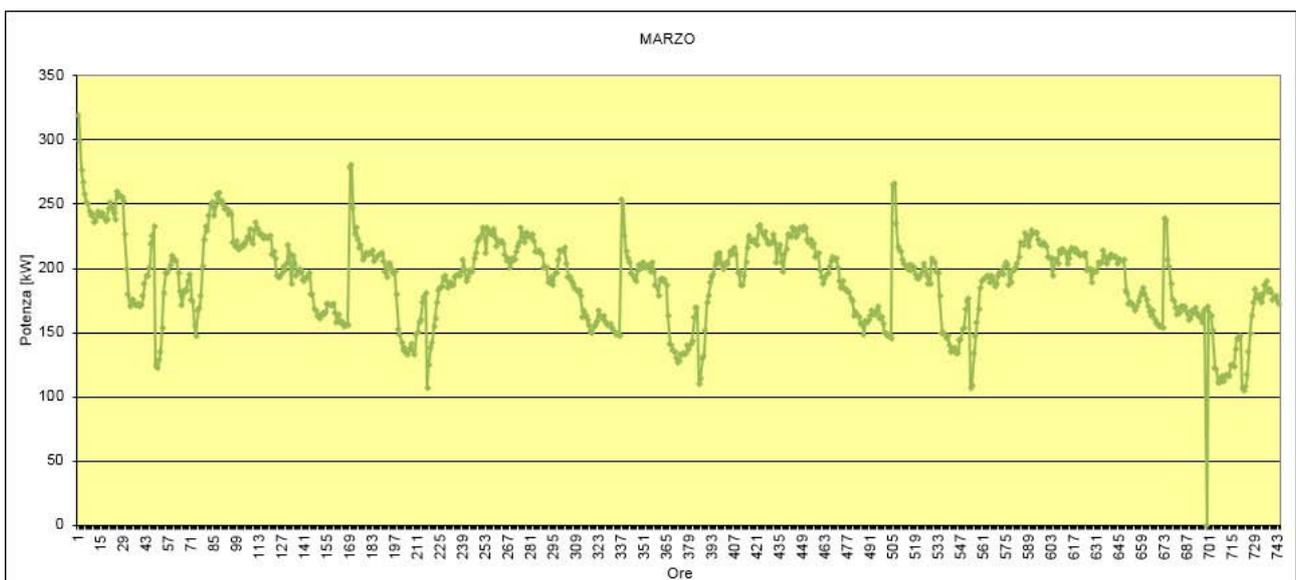
Energia termica sotto forma di acqua calda sostituibile direttamente Gennaio 2014



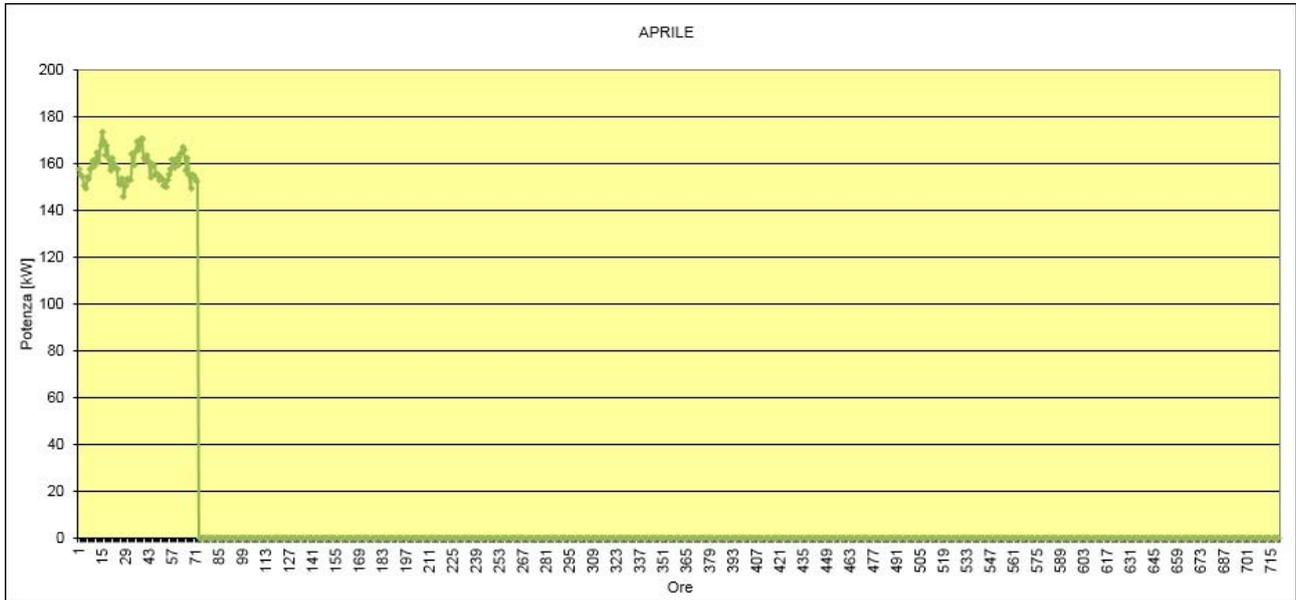
Energia termica sotto forma di acqua calda sostituibile direttamente Febbraio 2014



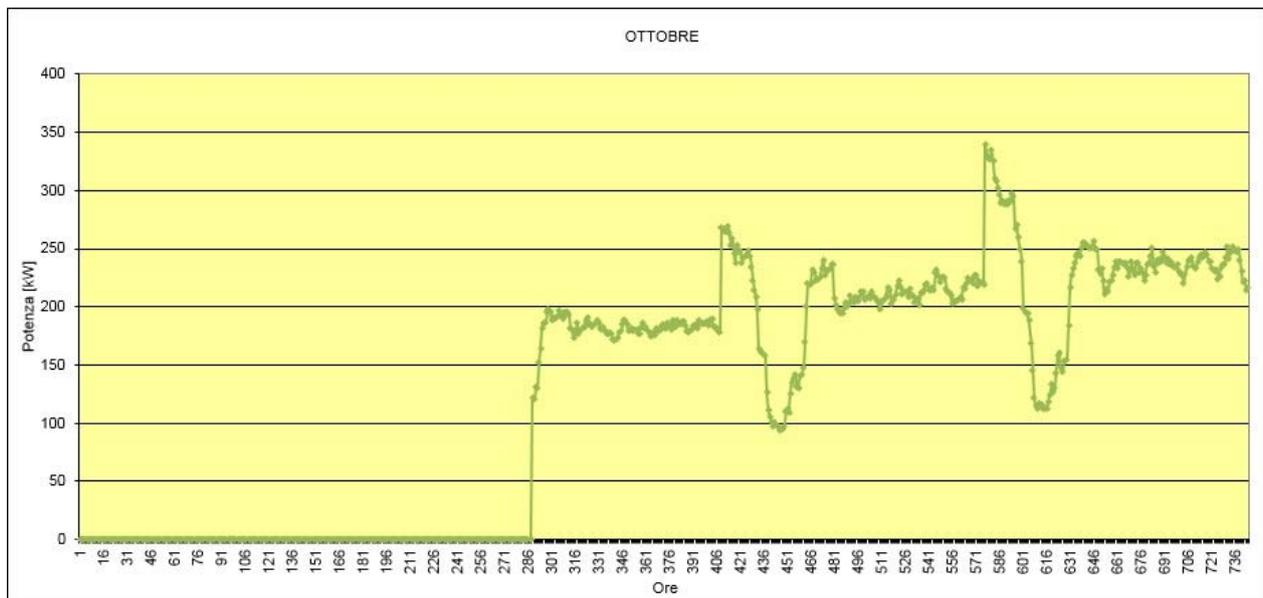
Energia termica sotto forma di acqua calda sostituibile direttamente Marzo 2014



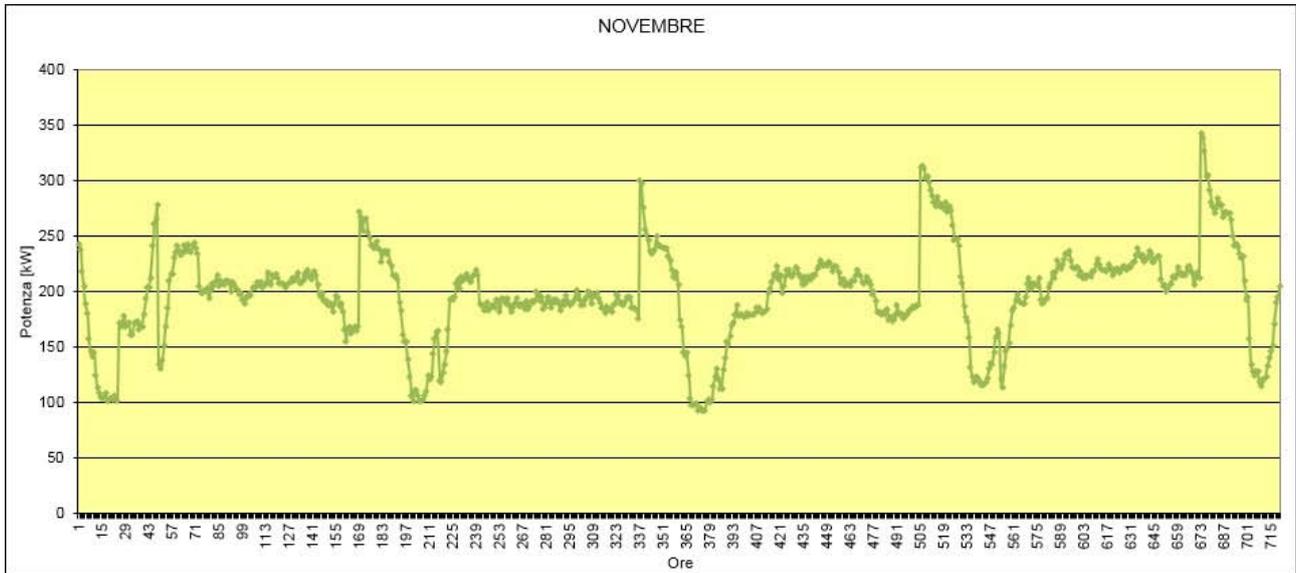
Energia termica sotto forma di acqua calda sostituibile direttamente Aprile 2014



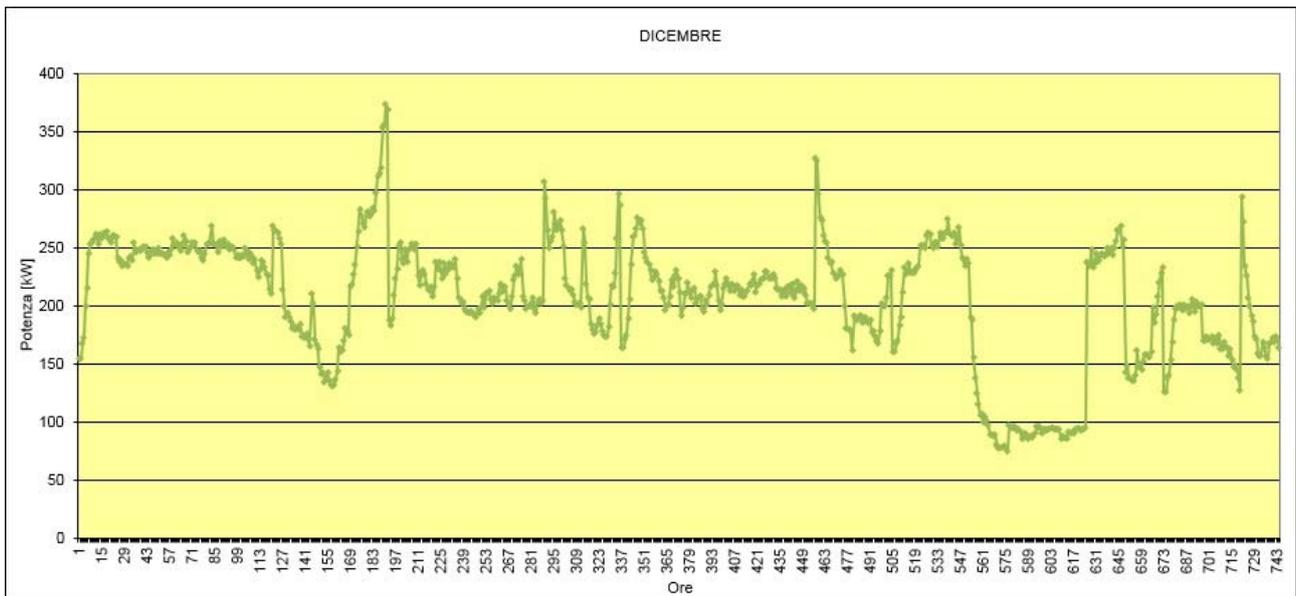
Energia termica sotto forma di acqua calda sostituibile direttamente Ottobre 2014



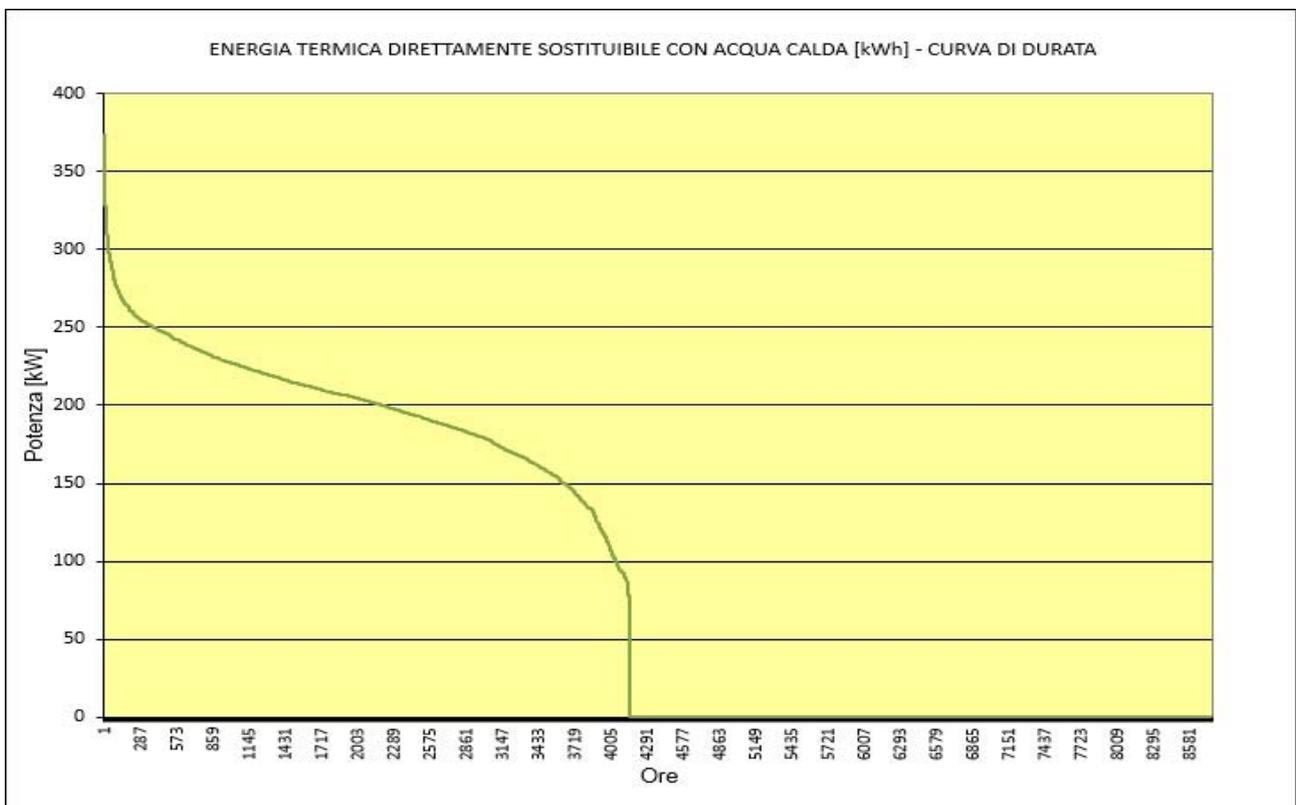
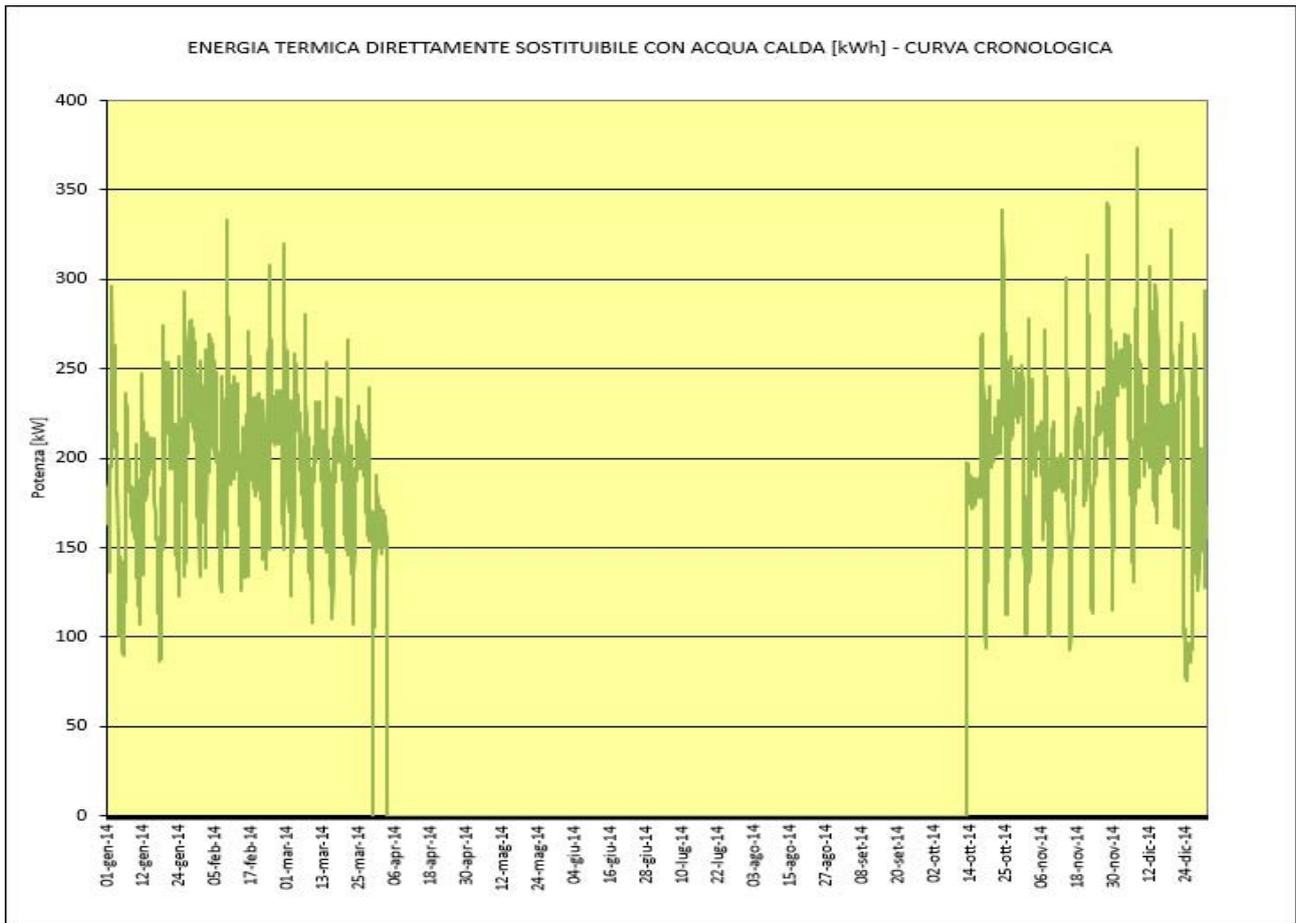
Energia termica sotto forma di acqua calda sostituibile direttamente Novembre 2014



Energia termica sotto forma di acqua calda sostituibile direttamente Dicembre 2014



Andamento annuale ottenuto



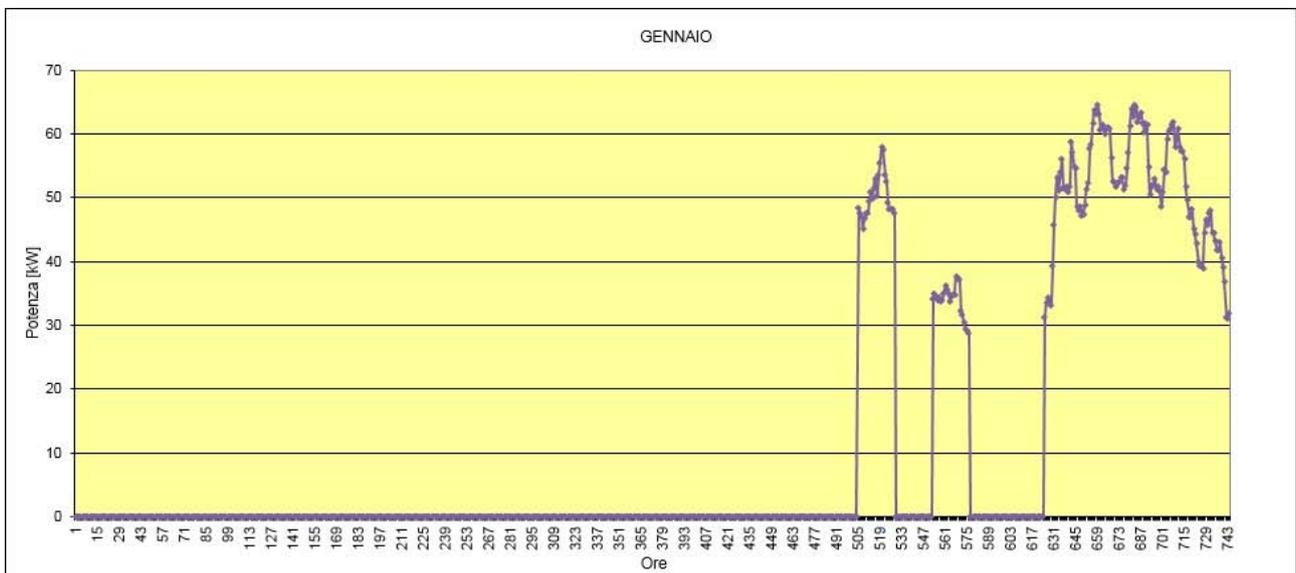
5.7 – Energia termica utilizzata sotto forma di acqua calda per la macchina 3

Dalla configurazione della rete di distribuzione dell'acqua calda si è notato che la macchina 3 risulta particolarmente vicina ad una delle tubazioni principali di distribuzione dell'acqua calda stessa. Per questo motivo si è deciso di valutare l'energia termica assorbita da questa macchina, dato che un eventuale collegamento della stessa alla linea dell'acqua calda esistente non comporterebbe un lavoro troppo oneroso. Per ottenere i diversi grafici qui di seguito riportati è bastato moltiplicare il valore di potenza termica totale media oraria per il coefficiente giornaliero calcolato precedentemente, nel caso specifico:

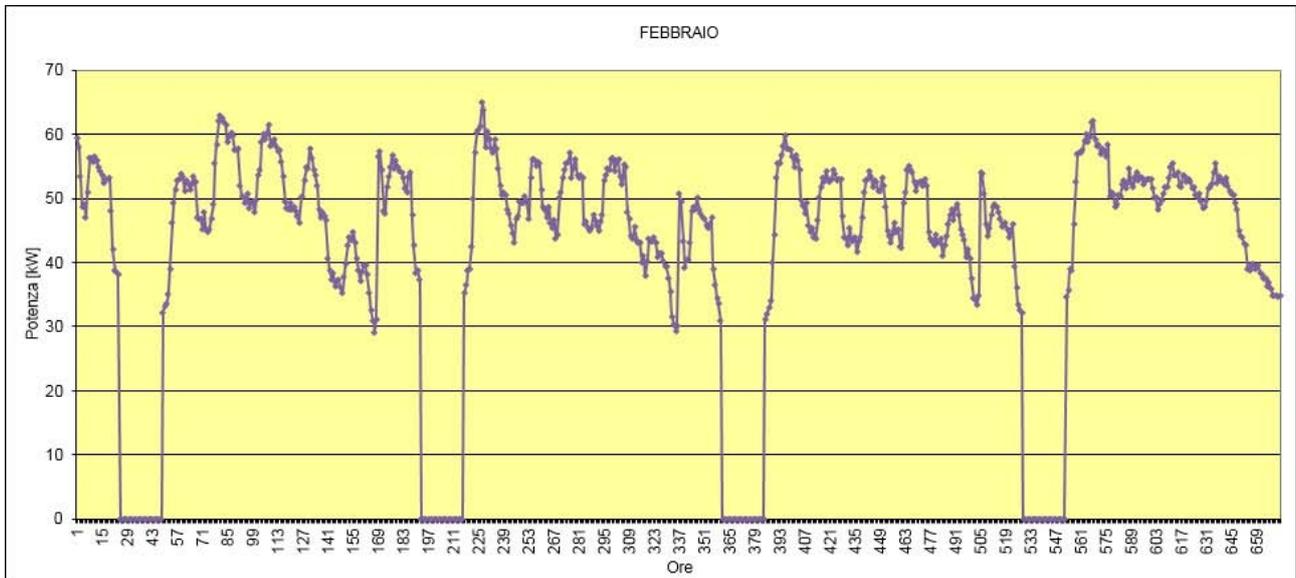
$$E_{UTA3} = P_{termica\ media\ oraria} * R_{UTA3}$$

Da questo si ottengono i kWh_t relativi all'energia assorbita dalla macchina 3 ora per ora, ed è allora possibile costruire delle curve mensili, e quindi la curva annuale, nonché la curva di durata.

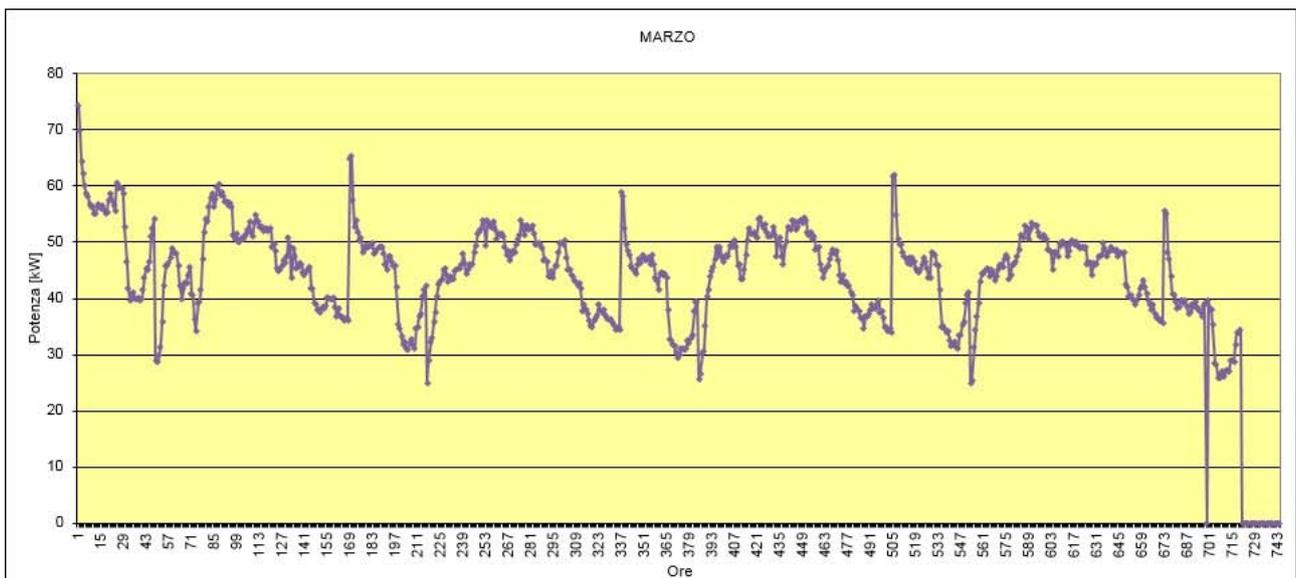
Energia termica relativa alla macchina 3 in Gennaio 2014



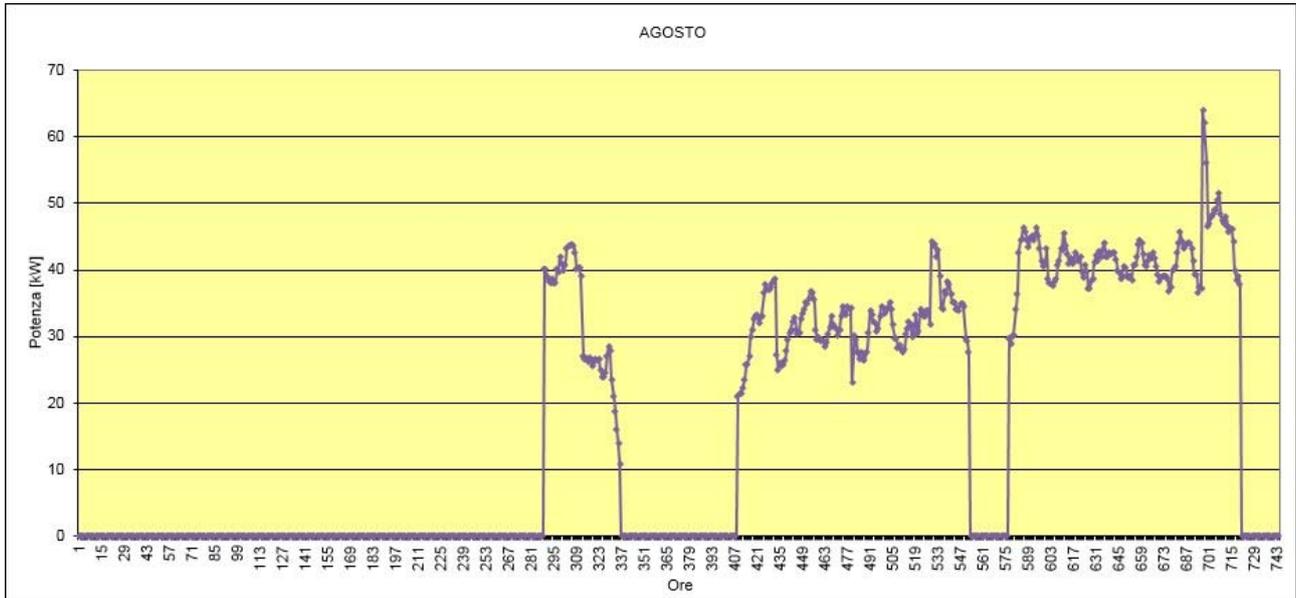
Energia termica relativa alla macchina 3 in Febbraio 2014



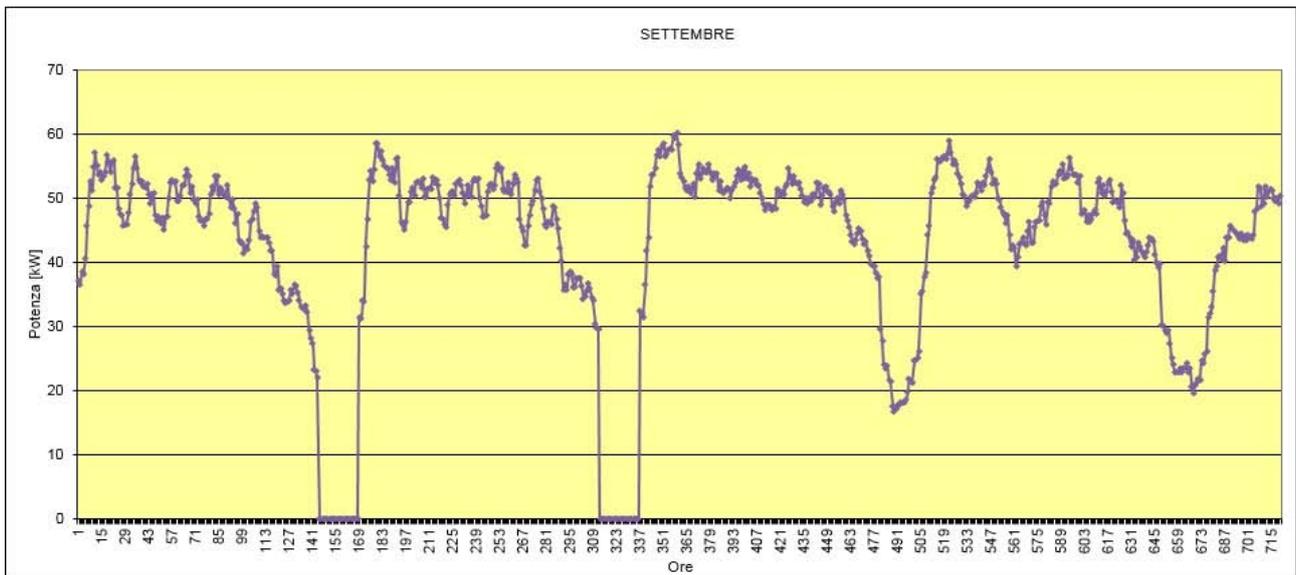
Energia termica relativa alla macchina 3 in Marzo 2014



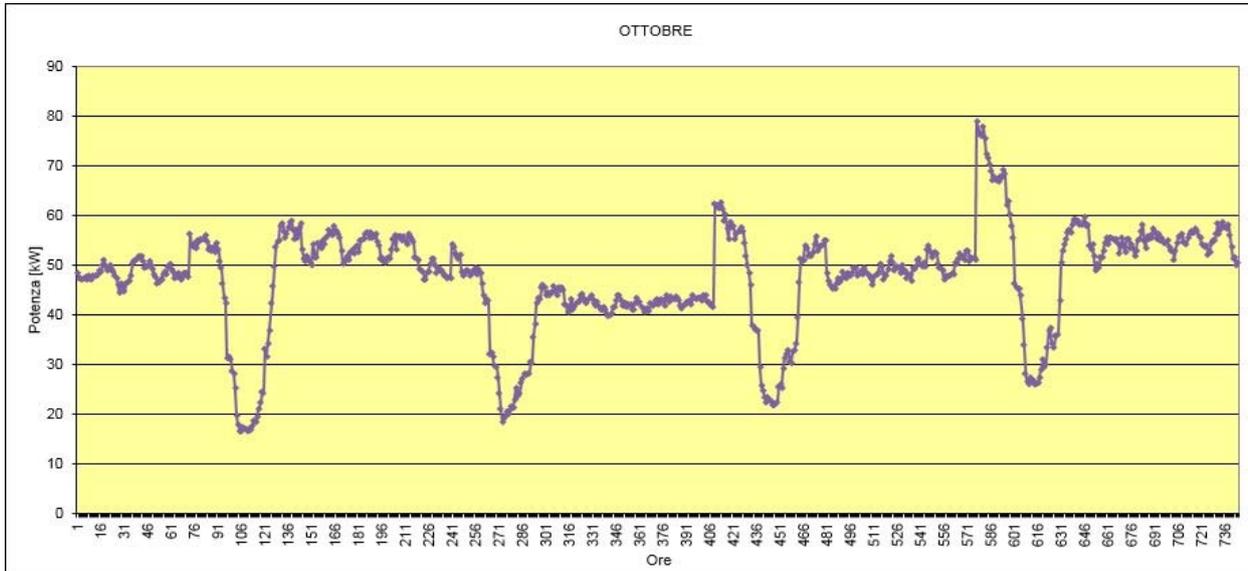
Energia termica relativa alla macchina 3 in Agosto 2014



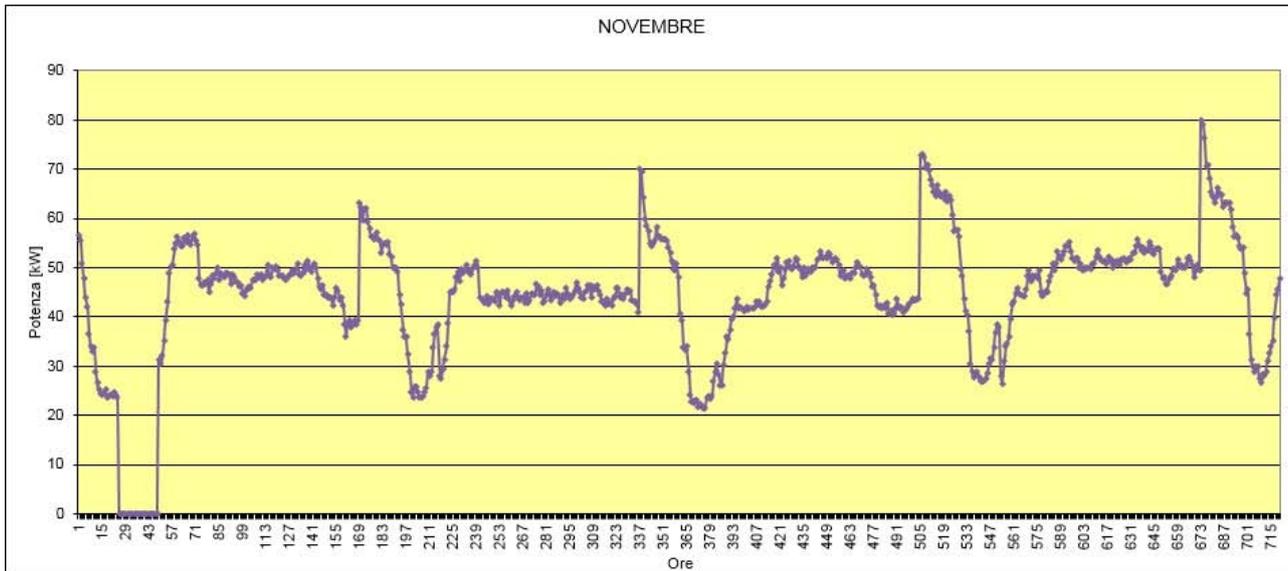
Energia termica relativa alla macchina 3 in Settembre 2014



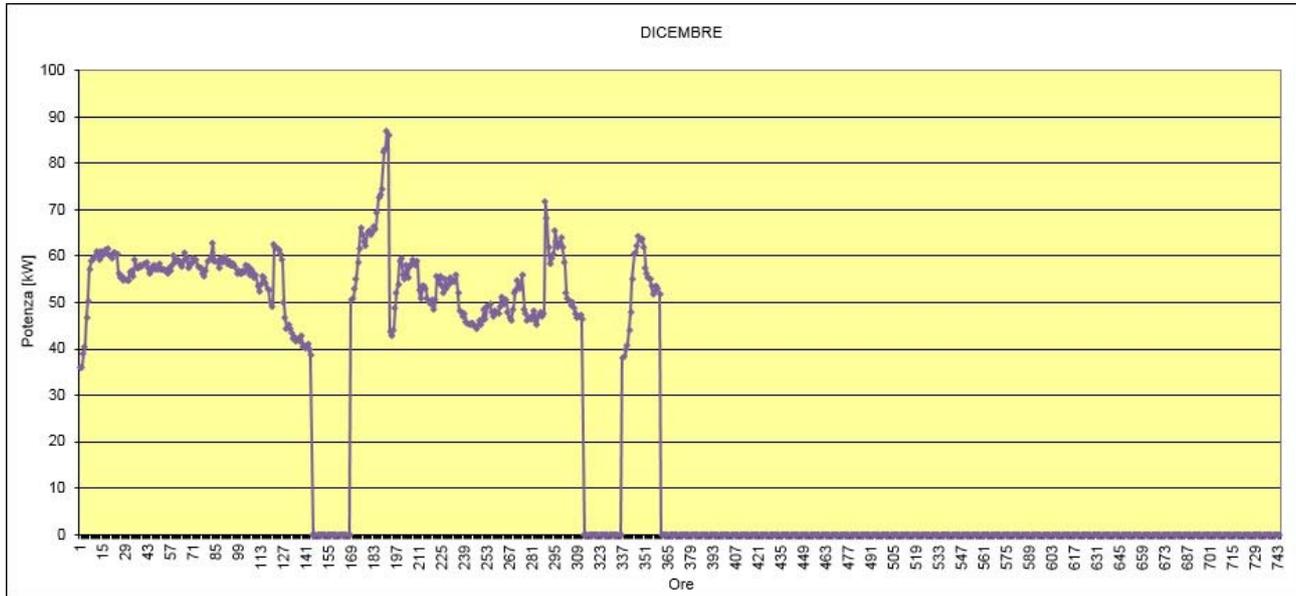
Energia termica relativa alla macchina 3 in Ottobre 2014



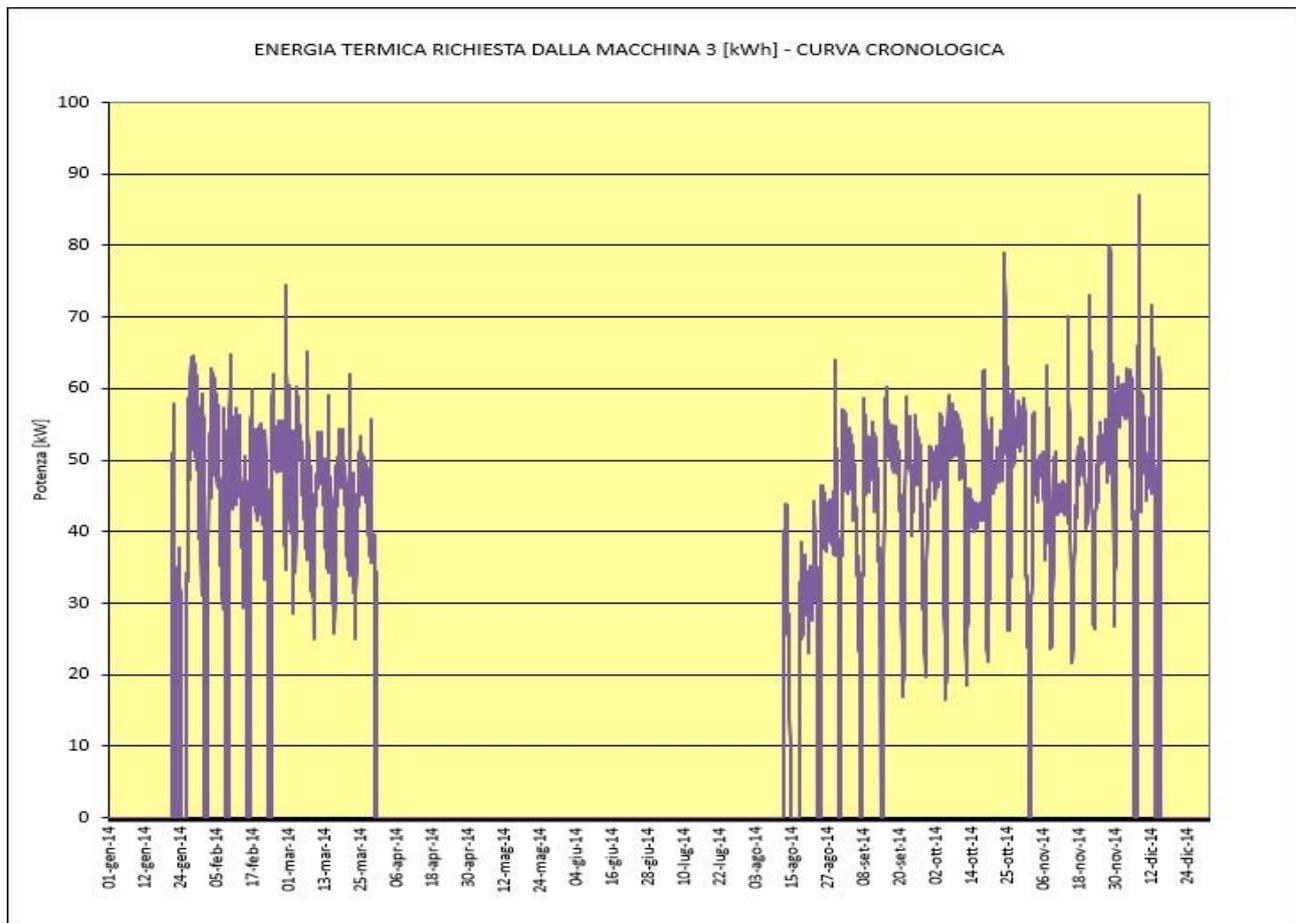
Energia termica relativa alla macchina 3 in Novembre 2014

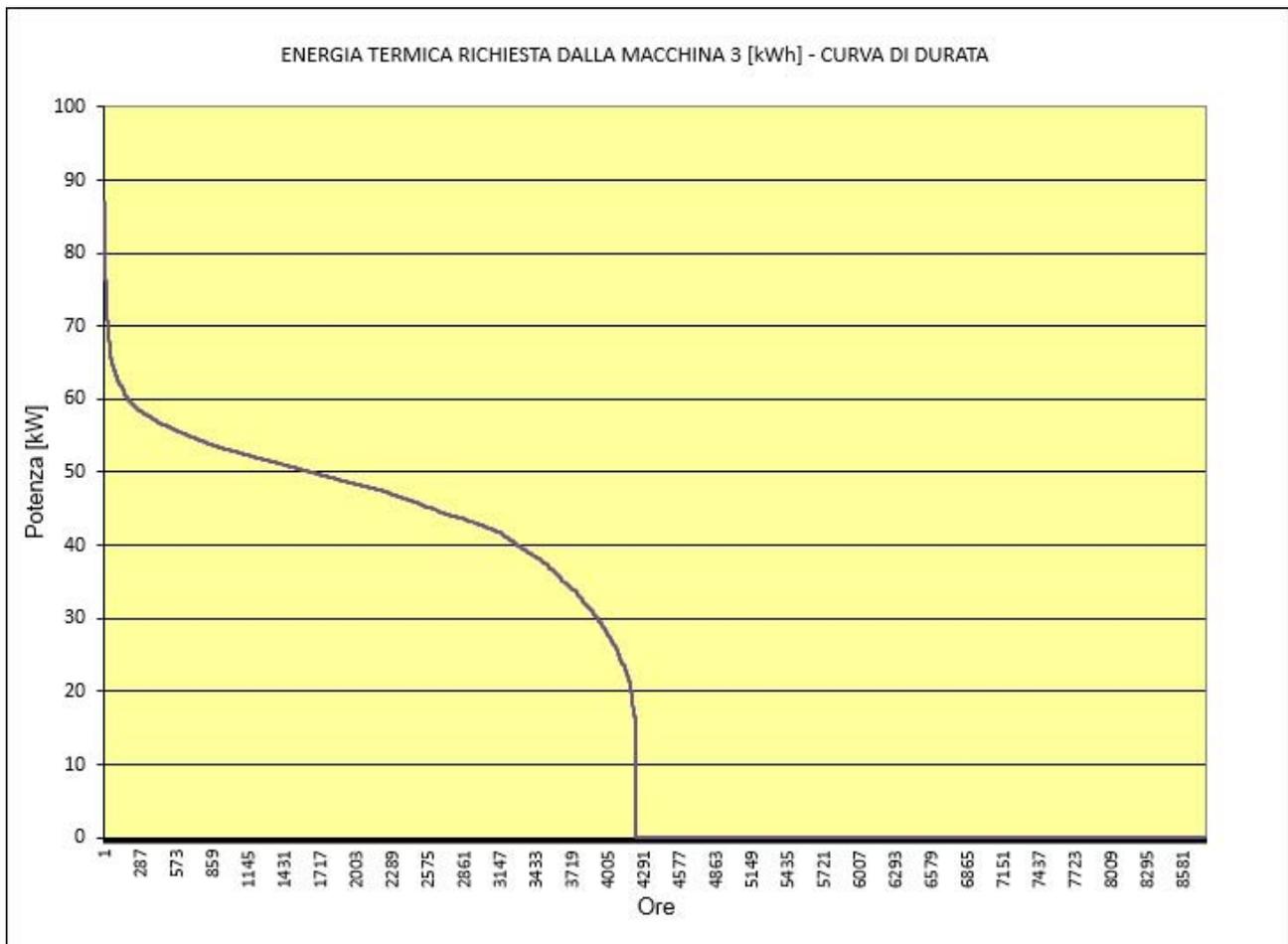


Energia termica relativa alla macchina 3 in Dicembre 2014



Andamento annuale ottenuto





Successivamente verrà effettuata una breve valutazione sulla effettiva capacità tecnica della linea di alimentare le macchine 1 e 2, a cui è dedicata, più l'allacciamento della macchina 3.

5.8 – Tabella riassuntiva dei diversi consumi di energia dell'anno 2014

ENERGIA	E [kWh]	P_{Max}[kW]
Energia elettrica richiesta	8.893.585	1.648
Energia termica totale richiesta	7.245.357	1.743
Energia termica sotto forma di vapore richiesta	4.981.283	1.192
Energia termica sotto forma di acqua calda richiesta	2.246.481	708
Energia frigorifera richiesta	2.259.692	951
Energia termica sotto forma di acqua calda direttamente sostituibile	826.628	374
Energia termica sotto forma di acqua calda richiesta dalla macchina 3	196.070	87

Dai valori di energia finali ottenuti risulta più conveniente la scelta di un motore cogenerativo in grado di produrre acqua calda e vapore, in quanto la maggior parte dell'assorbimento di energia termica (circa il 68,7% della totale) viene utilizzata sotto forma di vapore, e risulta direttamente sostituibile; gli unici costi di intervento risultano essere il semplice collegamento del motore con la centrale termica. C'è da aggiungere che la parte a vapore precedentemente calcolata in realtà risulta più grande, in quanto, come descritto al paragrafo 5.1, nella parte vapore non sono conteggiate quelle macchine che hanno uno scambiatore acqua/vapore sul posto.

5.9 – Studio di un possibile allacciamento della macchina 3 alla linea dell'acqua calda delle macchine 1 e 2

I soggetti d'interesse sono le linee che hanno partenza localizzata in centrale termica, e la corrispettiva pompa di circolazione delle stesse. Caratteristica fondamentale di queste linee è il fatto di essere tutte dedicate alla circolazione di acqua calda per riscaldamento; ciò permette di poter effettuare valutazioni sulla sostituzione dell'acqua calda prodotta dai generatori di vapore con acqua calda prodotta da motori cogenerativi. Le linee di interesse sono:

1. Linea Centrale Termica – Aerotermi: è una linea con diametro del tubo di partenza di 5", all'ingresso della zona Orlandi 1 la linea si suddivide in due rami, entrambi con diametro del tubo pari a 3" ed alimentanti 10 aerotermi ciascuna;
2. Linea Centrale Termica – UTA: è una linea con diametro del tubo di partenza di 3", e va ad alimentare le macchine 1 e 2.

I diametri delle tubazioni sono stati rilevati mediante misura del diametro delle flange presenti in centrale termica, dalle quali si è riusciti a risalire al diametro della tubazione [4].

La mandata e il ritorno di entrambe le linee sono collegate a dei collettori dedicati, uno di mandata e uno di ritorno che vanno a loro volta a collegarsi alle pompe di circolazione (una funzionante più una di riserva) che permettono la circolazione dell'acqua nelle suddette linee. Dal modello e dai dati di targa della pompa si è riusciti a risalire alla seguente curva caratteristica [5] (Figura 24).

Dati di Targa:

Portata = 75 m³/h; Prevalenza = 14 m; Numero di giri= 1.450 min⁻¹

Etanorm 100-080-200, $n = 1450 \text{ min}^{-1}$
 Etanorm SYT, Etanorm V, Etabloc

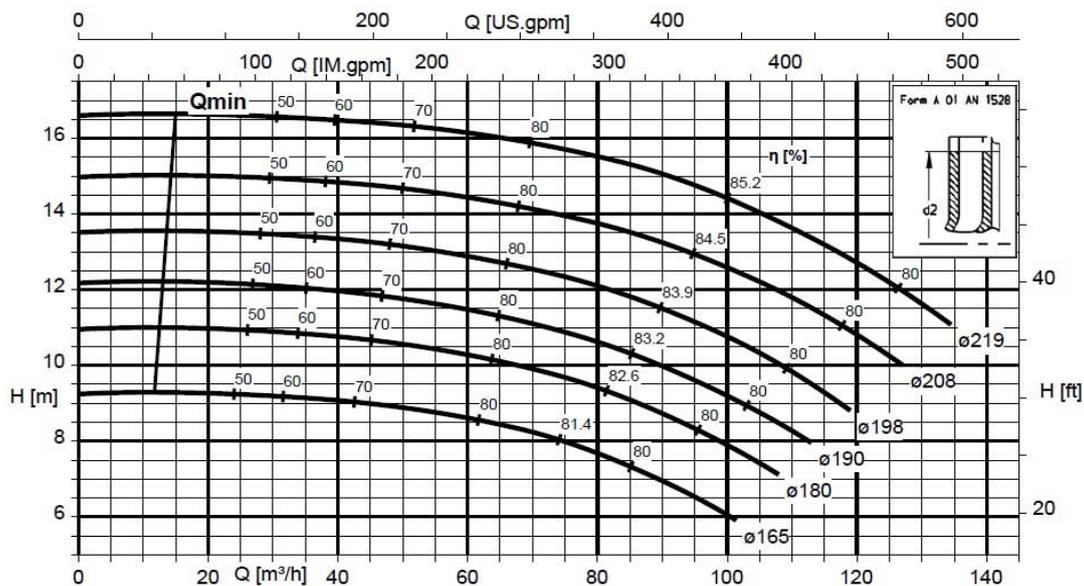


FIGURA 24 – CURVA CARATTERISTICA DELLA POMPA PRESENTE IN CENTRALE TERMICA (Ø208)

Sussistono due modalità d'intervento per la sostituzione dell'acqua calda prodotta dai generatori di vapore all'acqua calda prodotta dall'impianto cogenerativo:

- Allacciamento diretto: in questo caso si va a sostituire nella totalità l'acqua prodotta per le macchine 1, 2 e 20 (quindi alimentando linea 1 e linea 2); necessita di un unico intervento in centrale termica per poter collegare l'impianto cogenerativo alla stessa;
- Oltre all'allacciamento diretto (soluzione *a*), ad una distanza relativamente ridotta dalla linea 2, sussiste l'UTA della cella di lievitazione del forno Orlandi 1 (macchina 3): è possibile introdurre uno stacco sulla linea 2 da 3", in questo modo si riuscirebbe ad aumentare la copertura termica fornita dal motore cogenerativo. Questo comporta però una modifica alla rete già esistente, ossia introduzione di due Tee (uno sulla mandata e uno sul ritorno della linea 2) con relativa posa di tubazione coibentata e valvole necessarie al corretto esercizio della macchina.

Valutazione della fattibilità della modalità di intervento *b*

Per prima cosa si va a calcolare la nuova portata che dovrà elaborare la linea già esistente. Considerando che le macchine 1 e 2 richiedono una portata complessiva di 20.200 l/h, e sapendo che la macchina 3 è dotata di due batterie di riscaldamento la cui somma delle potenze termiche nominali

è pari a P=137 kW, si ricava la portata d'acqua necessaria alla macchina 3 ipotizzando un $\Delta T=10^{\circ}C$ alle batterie di riscaldamento:

$$\dot{m}_3 = \frac{P}{C_{p\text{ acqua}} * \Delta T} = 3,27 \text{ l/s} = 11.782 \text{ l/h}$$

Sommando questa portata calcolata ai 20.200 l/h, si ottiene quindi la nuova portata da elaborare sulla linea 2, ossia 31.982 l/h, coincidente con circa 9 l/s. A questo punto, quindi, mediante l'ausilio della tabella delle perdite di carico (costruita secondo la relazione di Hazen-Williams) per tubi in acciaio saldati qui di seguito riportata [6], si è risaliti ad una perdita di carico distribuita pari a 47,61 m/km, coincidente a 476 Pa/m, e ad una velocità media della corrente fluida nella tubazione pari a 1,72 m/s. Data l'età della tubazione, sicuramente bisognerà tenere conto di un coefficiente correttivo che permetta di aumentare il valore di perdita di carico lineare ottenuto, in modo da considerare lo sporco all'interno della tubazione esistente. Per lo stesso motivo, diminuendo la sezione di passaggio, la velocità media della corrente fluida risulterà un po' più elevata.

Tubi Acciaio saldati da 1/2" a 4"

Q	Q = Portata litri/sec									
	DN ø int.	1/2"	3/4"	1"	1" 1/4	1" 1/2	2"	2" 1/2	3"	4"
		16,7	21,7	28,5	36,6	42,5	53,9	69,7	81,7	107,1
		V = Velocità m/sec								
		J = Perdita di carico = m/km								
0,1	V	0,46	0,27	0,16						
	J	26,32	7,35	1,95						
0,2	V	0,91	0,54	0,31	0,19					
	J	94,87	26,50	7,03	2,08					
0,5	V	2,28	1,35	0,78	0,48	0,35	0,22			
	J	516,79	144,34	38,27	11,32	5,47	1,72			
1,0	V		2,71	1,57	0,95	0,71	0,44	0,26	0,19	
	J		520,34	137,96	40,80	19,71	6,19	1,77	0,82	
1,5	V			2,35	1,43	1,06	0,66	0,39	0,29	0,17
	J			292,10	86,39	41,72	13,12	3,75	1,73	0,46
2,0	V			3,14	1,90	1,41	0,88	0,52	0,38	0,22
	J			497,35	147,10	71,04	22,33	6,39	2,95	0,79
2,5	V				2,38	1,76	1,10	0,66	0,48	0,28
	J				222,27	107,35	33,74	9,65	4,45	1,19
3,0	V				2,85	2,12	1,32	0,79	0,57	0,33
	J				311,44	150,41	47,28	13,52	6,24	1,67
3,5	V				3,33	2,47	1,54	0,92	0,67	0,39
	J				414,21	200,04	62,88	17,98	8,30	2,22
4,0	V				3,81	2,82	1,75	1,05	0,76	0,44
	J				530,28	256,10	80,51	23,02	10,62	2,84
4,5	V					3,18	1,97	1,18	0,86	0,50
	J					318,45	100,10	28,63	13,21	3,53
5,0	V					3,53	2,19	1,31	0,95	0,56
	J					386,98	121,65	34,79	16,05	4,29
5,5	V					3,88	2,41	1,44	1,05	0,61
	J					461,60	145,11	41,49	19,14	5,12
6,0	V					4,23	2,63	1,57	1,15	0,67
	J					542,22	170,45	48,74	22,49	6,02
7,0	V						3,07	1,84	1,34	0,78
	J						226,70	64,82	29,91	8,00
8,0	V						3,51	2,10	1,53	0,89
	J						290,22	82,99	38,29	10,24
9,0	V						3,95	2,36	1,72	1,00
	J						360,88	103,19	47,61	12,74
10,0	V						4,39	2,62	1,91	1,11
	J						438,54	125,40	57,85	15,48

FIGURA 25 – PERDITA DI CARICO LINEARE PER TUBI IN ACCIAIO SALDATI COSTRUITA SECONDO LA RELAZIONE HAZEN-WILLIAMS

Generalmente è buona norma, per tubazioni con $DN > 50$ (il 3" corrisponde a DN 80) non superare un valore di perdita di carico lineare distribuita pari a 400 Pa/m. La valutazione finora eseguita considera solo le perdite lineari; a queste bisogna aggiungere le perdite di tipo concentrato (curve, valvole e quant'altro). È quindi preferibile a questo punto dello studio, effettuare una sostituzione della tubazione esistente con una tubazione di diametro maggiore; allo stesso modo le caratteristiche tecniche della pompa possono non essere sufficienti a garantire la portata richiesta (questo perché alla portata precedentemente calcolata bisogna sommare la portata della linea 1 degli aerotermini; il risultato di questa somma, ipotizzando una potenza di 30 kW per aerotermino e un ΔT alla batteria di 10 °C è pari a 83.582 l/h). La portata di targa risulta inferiore alla portata totale richiesta, ed il fatto che, introducendo un nuovo ramo, la perdita di carico possa aumentare e quindi far diminuire ulteriormente il valore di portata elaborata dalla pompa può comportare un'eventuale sostituzione della stessa (all'aumentare delle perdite di carico la curva resistente del circuito diviene più ripida, e quindi il punto di funzionamento della pompa, dato dall'incrocio della curva caratteristica della stessa con la curva resistente, si sposta verso sinistra del grafico in Figura 24).

CAPITOLO 6 – RISULTATI FINALI

I risultati finali ottenuti derivano dall'analisi dei diversi profili di consumo descritti nel dettaglio nei capitoli precedenti. Ciò che si evince da questa analisi è determinante per la caratterizzazione delle macchine da utilizzare all'interno dell'impianto di trigenerazione.

6.1 – Scelta delle macchine



FIGURA 26 – GE–JENBACHER MOD. JGC320GS-N.LC

La tecnologia di produzione scelta è stata quella del motore a combustione interna: ciò è dovuto al fatto che risulta essere una tecnologia molto conosciuta, e quindi le manutenzioni non richiedono personale altamente specializzato; oltre al fatto di avere un costo specifico inferiore rispetto ad altre tecnologie. Sulla base quindi della curva di durata dell'energia elettrica totale richiesta dallo stabilimento, si è scelta

una macchina del gruppo GE – Jenbacher, modello JGC 320 GS-N.LC alimentata con gas naturale, avente le seguenti caratteristiche tecniche:

			Pieno carico	Carico parziale	
				75%	50%
Potere calorifico inferiore del gas (PCI)		kWh/Nm ³	9,5		
			100%	75%	50%
Potenza introdotta		kW	2.657	2.047	1.437
Quantità di gas		Nm ³ /h	280	215	151
Potenza meccanica		kW	1.095	821	548
Potenza elettrica		kW el.	1.067	798	529
Potenza termica da dissipare					
~ Primo stadio intercooler (Circuito a bassa temperatura)		kW	230	105	31
~ Secondo stadio intercooler (Circuito a bassa temperatura)		kW	81	71	35
~ Olio (Circuito a bassa temperatura)		kW	123	113	97
~ Acqua di raffreddamento motore		kW	344	320	267
~ Calore insuperficie	ca.	kW	90	~	~
Consumo elettrico specifico del motore		kWh/kWel.h	2,49	2,57	2,72
Consumo specifico del motore		kWh/kWh	2,43	2,49	2,62
Consumo olio motore	ca.	kg/h	0,33	~	~
Rendimento elettrico		%	40,1%	39,0%	36,8%

La macchina riesce a modulare la potenza elettrica dal 100% a circa il 50% della stessa. Le potenze termiche descritte nella scheda tecnica vengono utilizzate per la produzione di acqua calda a circa 90°C, ad eccezione del secondo stadio di intercooler che viene usato per produrre acqua calda a 45°C. In Figura 27 è possibile osservare il circuito di raffreddamento del motore, e quindi le diverse componenti da cui è possibile recuperare calore.

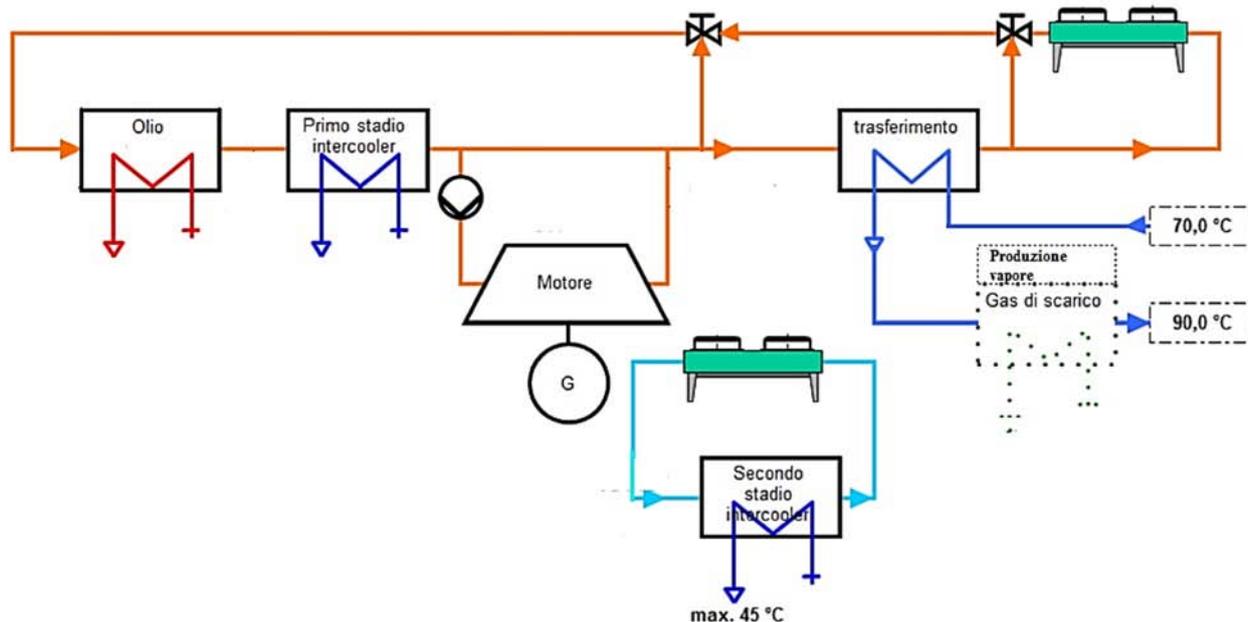


FIGURA 27 – SCHEMA A BLOCCHI DEL CIRCUITO DI RECUPERO DEL CALORE

In particolare, la quota di acqua calda a più alta temperatura percorre una serie di scambiatori di calore che attraverso lo sfruttamento del calore dei gas di scarico del motore, consentono in parte di portare l'acqua stessa a 90°C, ed in parte invece di produrre vapore. Ogni scambiatore ha funzionalità differenti:

- Il primo scambiatore, definito *corpo principale*, sfrutta i gas di scarico in uscita dal gruppo di sovralimentazione del motore, e viene utilizzato per la produzione di vapore saturo alla pressione di 10 bar;
- Il secondo scambiatore, definito *ECO 1*, è posto dopo il corpo principale e viene utilizzato per preriscaldare il fluido di alimentazione del corpo principale stesso;

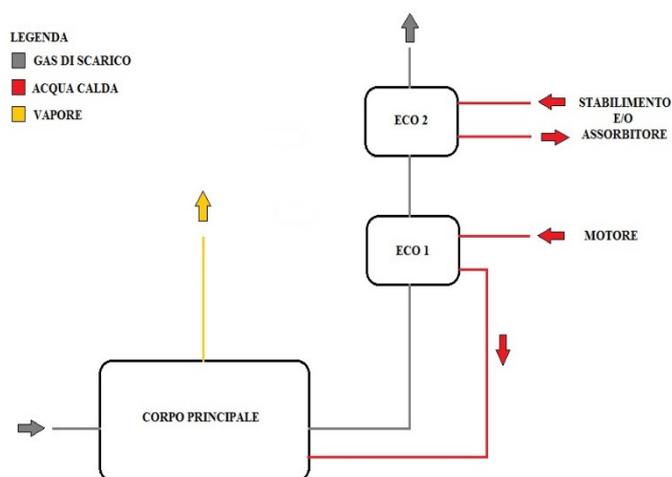


FIGURA 28 – SCHEMA DEL SISTEMA DI PRODUZIONE DEL VAPORE

- Il terzo scambiatore, definito *ECO 2*, è posto dopo l'*ECO 1* e viene utilizzato per produrre acqua calda a 90°C da inviare allo stabilimento o all'assorbitore.

Le condizioni finali dei gas di scarico all'uscita dell'ultimo scambiatore sono di 105°C, e la totale potenza termica elaborata dai tre scambiatori di calore risulta pari a 605 kW in condizioni nominali di progetto. Sempre attraverso l'osservazione della curva di durata, questa volta però relativa al carico frigorifero, si è optato per un assorbitore IBT, modello Century AR-D210L2. Si tratta di un



FIGURA 29 – ASSORBITORE IBT MOD. AR-D210L2

assorbitore H₂O/LiBr (Acqua/Bromuro di litio), a singolo stadio, alimentato con acqua calda a 90°C che riesce a generare una potenza frigorifera di 570 kW (con temperature di mandata e ritorno dell'acqua refrigerata rispettivamente di 7°C e 12°C ed acqua di raffreddamento del condensatore con temperature di mandata e ritorno rispettivamente di 30°C e 35°C).

Abbinato all'assorbitore viene installata una torre evaporativa in grado di smaltire il calore generato all'interno del condensatore della macchina frigorifera stessa. La macchina può modulare la sua potenza frigorifera dal 100% al 20% di quella nominale.

6.2 – Analisi di esercizio con le macchine scelte

In funzione del carico frigorifero coperto dall'assorbitore, è stata tolta dal fabbisogno di energia elettrica totale la corrispettiva parte precedentemente assorbita dai compressori dei gruppi frigoriferi tradizionali già presenti nell'impianto esistente. Allo stesso modo è stata aggiunta al fabbisogno termico la corrispettiva parte di energia necessaria al funzionamento dell'assorbitore. Si è partiti dall'assorbimento frigorifero precedentemente descritto nel Capitolo 4, e si è calcolato il regime di funzionamento dell'assorbitore in funzione del carico frigorifero richiesto: conoscendo quindi l'andamento del COP dell'assorbitore in funzione del carico di lavoro della macchina (Figura 30), si è risaliti alla potenza termica necessaria mediante l'equazione:

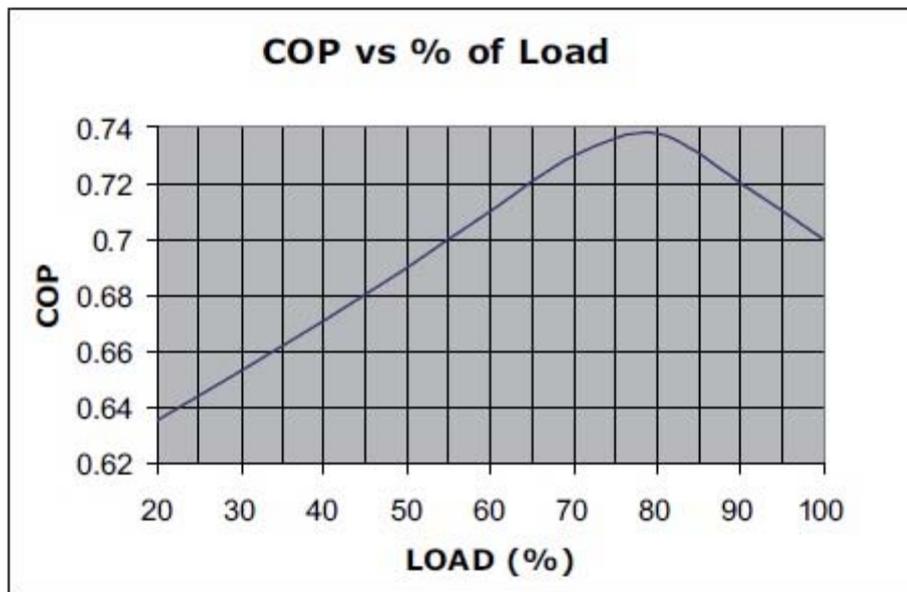
$$P_{termica} = \frac{P_{assorbitore}}{COP}$$

Dove le potenze sono espresse in [kW]. Ciò ha quindi permesso di calcolare la potenza termica aggiuntiva $P_{termica}$ da fornire per garantire il funzionamento dell'assorbitore. Allo stesso modo è stato possibile risalire a quanta parte di potenza elettrica non fosse più necessaria ai gruppi frigoriferi

tradizionali, mediante l'adozione di un COP_{medio} che come nel caso precedente è stato preso pari a 2,4 ed è quindi stata determinata mediante le equazioni:

$$P_{elettrica} = \frac{\Delta P_{frigorifera}}{COP_{medio}} \qquad \Delta P_{frigorifera} = P_{frigorifera} - P_{assorbitore}$$

Dove anche in questo caso le potenze sono espresse in [kW]. Per $P_{assorbitore}$ si intende la potenza frigorifera erogabile dall'assorbitore, per $P_{frigorifera}$ si intende invece la potenza frigorifera necessaria allo stabilimento, $P_{elettrica}$ è quindi la potenza elettrica necessaria ai gruppi frigoriferi tradizionali che devono garantire la potenza frigorifera eventualmente non producibile dall'assorbitore.



Reference notes:

1. Chilled water outlet temperature: 7°C
2. Cooling water inlet temperature: 30 °C
3. Hot water in/out temperature: 90-80 °C
4. Fouling factor: 0.0001 m²h°C/kcal

FIGURA 30 – ANDAMENTO DEL COP DELL'ASSORBITORE IN FUNZIONE DEL CARICO DI LAVORO PERCENTUALE DELLA MACCHINA

Mediante queste valutazioni si sono ricavate le nuove curve di durata dell'energia termica e dell'energia elettrica totali richieste (Figura 31), andando sempre a lavorare sui valori ora per ora dell'intero anno disponibili dalle misurazioni precedentemente effettuate.

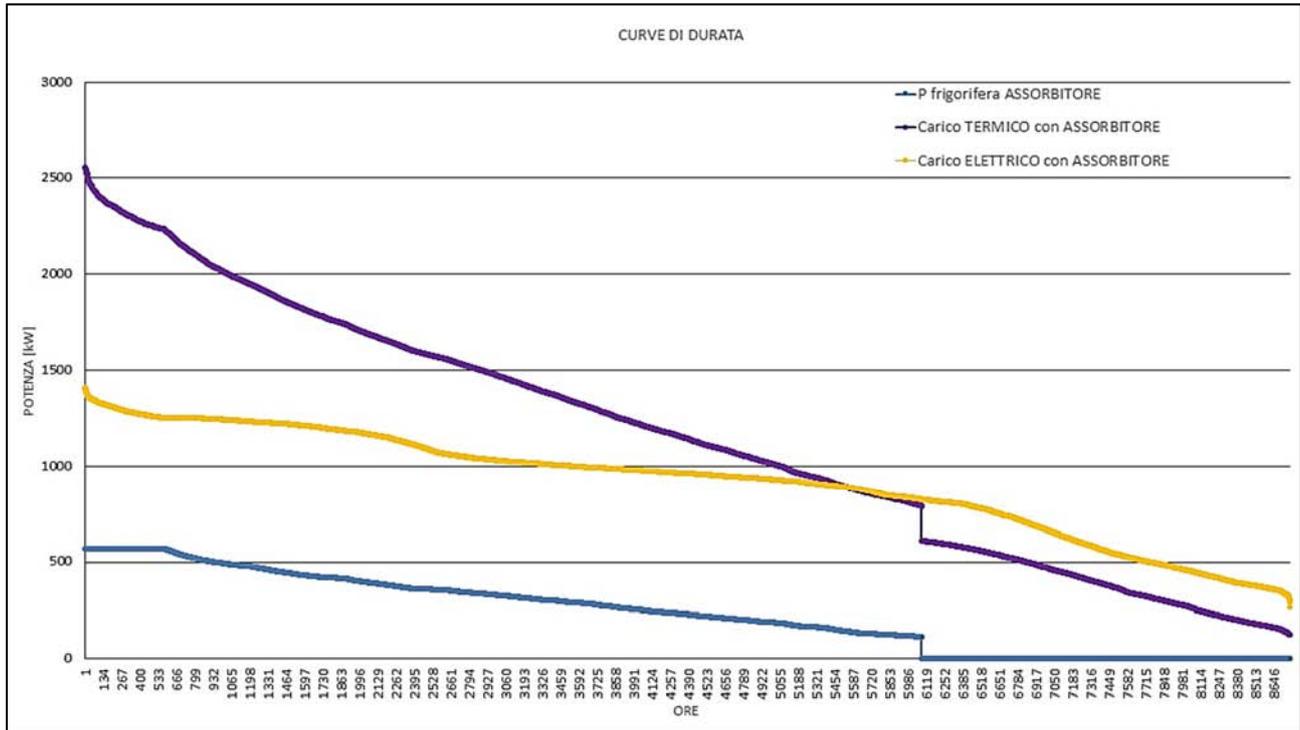


FIGURA 31 – NUOVE CURVE DI DURATA RELATIVE ALLA PRESENZA DELL'ASSORBITORE PER PRODURRE PARTE DELL'ENERGIA FRIGORIFERA NECESSARIA ALLO STABILIMENTO

	F	G	K	N	P	S	T	U	V
	ORE	P frig ASSORB	Carico ELETTRICO con ASSORBITORE	Motore lato elettrico	Carico TERMICO con ASSORBITORE	Motore lato termico	Calore da dissipare	COP	Calore per assorbitore
1	1	570	1411	1067	2557	1372	0	0,701	813
2	2	570	1410	1067	2557	1372	0	0,701	813
3	3	570	1400	1067	2555	1372	0	0,701	813
4	4	570	1399	1067	2549	1372	0	0,701	813
5	5	570	1398	1067	2544	1372	0	0,701	813
6	6	570	1396	1067	2544	1372	0	0,701	813
7	7	570	1394	1067	2542	1372	0	0,701	813
8	8	570	1392	1067	2536	1372	0	0,701	813
9	9	570	1392	1067	2535	1372	0	0,701	813
10	10	570	1386	1067	2532	1372	0	0,701	813
11	11	570	1382	1067	2527	1372	0	0,701	813
12	12	570	1381	1067	2525	1372	0	0,701	813
13	13	570	1380	1067	2525	1372	0	0,701	813
14	14	570	1369	1067	2525	1372	0	0,701	813
15	15	570	1369	1067	2522	1372	0	0,701	813
16	16	570	1368	1067	2520	1372	0	0,701	813
17	17	570	1368	1067	2516	1372	0	0,701	813
18	18	570	1367	1067	2516	1372	0	0,701	813
19	19	570	1364	1067	2514	1372	0	0,701	813
20	20	570	1363	1067	2509	1372	0	0,701	813
21	21	570	1363	1067	2509	1372	0	0,701	813
22	22	570	1362	1067	2500	1372	0	0,701	813
23	23	570	1362	1067	2498	1372	0	0,701	813
24	24	570	1360	1067	2494	1372	0	0,701	813
25	25	570	1360	1067	2494	1372	0	0,701	813
26	26	570	1360	1067	2493	1372	0	0,701	813
27	27	570	1359	1067	2488	1372	0	0,701	813
28	28	570	1358	1067	2482	1372	0	0,701	813
29	29	570	1358	1067	2480	1372	0	0,701	813
30	30	570	1357	1067	2479	1372	0	0,701	813
31	31	570	1357	1067	2477	1372	0	0,701	813
32	32	570	1357	1067	2477	1372	0	0,701	813
33	33	570	1356	1067	2474	1372	0	0,701	813
34	34	570	1356	1067	2473	1372	0	0,701	813
35	35	570	1356	1067	2473	1372	0	0,701	813
36	36	570	1355	1067	2469	1372	0	0,701	813
37	37	570	1355	1067	2468	1372	0	0,701	813
38	38	570	1354	1067	2467	1372	0	0,701	813
39	39	570	1354	1067	2467	1372	0	0,701	813
40	40	570	1354	1067	2465	1372	0	0,701	813
41	41	570	1354	1067	2464	1372	0	0,701	813
42	42	570	1353	1067	2463	1372	0	0,701	813
43	43	570	1353	1067	2462	1372	0	0,701	813

FIGURA 32 – ESEMPIO DELLA TABELLA DI CALCOLO COSTRUITA PER LA DETERMINAZIONE DELLE CONDIZIONI DI LAVORO DELL'INTERO SISTEMA

Da queste nuove curve di durata si sono quindi calcolate le energie messe a disposizione dal motore cogenerativo, scegliendo di modulare la potenza del motore stesso in funzione del carico elettrico richiesto: ciò significa che il motore seguirà il più possibile l'andamento del fabbisogno elettrico totale, scollegandosi soltanto nel momento in cui il fabbisogno di potenza elettrica nello stabilimento risulti inferiore alla potenza erogabile dal cogeneratore al 50% del carico. Tutta l'energia elettrica non erogabile dal motore sarà ovviamente prelevata direttamente dalla rete elettrica. Da scheda tecnica della macchina (GE – Jenbacher, modello JGC 320 GS-N.LC) sono stati forniti i corrispettivi valori di potenza immessa (sotto forma di combustibile), di potenza elettrica erogabile e di potenza termica recuperabile attraverso i diversi componenti del motore per il funzionamento al 100%, al 75% e al 50% del carico della macchina. Tra questi valori non è stata resa disponibile la potenza termica recuperabile dai gas di scarico al variare del carico del motore. Per questo motivo si sono considerati dei rapporti tra le potenze immesse ai diversi regimi di funzionamento e si è assunto che la potenza termica recuperabile dai gas di scarico sia direttamente proporzionale al rapporto delle potenze immesse nel motore, ossia:

$$k_{75\%} = \frac{P_{\text{immessa al 75\% del carico}}}{P_{\text{immessa al 100\% del carico}}} \qquad k_{50\%} = \frac{P_{\text{immessa al 50\% del carico}}}{P_{\text{immessa al 100\% del carico}}}$$

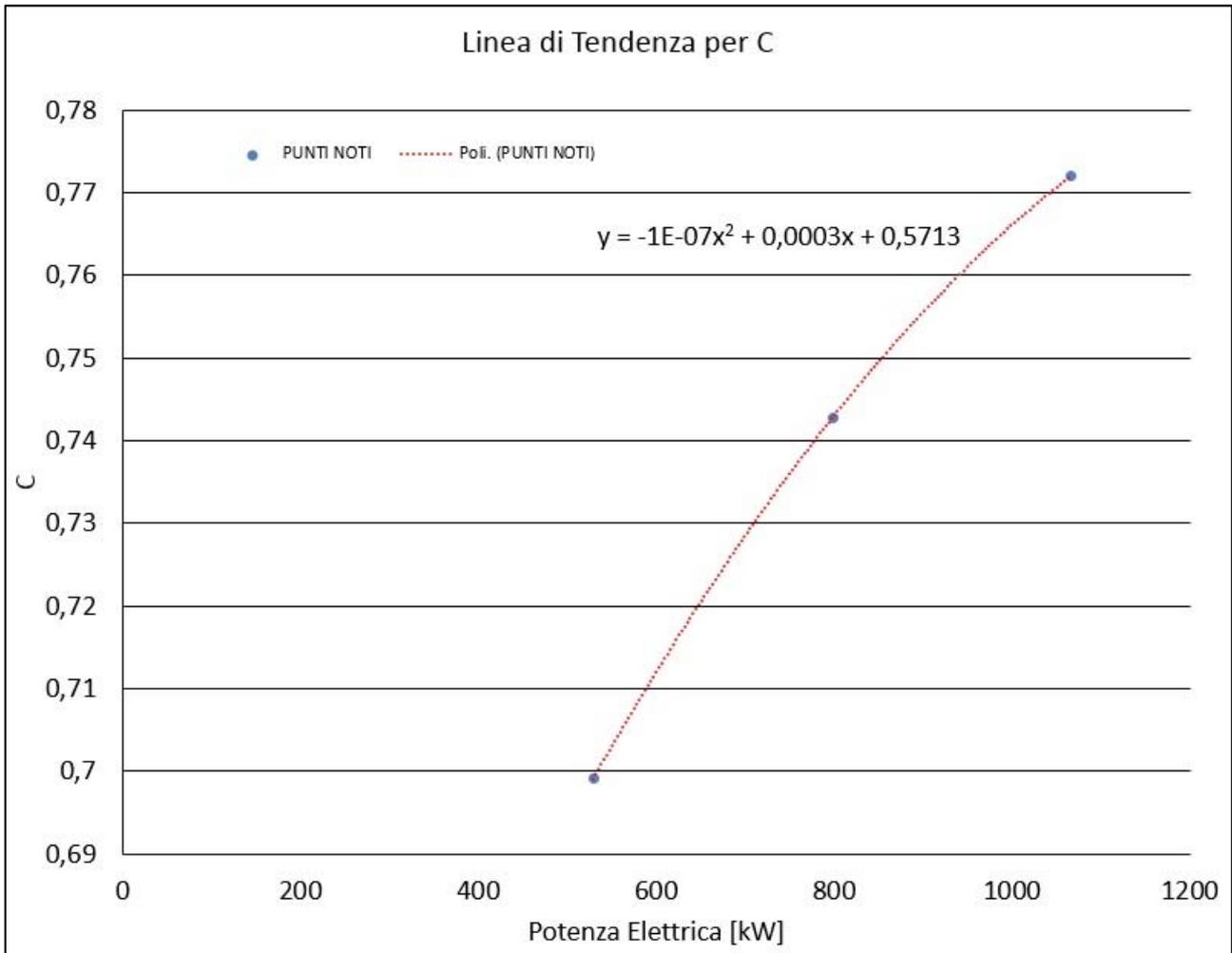
E quindi:

$$P_{\text{recuperata al 75\% del carico}} = P_{100\%} * k_{75\%} \qquad P_{\text{recuperata al 50\% del carico}} = P_{100\%} * k_{50\%}$$

Dove $P_{100\%}$ corrisponde alla potenza di progetto recuperabile dai gas di scarico (605 kW). Questa assunzione implica che la temperatura di uscita dei gas di scarico dal motore sia costante e che quindi la variazione di potenza recuperabile dipenda solo dalla variazione di portata dei gas di scarico (da cui ovviamente ne consegue che la variazione di potenza immessa dipenda solo da una variazione della quantità di combustibile e di aria comburente utilizzata, supponendo che il rapporto aria/combustibile del motore sia costante nei diversi regimi di funzionamento). Così facendo, semplicemente sommando le potenze termiche presenti sulla scheda tecnica del motore e questi valori di potenza termica appena calcolati, si è risaliti alla potenza termica complessivamente recuperabile dal motore al 100%, al 75% e al 50% del carico. Conoscendo quindi la potenza termica totale recuperabile dal motore e la potenza elettrica erogabile, si è calcolato un coefficiente C per i tre diversi livelli di carico:

$$C_{100\%} = \frac{P_{el\ 100\%}}{P_{th\ 100\%}} \qquad C_{75\%} = \frac{P_{el\ 75\%}}{P_{th\ 75\%}} \qquad C_{50\%} = \frac{P_{el\ 50\%}}{P_{th\ 50\%}}$$

Questi tre valori di C sono quindi stati plottati in funzione della potenza elettrica erogabile dal motore, come si può osservare nel diagramma riportato di seguito. Quindi si è ottenuto un grafico con tre punti distinti: si è ricavata allora una linea di tendenza con la relativa equazione (dove y corrisponde al valore di C e x corrisponde al valore della potenza elettrica), la quale ha permesso di calcolare il valore di C per ogni valore di potenza elettrica erogabile dal cogeneratore.



Conoscendo la massima e la minima potenza elettrica erogabile dal motore, partendo dai valori di fabbisogno elettrico prima ricavati, si è imposto (mediante la funzione SE di Excel) che fintanto che il valore di potenza richiesta sia maggiore del valore massimo erogabile $P_{max,erogabile}$, venga stampato a video $P_{max,erogabile}$; al contrario, fintanto che il valore di potenza elettrica richiesta non sia inferiore alla potenza minima erogabile $P_{min,erogabile}$ e comunque non maggiore di $P_{max,erogabile}$, venga stampato a video il valore di fabbisogno richiesto. Riassumendo il tutto, le condizioni imposte sono:

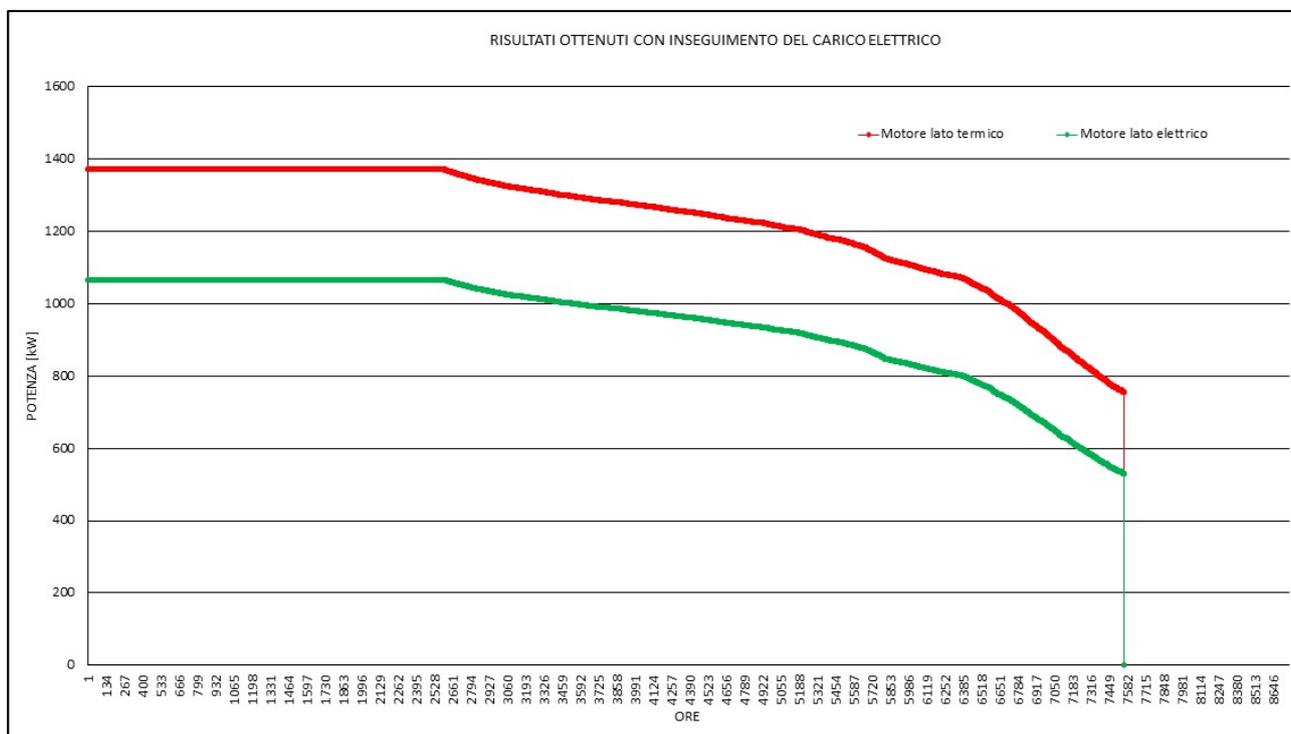
$$P_{richiesta} > P_{max,erogabile} \rightarrow stampa P_{max,erogabile}$$

$$P_{max,erogabile} \geq P_{richiesta} \geq P_{min,erogabile} \rightarrow stampa P_{richiesta}$$

In questo modo è stato possibile ottenere il periodo e la modalità operativa del motore in funzione del carico elettrico richiesto dallo stabilimento; il tutto sempre effettuato ora per ora per l'intero anno. Da questo punto, noto il carico elettrico, e noto il valore di C prima ricavato, è bastato effettuare il rapporto dei due valori per poter ottenere la potenza termica erogata dal motore, ossia:

$$P_{termica\ erogata} = \frac{P_{elettrica\ erogata}}{C}$$

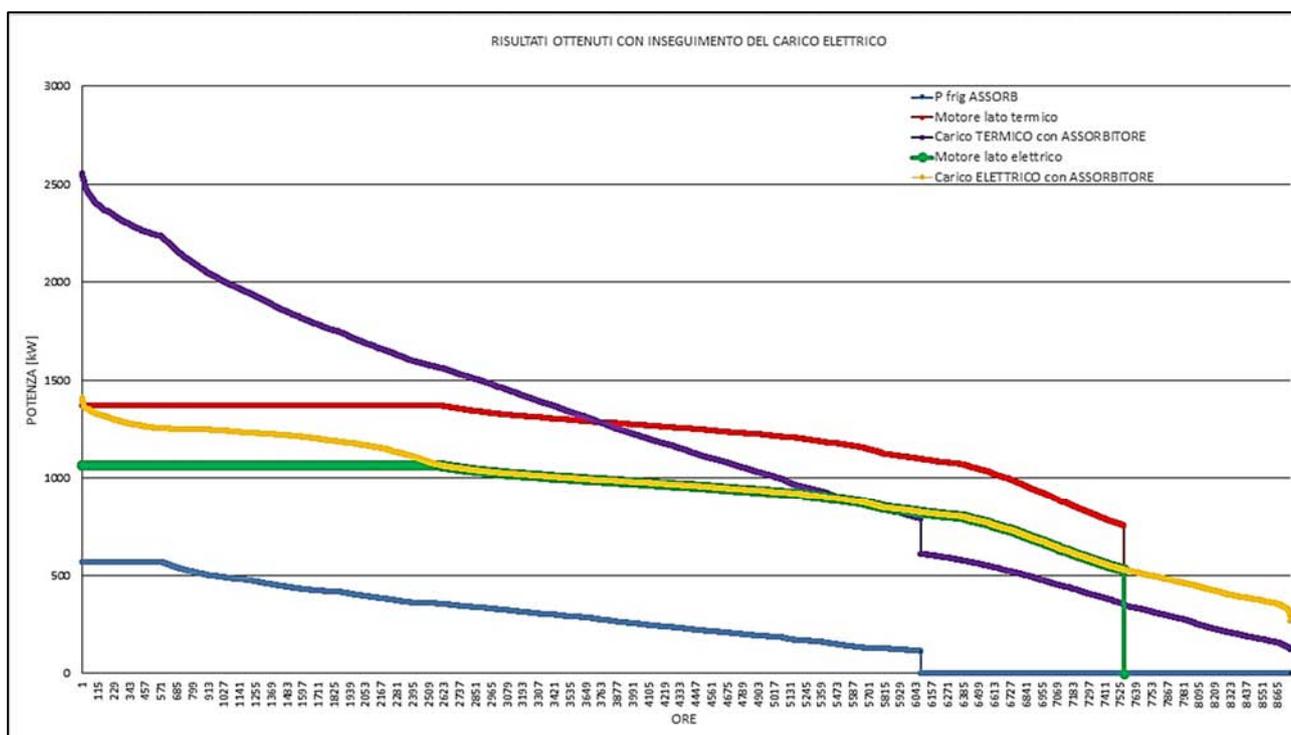
Si sono allora ricavati gli andamenti delle curve di durata per quanto riguarda la produzione del motore sia per la parte elettrica che per la parte termica, e di seguito vengono riportate.



L'incrocio delle curve di durata del fabbisogno elettrico e termico con le curve di durata dell'energia elettrica e termica prodotte dal motore, ha fatto sì di poter determinare la parte di energia termica ed elettrica utili, dove per utili si intende quella parte di energia prodotta dal motore ed effettivamente utilizzabile allo scopo di coprire i diversi assorbimenti all'interno dello stabile. Oltre alla parte di energia utile si è potuto anche osservare quanta parte dell'energia termica deve essere dissipata, quanta parte dell'energia termica deve comunque essere prodotta da sistemi ausiliari, e quanta parte dell'energia elettrica deve essere prelevata dalla rete. Tutti questi risultati hanno portato alla verifica finale di calcolo della PES (Primary Energy Saving) e del rendimento globale, che permettono di definire la possibilità di ottenere la qualifica CAR (Cogenerazione ad Alto Rendimento) e le relative agevolazioni tariffarie.

6.3 – Verifica del conseguimento delle qualifiche CAR e SEU

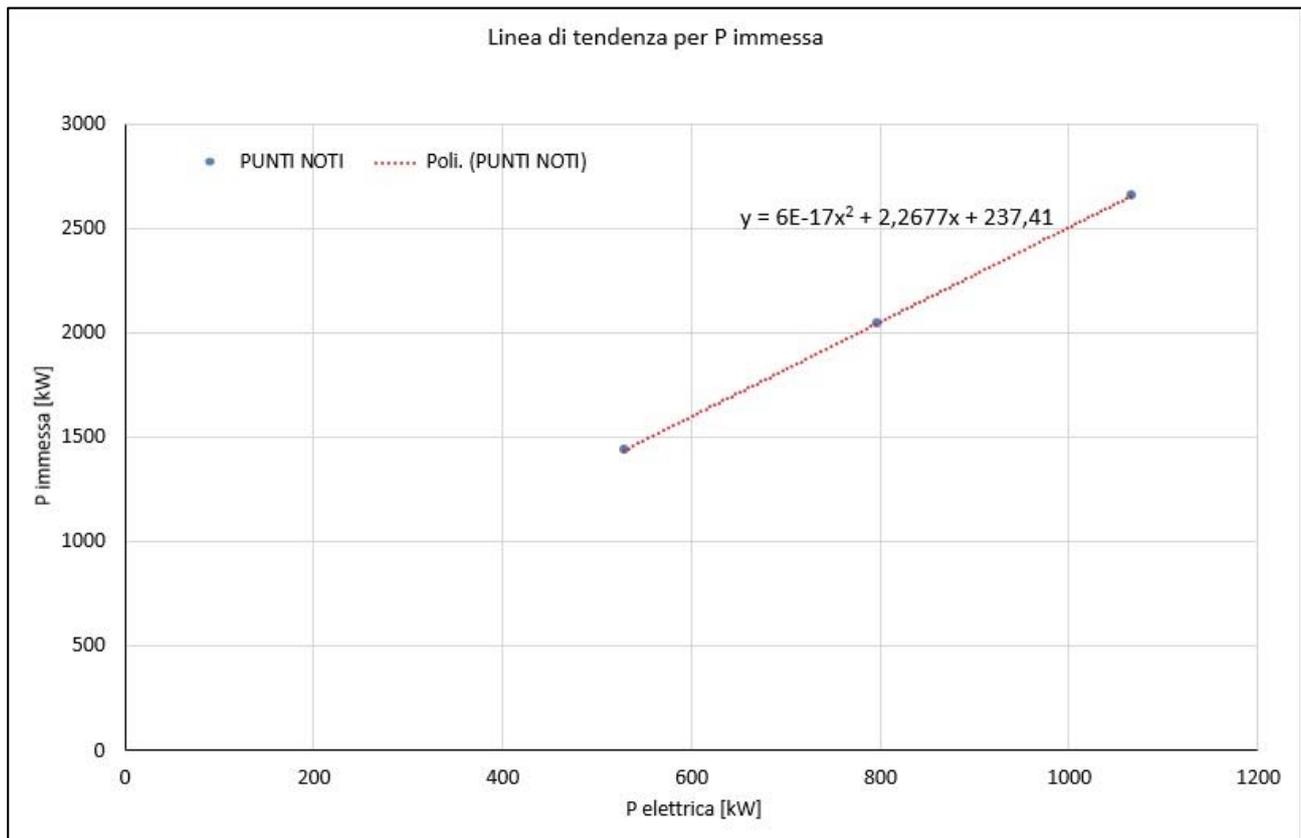
L'incrocio delle curve di durata del fabbisogno elettrico e termico, con le curve del motore lato elettrico e termico hanno prodotto il seguente diagramma.



Dall'osservazione di questo grafico e della tabella di calcolo utilizzata è stato possibile calcolare tutte le diverse energie necessarie alla verifica del raggiungimento della qualifica CAR (l'energia elettrica prodotta dal motore viene considerata come interamente consumata nello stabilimento):

Ore totali di funzionamento del motore	7.562 h
Ore di funzionamento a pieno carico del motore	2.602 h
Ore di funzionamento in modulazione del motore	4.960 h
Energia elettrica prodotta dal motore cogenerativo	7.138.513 kWh
Energia termica per assorbitore	2.885.216 kWh
Energia termica prodotta dal motore dissipata	1.102.702 kWh
Energia termica utile prodotta dal motore	8.219.203 kWh
Fabbisogno di energia termica totale	10.130.573 kWh
Fabbisogno di energia elettrica totale con assorbitore	8.048.544 kWh
Energia termica da produrre con i generatori di vapore	1.911.370 kWh
Energia elettrica da prelevare da rete	910.031 kWh
Energia immessa sotto forma di combustibile nel motore	17.983.301 kWh

La quantità di energia immessa sotto forma di combustibile nel motore cogenerativo è stata determinata con un procedimento del tutto simile al precedente: si sono plottati i valori di potenza immessa in funzione della potenza elettrica erogata (presenti sulla scheda tecnica per i diversi regimi di lavoro). Quindi si è ottenuto un grafico con tre punti distinti: si è ricavata allora una linea di tendenza con la relativa equazione (dove y corrisponde al valore di potenza immessa e x corrisponde al valore della potenza elettrica), la quale ha permesso di calcolare il valore della potenza immessa per ogni valore di potenza elettrica erogabile dal cogeneratore.



Mediante la procedura descritta all'interno dell'Allegato A, si sono determinati i diversi valori necessari alla verifica della qualifica CAR, e quindi:

$$CHPH\eta = \frac{E_{Termica\ utile}}{E_{Immessa}} = \frac{8.219.203}{17.983.301} = 0,457 \quad CHP\eta = \frac{E_{Elettrica\ prodotta}}{E_{Immessa}} = \frac{7.138.513}{17.983.301} = 0,397$$

$$RefH\eta = 0,9$$

$$RefE\eta_{partenza} = 0,525$$

Applico i coefficienti correttivi:

$$RefE\eta = (RefE\eta_{partenza} + f_1) * f_2 = (0,525 + 0,369) * 0,925 = 0,489$$

E quindi si è calcolato il valore del PES come:

$$PES = \left[1 - \frac{1}{\frac{CHPH\eta}{RefH\eta} + \frac{CHPE\eta}{RefE\eta}} \right] * 100 = \left[1 - \frac{1}{\frac{0,457}{0,9} + \frac{0,397}{0,489}} \right] * 100 = 24,22\%$$

Il valore del PES risulta maggiore al 10% imposto dalla legge, questa condizione risulta quindi rispettata. Manca la verifica del rendimento globale:

$$\eta_I = \frac{E + H}{F} = \frac{7.138.513 + 8.219.203}{17.983.301} = 0,854$$

Anche in questo caso il valore è superiore al limite di $\eta_I=0,75$ imposto dalla legge, quindi è possibile affermare che l'impianto risulta Cogenerativo ad Alto Rendimento (CAR). Gli altri vincoli descritti nel Capitolo 1, ossia i vincoli di "Area", di potenza massima dell'impianto, e di natura giuridica risultano rispettati:

- La produzione e l'utilizzo dell'energia avvengono interamente all'interno di un'area senza soluzione di continuità, la cui proprietà è dell'azienda;
- L'azienda è in questo caso specifico produttore, cliente, ed ha un'unica unità di consumo;
- La potenza elettrica dell'impianto installato è inferiore a 20 MW;
- L'impianto installato è Cogenerativo ad Alto Rendimento (CAR).

Di conseguenza risulta possibile l'ottenimento della qualificazione SEU, con le relative agevolazioni tariffarie.

6.4 – Calcolo delle emissioni di CO₂ evitate

Il corretto dimensionamento di un impianto di cogenerazione permette di ottenere, oltre ad un risparmio di energia primaria, un risparmio della CO₂ prodotta. Nota la configurazione d'impianto, per il calcolo della CO₂ risparmiata si è scelto di far fede alla norma UNI 11300 parte quarta, che mediante il prospetto 8 fornisce i fattori di emissione di CO₂ riportati di seguito [7].

Prospetto 8 - Fattori di emissione di CO₂

Vettore energetico	k _{em} [kg CO ₂ /kWh]
Gas naturale	0,1998
GPL	0,2254
Gasolio	0,2642
Olio combustibile	0,2704
Biomasse	0
Energia elettrica	0,4332
Energia termica da teleriscaldamento	Valore dichiarato da fornitore

Il calcolo della CO₂ risparmiata è stato effettuato considerando le equazioni:

$$CO_2 \text{ risparmiata} = CO_2 \text{ prima intervento} - CO_2 \text{ dopo intervento}$$

$$CO_2 \text{ risparmiata} = (M_1 * k_{em,gas} + E_1 * k_{em,ee}) - (M_2 * k_{em,gas} + E_2 * k_{em,ee})$$

Dove i pedici 1 e 2 identificano rispettivamente la situazione prima e dopo la costruzione dell'impianto; M è il consumo di energia immessa sotto forma di gas naturale, ed E è il consumo di energia elettrica. I pedici *gas* ed *ee* indicano rispettivamente il valore della costante per il gas naturale e per l'energia elettrica. Quindi si ottiene:

$$CO_2 \text{ risparmiata} = (17.838.835 * 0,1998 + 8.893.875 * 0,4332) - (30.207.413 * 0,1998 + 910.031 * 0,4332)$$

$$CO_2 \text{ risparmiata} = 987.359 \text{ kg}_{CO_2}$$

Dove l'energia è espressa in [kWh]; i valori di M considerano il consumo totale di gas naturale, e quindi anche la parte utilizzata per la cottura dei prodotti e la parte bruciata nei generatori di vapore per coprire il fabbisogno termico quando i prodotti di cogenerazione non siano sufficienti. Si può quindi affermare che l'introduzione dell'impianto di trigenerazione permette di evitare l'emissione di circa 987 t_{CO₂} in atmosfera ogni anno.

materie prime, tuttora la macchina 13 non viene utilizzata in riscaldamento, quindi sussiste la possibilità di non intervenire e di risparmiare sul costo della posa della tubazione e della sostituzione della batteria di riscaldamento. I pastorizzatori devono essere mantenuti funzionanti a vapore. Fattore non secondario è la presenza di sostegni per le tubazioni, il cui costo quindi consterebbe soltanto in posa della tubazione e isolamento della stessa. Infine, risulterebbe necessario un adeguamento della centrale termica; in quanto sarebbe necessario introdurre un collettore di mandata delle linee ed un collettore di ritorno, più la linea di collegamento dal motore ai collettori. Sono state considerate tre possibili soluzioni per quanto riguarda l'introduzione delle linee dell'acqua calda, e di seguito verranno analizzate.

Soluzione 1

Si tratta di costruire un'unica linea che vada ad alimentare le macchine 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 20: vengono escluse le macchine 18 e 5 che servono soltanto per effettuare il raffreddamento dei prodotti in uscita dai forni. Viene esclusa anche la macchina 13, in quanto viene utilizzata solo per il raffrescamento del magazzino materie prime. Le macchine 20, 7, e 8 hanno bisogno di umidificazione, quindi è possibile considerare oltre alla sostituzione della batteria di riscaldamento

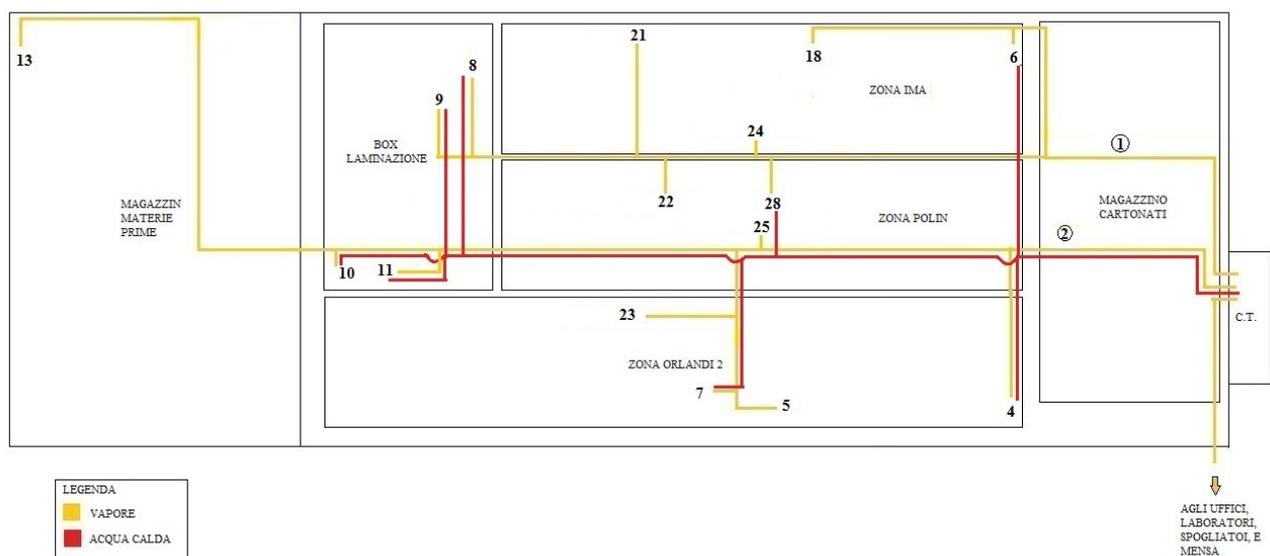


FIGURA 34 - SOLUZIONE 1

anche l'adeguamento dell'umidificatore nel caso in cui non si voglia più effettuare umidificazione attraverso l'utilizzo di vapore. Alla linea principale vengono allacciate anche le altre macchine che al momento sono collegate ad una linea separata del vapore. Considerando che la somma delle potenze nominali delle diverse macchine che si vanno ad alimentare con acqua calda consta in 1482,4 kW,

imponendo un ΔT alle batterie di riscaldamento di 10°C si ottiene una portata al ramo principale della linea pari a $35,41 \text{ l/s}$, e quindi l'adozione di una tubazione di DN 200 [11]. La lunghezza della tubazione valutata come lunghezza del ramo principale più tutti gli allacciamenti necessari all'alimentazione delle macchine risulta pari a 619 m. Ovviamente oltre alla posa della tubazione dovrà essere valutato anche l'utilizzo di valvole lungo il percorso della linea, la sostituzione delle batterie alettate (ad esclusione della macchina 9 che risulta essere già dotata di batteria ad acqua calda) e tutte le modifiche effettuabili all'interno della centrale termica. Vantaggio di questa soluzione è il fatto di avere la totalità delle macchine addette alla produzione in grado di funzionare con acqua calda; gli svantaggi consistono nel fatto che la tubazione di alimentazione risulta avere un diametro importante, quindi è necessario verificare che i sostegni presenti siano adeguati alla tubazione scelta, oltre al fatto di garantirne lo spazio necessario all'effettiva posa. Di non secondaria importanza, questa soluzione potrebbe richiedere l'utilizzo di diverse valvole per il bilanciamento del circuito.

Soluzione 2

Si tratta di costruire due linee di alimentazione indipendenti: una che vada ad alimentare le macchine 6, 8, 9 e 28 (LINEA A) ed un'altra che alimenti le macchine 4, 5, 7, 10 e 11 (LINEA B). Vengono escluse le macchine 18 e 5 che servono solo per effettuare il raffreddamento dei prodotti in uscita dai forni. Viene esclusa anche la macchina 13, in quanto viene utilizzata solo per il raffreddamento del magazzino materie prime. Le macchine 20, 7, e 8 hanno bisogno di umidificazione, quindi al costo di sostituzione della batteria di riscaldamento è possibile aggiungere un ulteriore costo per

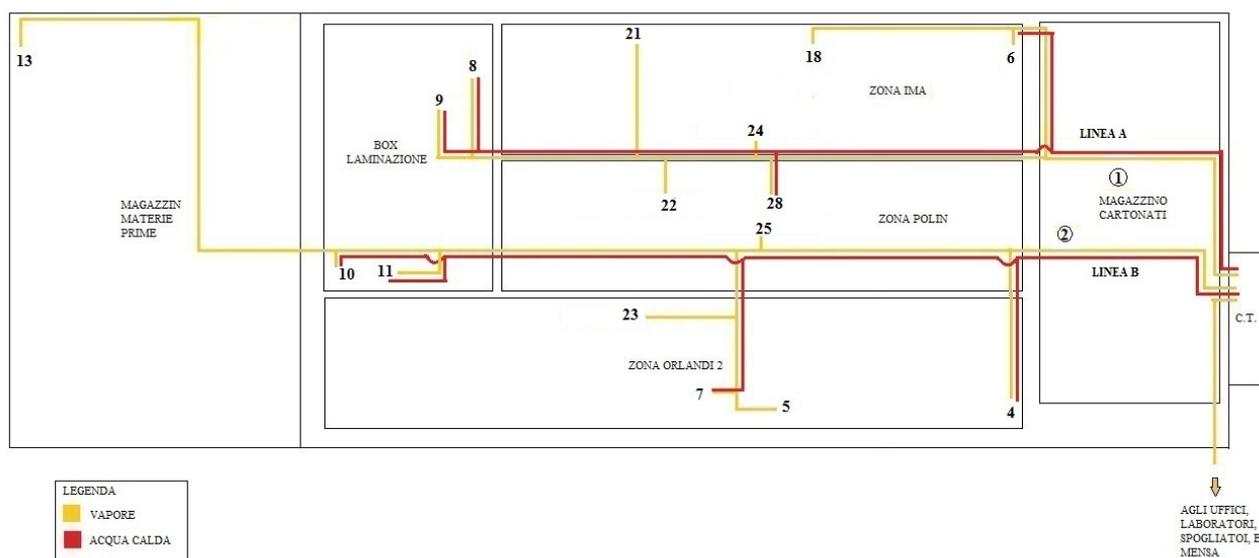


FIGURA 35 - SOLUZIONE 2

l'adeguamento dell'umidificatore nel caso in cui non si voglia più effettuare umidificazione attraverso l'utilizzo di vapore. Considerando che:

- Per la LINEA A la somma delle potenze nominali delle diverse macchine che si vanno ad alimentare con acqua calda consta in 1005 kW, imponendo un ΔT alle batterie di riscaldamento di 10°C si ottiene una portata al ramo principale della linea pari a 24 l/s, e quindi l'adozione di una tubazione di DN 150 [11]. La lunghezza della tubazione valutata come lunghezza del ramo principale più tutti gli allacciamenti necessari all'alimentazione delle macchine risulta pari a 401 m. Ovviamente oltre alla posa della tubazione dovrà essere valutato anche l'utilizzo di valvole lungo il percorso della linea, la sostituzione delle batterie alettate (ad esclusione della macchina 9 che risulta essere già dotata di batteria ad acqua calda) e tutte le modifiche effettuabili all'interno della centrale termica;
- Per la LINEA B la somma delle potenze nominali delle diverse macchine che si vanno ad alimentare con acqua calda consta in 477,4 kW, imponendo un ΔT alle batterie di riscaldamento di 10°C si ottiene una portata al ramo principale della linea pari a 5,86 l/s, e quindi l'adozione di una tubazione di DN 100 [11]. La lunghezza della tubazione valutata come lunghezza del ramo principale più tutti gli allacciamenti necessari all'alimentazione delle macchine risulta pari a 441 m. Ovviamente oltre alla posa della tubazione dovrà essere valutato anche l'utilizzo di valvole lungo il percorso della linea, la sostituzione delle batterie alettate e tutte le modifiche effettuabili all'interno della centrale termica.

Anche in questo caso si riesce ad alimentare la totalità delle macchine addette alla produzione, il fatto di avere due circuiti distinti permettere di utilizzare tubazioni dal diametro più piccolo rispetto al caso precedente, ma i costi d'investimento iniziali saranno più elevati in quanto la lunghezza totale di posa delle linea risulta maggiore.

Soluzione 3

Si tratta di utilizzare un'unica linea di partenza dalla centrale termica, che va a suddividersi in due linee i cui percorsi sono rispettivamente quello della LINEA A e della LINEA B. In questo caso le

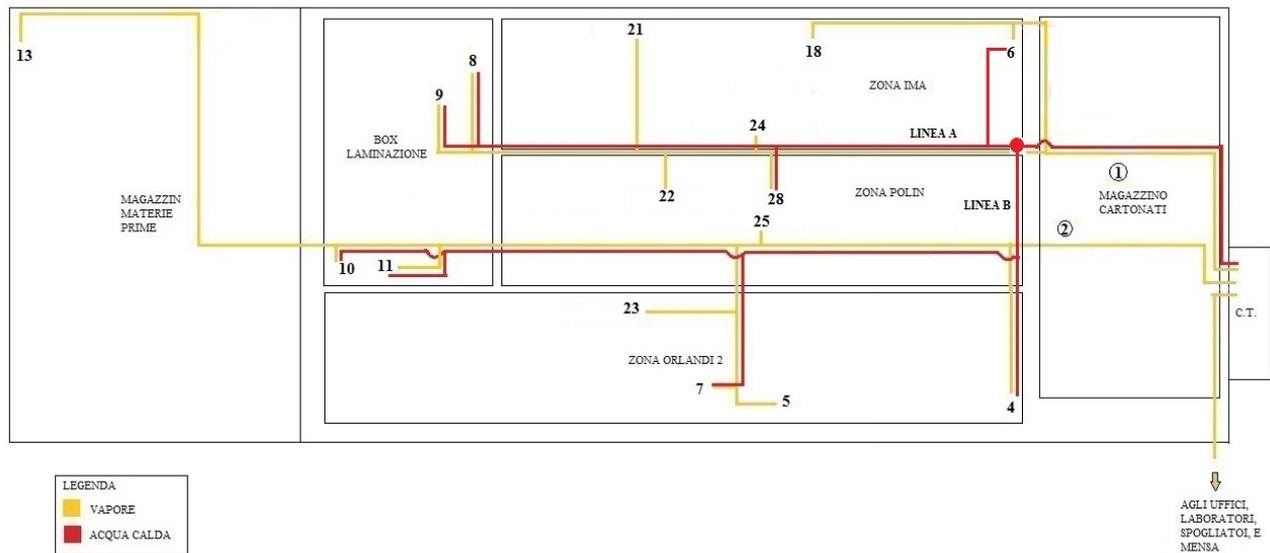


FIGURA 36 - SOLUZIONE 3

diverse tubazioni avranno le seguenti caratteristiche:

- Il ramo principale (parte in comune delle due linee) dovrà soddisfare all'intero fabbisogno termico, quindi considerando che la somma delle potenze nominali delle diverse macchine che si vanno ad alimentare con acqua calda consta in 1482,4 kW, imponendo un ΔT alle batterie di riscaldamento di 10°C si ottiene una portata al ramo principale della linea pari a 35,41 l/s, e quindi l'adozione di una tubazione di DN 200 [11] per una lunghezza del tratto preso in considerazione pari a 51 m;
- I due rami di alimentazione le cui caratteristiche saranno le stesse definite all'interno della *Soluzione 2*: la LINEA A avente DN 150, di lunghezza pari a 321 m, e la LINEA B avente DN 100, di lunghezza pari a 435 m.

Oltre alla posa della tubazione dovrà essere valutato anche l'utilizzo di valvole lungo il percorso della linea, la sostituzione delle batterie alettate e tutte le modifiche effettuabili all'interno della centrale termica.

Considerazioni sulle diverse soluzioni

La soluzione tecnicamente migliore risulta essere la *Soluzione 2*; i costi, almeno per quanto riguarda la posa della tubazione, possono essere più elevati, ma il bilanciamento del circuito e i diametri in gioco permettono un controllo ed una lavorazione in fase di posa della linea meno complicate. Il vantaggio di questa soluzione sta anche nel fatto che è possibile effettuare le modifiche in centrale termica e procedere con la posa delle linee per fasi diverse: può essere posata ad esempio soltanto una delle due linee (preferibilmente la linea A, dato che su di essa sono presenti le macchine più energivore) ed in periodi successivi effettuare la posa della linea rimanente. Le altre soluzioni prevedono che la modifica venga effettuata in un unico momento.

Zona Uffici/Laboratori

Un ampliamento di questo tipo di lavoro potrebbe essere la modifica delle tubazioni che vanno ad alimentare lo stabile in cui sono inseriti laboratori, uffici e spogliatoi: in questo caso le macchine addette a spogliatoi e sala fumatori andrebbero convertite ad acqua calda (sostituendo le batterie di riscaldamento come nel caso sopra citato); tutte le altre macchine invece risulterebbero già collegabili, visto che sono dotate di uno scambiatore sul posto acqua/vapore (e quindi basterebbe

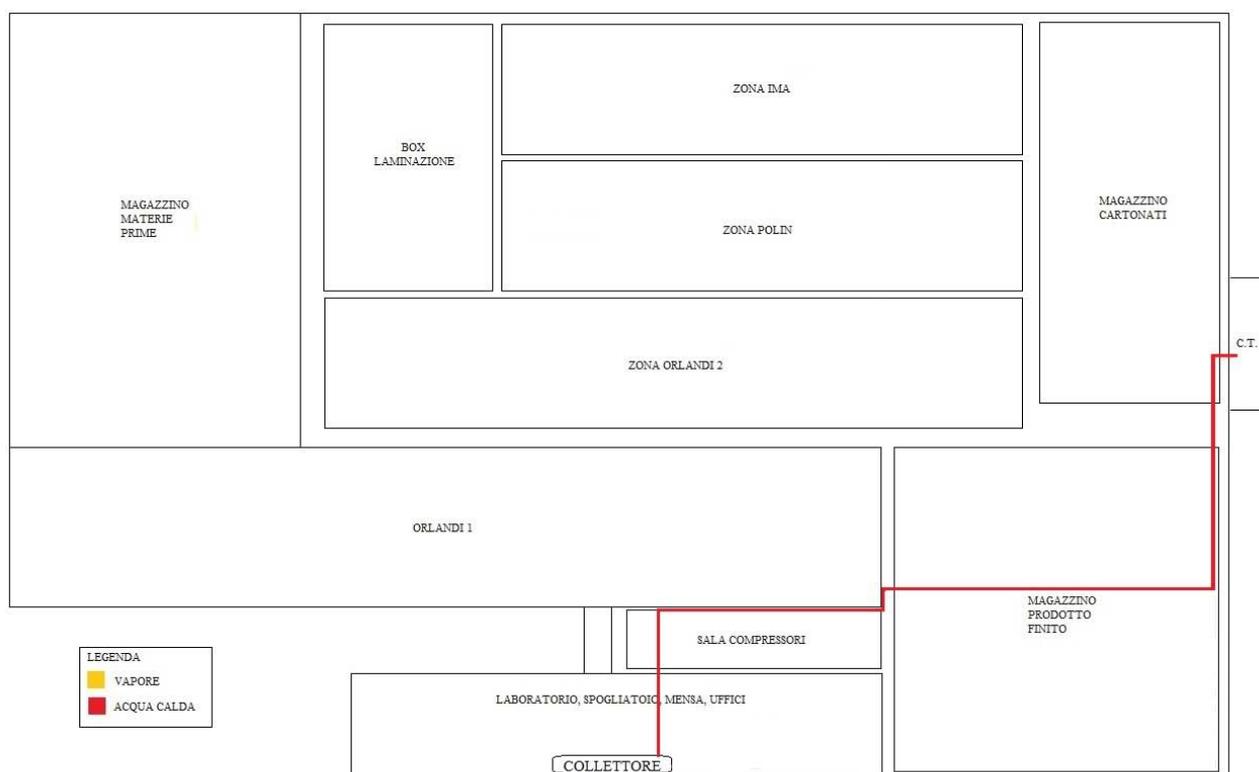


FIGURA 37 – POSSIBILE LINEA DI COLLEGAMENTO TRA CENTRALE TERMICA E COLLETORE

eliminare lo scambiatore ed effettuare l'allacciamento direttamente con la linea dell'acqua calda). La difficoltà in questo caso sta nel poter aggiungere una linea per il trasporto dell'acqua calda dalla centrale termica alle diverse macchine. Si potrebbe pensare all'utilizzo di una linea che vada ad alimentare un collettore, da cui possono partire tutte le linee dirette alle diverse UTA: sostanzialmente si potrebbe creare un circuito (dotato di pompa) per quanto riguarda la circolazione tra collettore e centrale termica, e quindi utilizzare il collettore come sottostazione da cui far partire tutte le linee (ognuna con una sua pompa di circolazione dedicata) verso l'utenza. Una possibile collocazione di questo collettore potrebbe essere nello scantinato, in modo da rendere la sua posizione sufficientemente centrale rispetto ai diversi carichi termici. Un'altra posizione possibile per il collettore potrebbe essere nello spazio al di sopra degli uffici, dove al momento è presente la macchina 17 (lo scantinato però permette di ottenere una posizione del collettore un po' più centrata rispetto alla disposizione dei carichi termici).

CONCLUSIONI

Il risparmio di energia primaria ottenuto risulta ampiamente superiore al limite imposto di legge, quindi gli obiettivi prefissati sono stati raggiunti. Dal punto di vista ambientale, distribuire la produzione di energia elettrica, significa molto spesso ridurre la produzione di macroinquinanti, come la CO₂ sul bilancio globale, ed in questo caso esiste una reale riduzione: ciò può divenire per l'azienda anche una risorsa commerciale. Questo tipo di intervento, inoltre, aumenta la sicurezza di approvvigionamento energetico, fattore non di poco conto: diversificare l'accesso all'energia significa svincolarsi da pressioni che potrebbero intaccare la normale operatività produttiva dell'azienda. Per quanto riguarda l'applicazione della ISO 50001, il piano energetico, la pianificazione dei lavori, e la definizione della linea base dei consumi dello stabilimento attraverso misurazioni, sono sostanzialmente tutto ciò che è stato svolto all'interno di questo lavoro di tesi. Il fatto di non aver potuto usufruire di misure dell'energia termica, ha fatto sì di dover svolgere delle stime di massima che inevitabilmente si sono ripercosse sull'accuratezza di tutto lo studio svolto, pur mantenendo una sua validità. Una volta realizzata l'installazione dell'impianto trigenerativo sarà quindi di primaria importanza poter disporre di strumenti di misura che permettano di determinare il fabbisogno di energia termica; solo in questo modo si potrà effettivamente dare un significato ben preciso al risparmio energetico attuato. Diretta conseguenza sarà la possibilità di effettuare un immediato controllo e revisione di tutti i punti presenti nelle linee guida dalla normativa. Futuri interventi potrebbero essere interessanti per quanto riguarda l'isolamento dell'involucro e delle superfici vetrate dell'edificio. A tutto questo lavoro si affianca comunque l'incertezza dettata dalle modifiche alle normative, che spesso il legislatore decide arbitrariamente di adottare e che impongono all'azienda aggiornamenti continui.

ALLEGATO A

Il Decreto Legislativo 8 febbraio 2007, n. 20 di attuazione della Direttiva Europea 2004/8/CE ha introdotto il nuovo concetto di Cogenerazione ad Alto Rendimento (CAR), definendo un unico parametro: il PES (Primary Energy Saving). Le modalità operative per il riconoscimento CAR e i dati necessari per il calcolo del PES sono descritti nel DM 4 agosto 2011, che integra il Decreto Legislativo 8 febbraio 2007, n. 20. Questo Decreto Legge introduce una serie di definizioni atte a delimitare il confine del sistema, descrivendo la cogenerazione come generazione simultanea in un unico processo di energia elettrica e energia termica. Il decreto indica le tipologie di impianti con i quali è possibile realizzare il processo di cogenerazione [7]. Il rendimento globale viene definito come:

$$\eta_I = \frac{E + H}{F}$$

Dove

- E è l'energia elettrica annua complessiva dell'unità misurata al punto di uscita dei generatori;
- H è l'energia termica utile annua;
- F è l'energia contenuta nel combustibile di alimentazione usato per il calore prodotto in un processo di cogenerazione e per la produzione lorda di elettricità.

Il valore limite di rendimento globale dipende dalla tecnologia impiegata, ed è definito nella seguente tabella [9]:

N.	Tecnologie di cogenerazione oggetto del DM 4 agosto 2011 (Allegato I)	η_{globale} , soglia
1	Turbina a gas a ciclo combinato con recupero di calore (con turbina a vapore a controcompressione)	80%
2	Turbina a gas a ciclo combinato con recupero di calore (con turbina a condensazione con estrazione di vapore)	80%
3	Turbina a vapore a controcompressione	75%
4	Turbina a condensazione con estrazione di vapore	80%
5	Turbina a gas con recupero di calore	75%
6	Motore a combustione interna	75%
7	Microturbina	75%
8	Motore Stirling	75%
9	Pila a combustibile	75%
10	Motore a vapore	75%
11	Ciclo Rankine a fluido organico	75%
12	Ogni altro tipo di tecnologia o combinazione di tecnologie che rientrano nelle definizioni di cui all'articolo 2, lettera a) del decreto legislativo 8 febbraio 2007, n.20	75%

Se l'unità di cogenerazione presenta rendimento globale annuo inferiore al valore limite esposto nella tabella precedente, si procede calcolando le grandezze in cogenerazione:

$$E_{CHP} = H_{CHP} * C$$

Dove:

- E_{CHP} è la quantità di energia elettrica da cogenerazione;
- H_{CHP} è la quantità di energia termica utile prodotta mediante cogenerazione (calcolata a questo fine come produzione totale di calore meno qualsiasi calore prodotto da generatori ausiliari all'impianto di cogenerazione);
- C è il rapporto tra energia elettrica ed energia termica, distinto per tipologia di impianto.

Quindi il PES (Primary Energy Saving) viene così definito:

$$PES = \left[1 - \frac{1}{\frac{CHPH\eta}{RefH\eta} + \frac{CHPE\eta}{RefE\eta}} \right] * 100$$

- PES è il risparmio di energia primaria;
- $RefH\eta$ è il valore di rendimento di riferimento per la produzione separata di calore;
- $RefE\eta$ è il valore di rendimento di riferimento per la produzione separata di elettricità;
- $CHPE\eta$ è il rendimento elettrico della produzione mediante cogenerazione;
- $CHPH\eta$ è il rendimento termico della produzione mediante cogenerazione.

Di seguito vengo riportate le tabelle relative alla determinazione dei valori di $RefH\eta$ e $RefE\eta$, con relativi fattori correttivi per $RefE\eta$ [10].

	Tipo di combustibile:	Vapore/acqua calda	Utilizzo diretto dei gas di scarico (1)
Solido	Carbone fossile/coke	88	80
	Lignite/mattonelle di lignite	86	78
	Torba/mattonelle di torba	86	78
	Combustibili a base di legno	86	78
	Biomasse di origine agricola	80	72
	Rifiuti (urbani) biodegradabili	80	72
	Rifiuti (urbani e industriali) non rinnovabili	80	72
	Scisti bituminosi	86	78
Liquido	Petrolio (gasolio + olio combustibile residuo), Gpl	89	81
	Biocarburanti	89	81
	Rifiuti non rinnovabili	80	72
Gassoso	Gas naturale	90	82
	Gas di raffineria/idrogeno	89	81
	Biogas	70	62
	Gas di cokeria, gas di altoforno + altri rifiuti gassosi	80	72

(1) Devono essere utilizzati i valori che si applicano al calore diretto se la temperatura è pari o superiore a 250 °C.

FIGURA 38 – TABELLA RELATIVA AI VALORI DI REFH (ESPRESSI IN %) IN FUNZIONE DEL COMBUSTIBILE UTILIZZATO

	Anno di costruzione:	1996 e precedenti	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006-2011
Solido	Tipo di combustibile:											
	Carbone fossile/coke	39.7	40.5	41.2	41.8	42.3	42.7	43.1	43.5	43.8	44.0	44.2
	Lignite/mattonelle di lignite	37.3	38.1	38.8	39.4	39.9	40.3	40.7	41.1	41.4	41.6	41.8
	Torbalmattonelle di torba	36.5	36.9	37.2	37.5	37.8	38.1	38.4	38.6	38.8	38.9	39.0
	Combustibili a base di legno	25.0	26.3	27.5	28.5	29.6	30.4	31.1	31.7	32.2	32.6	33.0
	Biomasse di origine agricola	20.0	21.0	21.6	22.1	22.6	23.1	23.5	24.0	24.4	24.7	25.0
	Rifiuti (urbani) biodegradabili	20.0	21.0	21.6	22.1	22.6	23.1	23.5	24.0	24.4	24.7	25.0
	Rifiuti (urbani e industriali) non rinnovabili	20.0	21.0	21.6	22.1	22.6	23.1	23.5	24.0	24.4	24.7	25.0
Scisti bituminosi	38.9	38.9	38.9	38.9	38.9	38.9	38.9	38.9	38.9	38.9	39.0	
Liquido	Petrolio (gasolio + olio combustibile residuo), Gpl	39.7	40.5	41.2	41.8	42.3	42.7	43.1	43.5	43.8	44.0	44.2
	Biocarburanti	39.7	40.5	41.2	41.8	42.3	42.7	43.1	43.5	43.8	44.0	44.2
	Rifiuti biodegradabili	20.0	21.0	21.6	22.1	22.6	23.1	23.5	24.0	24.4	24.7	25.0
	Rifiuti non rinnovabili	20.0	21.0	21.6	22.1	22.6	23.1	23.5	24.0	24.4	24.7	25.0
	Gas naturale	50.0	50.4	50.8	51.1	51.4	51.7	51.9	52.1	52.3	52.4	52.5
	Gas di raffineria/idrogeno	39.7	40.5	41.2	41.8	42.3	42.7	43.1	43.5	43.8	44.0	44.2
	Biogas	36.7	37.5	38.3	39.0	39.6	40.1	40.6	41.0	41.4	41.7	42.0
	Gas di cokeria, gas di altoforno, altri rifiuti gassosi, calore residuo recuperato	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35

FIGURA 39 – TABELLA RELATIVA AI VALORI DI REF E (ESPRESSI IN %) IN FUNZIONE DEL TIPO DI COMBUSTIBILE E DELL'ANNO DI COSTRUZIONE DELL'IMPIANTO. I VALORI 2006-2011 VALGONO ANCHE PER L'ANNO 2015.

Fattori di correzione legati alla zona climatica di installazione dell'impianto:

Zona climatica	Temperatura media (°C)	Fattore di correzione in punti percentuali
Zona A: Valle d' Aosta; Trentino Alto-Adige; Piemonte; Friuli-Venezia Giulia; Lombardia; Veneto; Abruzzo; Emilia-Romagna; Liguria; Umbria; Marche; Molise; Toscana	11,315	+0,369
Zona B: Lazio; Campania; Basilicata; Puglia; Calabria; Sardegna; Sicilia	16,043	-0,104

Fattori di correzione legati alle perdite di rete:

Tensione di collegamento alla rete elettrica	Per l'energia esportata verso la rete	Per l'energia elettrica consumata in loco
> 200 kV	1	0.985
100-200 kV	0.985	0.965
50-100 kV	0.965	0.945
0.4-50 kV	0.945	0.925
< 0.4 kV	0.925	0.860

Il caso preso in esame permette di ottenere fattori correttivi rispettivamente pari a $f_1 = +0,369$ (installazione eseguita in Veneto) e $f_2 = 0,925$ (categoria 0,4 - 50 kV, la produzione avviene per solo autoconsumo).

La qualifica di Cogenerazione ad Alto Rendimento (CAR) si ottiene se il valore di rendimento globale risulta superiore al valore limite riportato nella tabella precedente (dove i valori limite dipendono dal tipo di tecnologia impiegata), unitamente alle seguenti condizioni:

Taglia Unità	PES
>1 MWe	$\geq 10 \%$
Unità di piccola cogenerazione (>50 kWe \leq 1MWe)	> 0
Unità di micro cogenerazione (\leq 50 kWe)	> 0

Nel caso in esame, per essere CAR, devono essere quindi rispettati i valori di $\eta_l=0,75$ e PES $\geq 10\%$.

ALLEGATO B

I coefficienti correttivi nel calcolo delle potenze frigorifere sono stati utilizzati nei casi in cui non sono state rese disponibili delle misure dirette sull'assorbimento elettrico dei gruppi frigoriferi, per meglio leggere la correlazione tra temperatura esterna e funzionamento dei compressori, e quindi evidenziare il fattore climatico. L'energia frigorifera per questi mesi è stata ricavata dalla seguente equazione:

$$E_{frigorifera} = E_{elettrica} * COP_{medio} * C_{correttivo}$$

Dove l'energia elettrica e frigorifera sono espresse in [kWh]. La scelta dei coefficienti correttivi è stata effettuata arbitrariamente, andando a confrontare le temperature medie giornaliere ricavate dall'ARPAV [3] per l'anno intero. Per i mesi da Gennaio a Settembre si sono utilizzate le temperature

Stazione **Verona - Parco Adige Nord**

Giorno	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
1	-0.8	1.5	6.4	12.6	12.5	21.0	25.6	20.5	23.0	16.8	9.1	13.9
2	0.9	0.6	8.4	11.4	16.4	21.9	26.6	22.2	22.6	17.4	9.0	10.3
3	2.0	2.4	7.5	12.5	17.4	23.5	26.3	24.8	22.2	17.2	9.1	9.5
4	4.3	6.1	8.2	10.3	18.6	25.7	27.3	26.3	21.3	15.7	16.3	9.0
5	2.2	5.7	8.6	9.2	19.1	26.1	28.8	27.3	19.7	14.8	15.6	9.6
6	1.2	4.2	7.1	6.8	19.4	26.6	29.4	27.8	16.2	14.5	13.7	10.0
7	2.7	3.4	5.2	9.1	19.9	26.2	30.5	28.9	18.6	15.3	13.3	9.0
8	4.0	1.2	5.6	9.8	19.4	24.7	29.3	29.0	18.6	17.2	14.2	6.1
9	2.2	0.7	6.0	11.0	19.2	22.0	26.5	28.5	17.9	18.1	13.4	7.8
10	1.8	1.9	6.7	12.7	19.2	24.4	25.5	26.3	19.9	18.9	13.9	3.7
11	1.6	3.2	9.8	12.0	20.2	23.5	25.0	25.6	18.6	19.6	15.0	2.5
12	2.3	4.4	7.7	13.3	20.1	24.2	26.7	26.7	19.2	18.3	16.6	2.9
13	2.7	6.2	7.3	15.0	19.1	24.7	27.5	27.2	19.1	17.6	13.4	5.7
14	4.1	6.1	7.1	15.7	21.0	21.0	28.2	26.6	21.4	16.3	13.1	6.6
15	4.4	9.3	8.3	16.3	19.0	21.5	28.7	24.4	19.4	17.4	13.6	8.4
16	8.4	9.4	9.8	15.6	20.1	21.0	29.5	21.1	21.1	17.1	11.6	8.8
17	9.1	8.0	12.5	13.7	21.2	20.4	29.5	23.1	22.7	18.5	8.9	8.6
18	-	4.0	9.1	11.5	20.4	21.2	28.8	23.0	22.0	17.4	9.3	5.7
19	-	3.0	8.7	11.0	21.4	22.2	29.3	18.5	18.1	17.8	6.9	6.1
20	1.4	3.0	9.1	10.9	17.2	20.0	28.8	22.2	18.2	18.1	5.2	5.8
21	4.9	6.1	9.7	-	14.2	20.2	30.2	21.0	18.9	18.9	6.3	6.2
22	7.2	6.8	9.1	16.3	14.1	21.7	30.7	20.8	18.2	14.0	6.0	4.5
23	4.8	6.5	9.7	15.4	13.7	22.4	30.1	20.6	17.0	12.4	5.1	4.3
24	5.2	6.8	11.9	14.8	16.3	19.8	29.2	21.3	13.7	13.4	6.8	4.8
25	5.0	7.7	12.6	14.3	18.1	20.1	27.2	22.1	16.6	13.4	7.5	3.9
26	2.9	7.7	11.2	15.1	17.6	21.9	25.9	22.1	16.6	11.8	8.6	1.1
27	0.6	7.6	12.3	14.3	17.6	23.1	26.2	23.6	17.5	7.8	8.0	-0.6
28	1.5	6.6	13.3	16.0	17.9	23.6	27.4	24.4	17.2	7.1	9.7	0.0
29	1.5	-	11.0	15.1	17.9	25.2	25.6	24.9	16.8	6.4	11.3	2.9
30	2.3	-	12.8	14.6	19.0	24.0	24.6	24.9	14.9	7.2	11.3	-0.8
31	1.0	-	13.2	-	20.1	-	24.0	24.1	-	8.1	-	-2.5

relative al 2015 (valori in nero), essendo disponibili; per i mesi mancanti invece si sono utilizzati i dati del 2014 (valori in azzurro). Si sono quindi confrontati i diversi valori di energia e di potenza massima e minima assorbita con le corrispettive temperature medie giornaliere, ed in funzione di queste osservazioni si sono imposti arbitrariamente dei coefficienti correttivi, da applicare per la definizione degli assorbimenti nei periodi mancanti. La scelta del coefficiente correttivo è stata effettuata anche in funzione della stagione di appartenenza della settimana di riferimento considerata per ogni caso.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Norma Europea UNI CEI EN ISO 50001 Sistemi di gestione dell'energia, requisiti e linee guida per l'uso
- [2] GSE, Sistemi semplici di produzione e consumo. Regole applicative per la presentazione della richiesta e il conseguimento della qualifica di SEU e SEESEU per i Sistemi entrati in esercizio entro il 31/12/2014
- [3] www.arpa.veneta.it/bollettini/storico/2015
- [4] <http://www.vaporusa.com/>
- [5] <http://www.ksb.com/ksb-it/>
- [6] <http://www.oppo.it/>
- [7] G. Leone, Studio di fattibilità di un impianto di cogenerazione in un sito industriale, Tesi di Laurea Magistrale in Ingegneria Energetica, Anno Accademico 2014-2015, Università degli studi di Padova
- [8] <http://refprop.software.informer.com/9.0/>
- [9] GSE, Guida alla cogenerazione ad alto rendimento CAR 2012
- [10] Ministero dello Sviluppo Economico, Decreto 4 Agosto 2011
- [11] <http://www.oppo.it/tabelle/p-carico-acciaio-sald600.htm>