

POLITECNICO DI TORINO

Collegio di Ingegneria Energetica

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Energetica e Nucleare



**Diagnosi energetica strumentale di un'industria multi-sito: il
rispetto della normativa e le esigenze della produzione**

Relatore: prof. Marco Carlo Masoero

Correlatore: ing. Jacopo Toniolo

Candidata: Daniela Capietto

Ottobre 2019

Indice

1	Introduzione	15
1.1	Situazione energetica mondiale	16
1.2	Situazione energetica in Europa	18
1.3	Consumi energetici in Italia	21
1.3.1	Consumi energetici del settore industriale	23
1.4	Importanza dell'efficienza energetica	25
1.4.1	Il contesto europeo e nazionale	26
2	La Diagnosi Energetica	29
2.1	Normativa di Riferimento	29
2.2	Diagnosi Energetica nel settore industriale	33
2.2.1	Elementi del processo di Diagnosi Energetica	33
2.2.2	Definizione dei soggetti obbligati	34
2.2.3	Il rapporto di Diagnosi Energetica	36
2.2.4	Lo schema energetico aziendale	38
2.2.5	Monitoraggio dei consumi	40
3	Caso pratico	45
3.1	Dati del sito oggetto di analisi	47
3.1.1	Attività principali	47
3.1.2	Servizi ausiliari	47
3.1.3	Servizi generali	47
3.2	Processo produttivo	49
4	Analisi energetica	51
4.1	Analisi dei consumi storici	51
4.2	Indicatori energetici	57
4.3	Monitoraggio e controllo	58
4.3.1	Strumenti di misura	59
4.3.2	Distribuzione elettrica e strategia di monitoraggio	60
4.4	Modelli energetici	62

4.4.1	Energia elettrica	62
4.4.2	Gas naturale	73
4.4.3	Gasolio	73
4.5	Sintesi risultati degli altri stabilimenti	73
4.5.1	Sito 2	74
4.5.2	Sito 3	81
4.5.3	Sito 4	84
4.5.4	Sito 5	90
4.5.5	Sito 6	96
5	Interventi di risparmio energetico	107
5.1	Adozione di un sistema di monitoraggio fisso	107
5.2	Bonifica delle perdite sulla rete di aria compressa	109
5.3	Corretto utilizzo degli impianti di aspirazione	111
5.4	Rifasamento elettrico	111
6	Conclusioni	115
A	Sito 2	119
B	Sito 3	131
C	Sito 4	141
D	Sito 5	151
E	Sito 6	159

Elenco delle figure

1.1	Domanda di energia primaria mondiale (fonte: IEA).	16
1.2	Consumo totale di energia mondiale (fonte: IEA).	17
1.3	Trend degli usi finali di energia per settore (fonte: IEA).	18
1.4	Produzione europea di energia primaria per combustibili - 2016 (fonte: Eurostat).	19
1.5	Produzione europea di energia primaria per combustibile dal 1990 al 2016 (fonte: IEA).	19
1.6	Consumo di energia primaria per settore dal 1990 al 2016 (fonte: IEA).	21
1.7	Produzione energia primaria (%), 2017 (fonte : IEA).	22
1.8	Domanda di energia primaria per fonte (<i>Mtep</i>), anni 1990-2018 (fonte:IEA).	23
1.9	Domanda di energia primaria per fonte (%), anni 1990 (a sinistra) e 2017 (a destra) (fonte: Eurostat).	23
1.10	Consumo totale di energia in Italia per settore nel 1990 (a sinistra) e nel 2017 (a destra) (fonte: IEA).	24
1.11	Impieghi finali di energia per settore (<i>Mtep</i>), anni 1990-2015 (fonte: IEA).	24
1.12	Consumo energetico nell'industria per fonte (<i>Mtep</i>), anni 1990-2017 (fonte: Eurostat).	25
1.13	Sintesi dei risparmi cumulati attesi di energia finale (<i>Mtep</i>) per misura, periodo 2021-2030.[9]	28
2.1	Storia delle normativa per la Diagnosi Energetica. [9]	30
2.2	Fasce di campionamento per imprese industriali.[5]	35
2.3	Schema energetico aziendale.[5]	38
2.4	Percentuale dei siti su cui adottare il piano di misurazioni e/o monitoraggio per siti industriali.[5]	41
3.1	Planimetria stabilimento Sito 1.	48
3.2	Processo produttivo Sito 1.	49
3.3	Immagini stabilimento.	50
4.1	Analisi energia elettrica Sito 1.	53

4.2	Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala completa) Sito 1.	54
4.3	Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala dei minimi) Sito 1.	54
4.4	Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala dei massimi) Sito 1.	55
4.5	Ripartizione dei consumi per turni di lavoro Sito 1.	55
4.6	Analisi gas naturale Sito 1.	56
4.7	Confronto EE-GN (<i>tep</i>) Sito 1.	56
4.8	EnPi Sito 1.	58
4.9	DENT - ELITEpro XC (a sinistra) e Rogowsky coil (a destra).	59
4.10	e-Gauge e Rogowsky coil.	60
4.11	Distribuzione elettrica del Sito 1.	61
4.12	Riepilogo consumi Sito 1.	63
4.13	Consumi aree funzionali Sito 1.	63
4.14	Andamento orario presse M1-M5 Sito 1.	64
4.15	Andamento orario presse M14-M15 Sito 1.	65
4.16	Andamento orario presse M6-M10 Sito 1.	65
4.17	Andamento orario presse M16-M17 Sito 1.	65
4.18	Suddivisione consumi attività principali Sito 1.	66
4.19	Andamento orario compressori Sito 1.	67
4.20	Andamento orario pompe e aspirazione Sito 1.	67
4.21	Calcolo consumo aspiratori Sito 1.	68
4.22	Suddivisione consumi servizi ausiliari Sito 1.	69
4.23	Andamento orario luci fonderia Sito 1.	70
4.24	Andamento orario servizi uffici Sito 1.	70
4.25	Suddivisione consumi servizi generali Sito 1.	71
4.26	Diagramma di Sankey dei consumi.	72
4.27	Modello GN Sito 1.	73
4.28	Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala completa) Sito2 (POD 054).	74
4.29	Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala dei minimi) Sito 2 (POD 054).	75
4.30	Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala dei massimi) Sito 2 (POD 054).	75
4.31	Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala completa) Sito2 (POD 145).	76
4.32	Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala dei minimi) Sito2 (POD 145).	77
4.33	Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala dei massimi) Sito2 (POD 145).	77
4.34	Ripartizione dei consumi del 2018 per turni di lavoro Sito 2.	78
4.35	EnPi Sito 2.	79
4.36	Distribuzione elettrica di Sito 2 - POD IT-054.	79
4.37	Distribuzione elettrica di Sito 2 - POD IT-145.	80
4.38	Distribuzione elettrica di Sito 2 - POD IT-939.	80
4.39	Modello EE Sito 2.	80
4.40	Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala completa) Sito 3.	81

4.41	Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala dei minimi) Sito 3.	82
4.42	Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala dei massimi) Sito 3.	82
4.43	Ripartizione dei consumi del 2018 per turni di lavoro Sito 3.	83
4.44	EnPi Sito 3.	83
4.45	Distribuzione elettrica Sito 3.	85
4.46	Modello EE Sito 3.	85
4.47	Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala completa) Sito 4.	86
4.48	Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala dei minimi) Sito 4.	87
4.49	Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala dei massimi) Sito 4.	87
4.50	Ripartizione dei consumi del 2018 per turni di lavoro Sito 4.	88
4.51	EnPi Sito 4.	89
4.52	Distribuzione elettrica Sito 4.	89
4.53	Modello EE Sito 4.	90
4.54	Modello GN Sito 4.	91
4.55	Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala completa) Sito 5.	91
4.56	Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala dei minimi) Sito 5.	92
4.57	Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala dei massimi) Sito 5.	93
4.58	Ripartizione dei consumi del 2018 per turni di lavoro Sito 5.	93
4.59	EnPi Sito 5.	94
4.60	Distribuzione elettrica Sito 5.	95
4.61	Modello EE Sito 5.	95
4.62	Modello GN Sito 5.	96
4.63	Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala completa) Sito 6 (POD 805).	97
4.64	Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala dei minimi) Sito 6 (POD 805).	97
4.65	Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala dei massimi) Sito 6 (POD 805).	98
4.66	Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala completa) Sito 6 (POD 806).	99
4.67	Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala dei minimi) Sito 6 (POD 806).	99
4.68	Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala dei massimi) Sito 6 (POD 806).	100
4.69	Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala completa) Sito 6 (POD 324).	101
4.70	Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala dei minimi) Sito 6 (POD 324).	101
4.71	Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala dei massimi) Sito 6 (POD 324).	102
4.72	Ripartizione dei consumi del 2018 per turni di lavoro Sito 6.	102
4.73	EnPi Sito 6.	103
4.74	Distribuzione elettrica Sito 6.	104
4.75	Modello EE Sito 6.	105
5.1	Risparmio annuo vs investimento- sistema di monitoraggio fisso.	109
5.2	Stima annua delle perdite nella rete dell'aria compressa.	110
5.3	Gestione impianto di aspirazione.	111

5.4	Andamento fattore di potenza fascia 1.	113
5.5	Andamento fattore di potenza fascia 2.	113
5.6	Andamento fattore di potenza fascia 3.	114
5.7	Penale $\cos\phi < 0,95$	114
A.1	Planimetria stabilimento Sito 2.	120
A.2	Processo produttivo Sito 2.	121
A.3	Analisi energia elettrica Sito 2.	122
A.4	Analisi gas naturale Sito 2.	122
A.5	Confronto EE-GN (<i>tep</i>) Sito 2.	122
A.6	Settimana tipo Lavatrice Sito 2.	124
A.7	Settimana tipo Blindo 1 Sito 2.	124
A.8	Settimana tipo Blindo 3 Sito 2.	125
A.9	Settimana tipo Blindo 4 Sito 2.	125
A.10	Andamento orario Blindo 250 off. 6_3 Sito 2.	125
A.11	Suddivisione consumi attività principali Sito 2.	126
A.12	Settimana tipo Impianto acqua emulsionata Sito 2.	126
A.13	Settimana tipo Linea trasporto pezzi Sito 2.	126
A.14	Settimana tipo Refrigerazione acqua emulsionata Sito 2.	127
A.15	Suddivisione consumi servizi ausiliari Sito 2.	127
A.16	Settimana tipo Illuminazione Sito 2.	127
A.17	Settimana tipo Quadro ausiliari Sito 2.	128
A.18	Andamento orario quadro luci e uffici off.6_3. Sito 2	128
A.19	Suddivisione consumi servizi generali Sito 2.	128
A.20	Andamento giornaliero consumi GN 2018, PDR 700 Sito 2.	129
A.21	Andamento giornaliero consumi GN 2018, PDR 826 Sito 2.	129
B.1	Planimetria stabilimento Sito 3.	132
B.2	Processo produttivo Sito 3 e 4.	132
B.3	Analisi energia elettrica Sito 3.	133
B.4	Analisi gas naturale Sito 3.	134
B.5	Confronto EE-GN (<i>tep</i>) Sito 3.	134
B.6	Andamento orario Blindo 1 Sito 3.	136
B.7	Andamento orario Blindo 2 Sito 3.	136
B.8	Andamento orario Blindo 4 Sito 3.	136
B.9	Suddivisione consumi attività principali Sito 3.	137
B.10	Andamento orario Compressori Sito 3.	137
B.11	Andamento orario Ricarica muletti Sito 3.	137
B.12	Suddivisione consumi servizi ausiliari Sito 3.	138
B.13	Andamento orario Ufficio logistica Sito 3.	138

B.14	Andamento orario Luce magazzino Sito 3.	138
B.15	Andamento orario Uffici spogliatoi Sito 3.	139
B.16	Suddivisione consumi servizi generali Sito 3.	139
B.17	Andamento giornaliero consumi GN 2018 Sito 3.	140
C.1	Planimetria stabilimento Sito 4.	142
C.2	Analisi energia elettrica Sito 4.	143
C.3	Analisi gas naturale Sito 4.	144
C.4	Confronto EE-GN (<i>tep</i>) Sito 4.	144
C.5	Andamento orario Blindo 1 Sito 4.	146
C.6	Andamento orario Blindo 2 Sito 4.	146
C.7	Andamento orario Blindo 2_2 Sito 4.	146
C.8	Andamento orario Blindo 4 Sito 4.	147
C.9	Andamento orario Blindo 2_1 Sito 4.	147
C.10	Andamento orario Linea presse Sito 4.	147
C.11	Suddivisione consumi attività principali Sito 4.	148
C.12	Andamento orario Compressori Sito 4.	148
C.13	Andamento orario Aspirazione Sito 4.	148
C.14	Suddivisione consumi servizi ausiliari Sito 4.	149
C.15	Andamento orario Uffici piano terra Sito 4.	149
C.16	Andamento orario Uffici primo piano Sito 4.	149
C.17	Andamento orario Sala metrologica Sito 4.	150
C.18	Suddivisione consumi servizi generali Sito 4.	150
C.19	Andamento giornaliero consumi GN 2018 Sito 4.	150
D.1	Planimetria stabilimento Sito 5.	152
D.2	Processo produttivo Sito 5.	153
D.3	Analisi energia elettrica Sito 5.	153
D.4	Analisi gas naturale Sito 5.	154
D.5	Confronto EE-GN (<i>tep</i>) Sito 5.	154
D.6	Andamento orario Blindo 1 e 2 Sito 5.	155
D.7	Suddivisione consumi attività principali Sito 5.	155
D.8	Andamento orario Pompe Sito 5.	155
D.9	Andamento orario Compressori Sito 5.	156
D.10	Suddivisione consumi servizi ausiliari Sito 5.	156
D.11	Andamento orario Quadro mensa Sito 5.	156
D.12	Suddivisione consumi servizi generali Sito 5.	157
D.13	Andamento giornaliero consumi GN 2018, PDR 260 Sito 5.	157
D.14	Andamento giornaliero consumi GN 2018, PDR 426 Sito 5.	158

E.1	Planimetria stabilimento Sito 5.	160
E.2	Processo produttivo Sito 6.	161
E.3	Analisi energia elettrica Sito 6.	161
E.4	Analisi gas naturale Sito 6.	162
E.5	Andamento orario Blindo 1 Sito 6.	162
E.6	Andamento orario Blindo 2 Sito 6.	164
E.7	Andamento orario Blindo 3 Sito 6.	164
E.8	Andamento orario Blindo 4 Sito 6.	164
E.9	Andamento orario Linea 3 (420 II/V) Sito 6.	165
E.10	Andamento orario Linea 3 (420 III/IV) Sito 6.	165
E.11	Andamento orario Quadro luci Sito 6.	165
E.12	Andamento orario Linea A Sito 6.	166
E.13	Andamento orario Linea forni rep. B Sito 6.	166
E.14	Andamento orario Compressore ed essicatore Sito 6.	166
E.15	Andamento orario Granulatore Sito 6.	167

Elenco delle tabelle

1.1	Consumo di energia primaria per settore al 2016 (fonte: Eurostat).	20
2.1	Soglie percentuali di copertura dei piani di misurazione e/o monitoraggio. . .	42
3.1	Fatturato e bilancio.	45
4.1	Consumi storici GN e EE (2016, 2017 e 2018) Sito 1.	52
4.2	Spesa GN EE 2018 Sito 1.	52
4.3	EnPi Sito 1.	57
4.4	Campagna di monitoraggio.	59
4.5	Attività principali Sito 1.	64
4.6	Servizi ausiliari Sito 1.	67
4.7	Servizi generali Sito 1.	69
4.8	EnPi Sito 2.	78
4.9	EnPi Sito 3.	84
4.10	EnPi Sito 4.	88
4.11	EnPi Sito 5.	94
4.12	EnPi Sito 6.	103
5.1	Analisi tecnico-economica sistema di monitoraggio fisso.	108
5.2	Analisi perdite rete aria compressa.	110
5.3	Analisi tecnico-economica gestione impianto di aspirazione.	111
A.1	Consumi storici GN e EE (2016, 2017 e 2018) Sito 2.	121
A.2	Attività principali Sito 2.	123
A.3	Servizi ausiliari Sito 2.	123
A.4	Servizi generali Sito 2.	124
B.1	Consumi storici GN e EE (2016, 2017 e 2018) Sito 3.	133
B.2	Attività principali Sito 3.	134
B.3	Servizi ausiliari Sito 3.	135
B.4	Servizi generali Sito 3.	135

ELENCO DELLE TABELLE

C.1	Consumi storici GN e EE (2016, 2017 e 2018) Sito 4.	143
C.2	Attività principali Sito 4.	144
C.3	Attività principali e servizi ausiliari Sito 4.	145
C.4	Servizi generali Sito 4.	145
D.1	Consumi storici GN e EE (2016, 2017 e 2018) Sito 5.	152
D.2	Linee monitorate Sito 5.	154
E.1	Consumi storici EE (2016, 2017 e 2018) Sito 6.	160
E.2	Linee monitorate Sito 6 (parte I).	162
E.3	Linee monitorate Sito 6 (parte II).	163
E.4	Linee monitorate Sito 6 (parte III).	163

Sommario

Il problema energetico è uno dei temi più attuali di questi tempi; la domanda energetica in continua crescita e la sostenibilità ambientale risultano essere infatti incompatibili tra di loro a causa delle tecnologie in uso e dell'attuale gestione dell'energia da parte dell'uomo. Il sistema energetico mondiale al giorno d'oggi è basato principalmente su combustibili fossili, il cui utilizzo comporta la massiccia emissione di gas inquinanti che sono assai dannosi per l'ambiente. Il risparmio energetico e la riduzione degli sprechi sono fondamentali per poter muoversi verso un modello energetico in cui le fonti di energia "pulite" siano dominanti. La gestione corretta e razionale dell'energia porta a un significativo risparmio energetico e alla riduzione dell'impatto ambientale di cui i processi umani sono responsabili. In questo lavoro si tratta il tema dell'energia in ambito industriale, focalizzandosi in particolare sulla diagnosi energetica e mostrando come essa sia un valido strumento di analisi per individuare gli sprechi energetici e la cattiva gestione dell'energia nei processi industriali. Il rispetto della normativa, tuttavia, non sempre è in linea con le esigenze di produzione, a causa delle difficoltà che si incontrano nell'installazione di un sistema di monitoraggio fisso; per questo motivo si ricorre a campagne di misura svolte con strumenti portatili, che portano comunque a risultati significativi. Si riportano i casi studio di sei aziende operanti in ambito metalmeccanico. Per ogni sito, grazie ai dati raccolti, è stato ricostruito il modello energetico aziendale e da tale studio si sono potuti individuare gli interventi, di tipo tecnologico e gestionale, che permettono di risparmiare significative quantità di energia, ridurre gli sprechi e portare al miglioramento dell'efficienza energetica.

Capitolo 1

Introduzione

Le previsioni formulate dalle principali organizzazioni internazionali rivelano che la domanda di energia, nei prossimi anni, continuerà a aumentare, soprattutto a causa della crescita economica e sociale dei paesi in via di sviluppo. Si aggiungono a tale fenomeno altri fattori come l'aumento dei prezzi delle fonti energetiche fossili, le tensioni sul fronte degli approvvigionamenti e la crescente preoccupazione destata dal cambiamento climatico. Esso, insieme al surriscaldamento globale, sono infatti temi sempre più attuali e costituiscono una delle principali minacce per la società umana. Secondo il quarto rapporto dell'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) del 2007 la temperatura media della superficie terrestre è aumentata di 0.74 ± 0.18 °C durante il XX secolo e a livello globale nel 2014 è stato toccato il record delle temperature, con un aumento di +0,46°C rispetto al trentennio 1971-2000. Ciò impone la necessità di una profonda trasformazione del comparto energetico e delle attuali modalità di consumo.

Bisogna agire principalmente riducendo il più possibile le emissioni di gas serra provenienti dai fumi delle industrie, dalle centrali termoelettriche e dai gas di scarico delle automobili. Nel settore dei trasporti si sta agendo con la progettazione di nuovi veicoli sempre più efficienti che andranno a sostituire quelli vecchi e molto inquinanti. Per quel che riguarda industria ed edilizia le autorità hanno puntato maggiormente sull'efficientamento del patrimonio esistente attraverso una serie di normative che promuovono e incentivano il risparmio energetico.

Inoltre è bene sottolineare come la tecnologia debba fornire gli strumenti per poter ridurre l'aumento della temperatura riuscendo però a mantenere gli stessi standard che la vita moderna richiede. I principali passi da muovere in tale senso sono l'utilizzo sempre più massiccio di fonti energetiche rinnovabili e il risparmio energetico.

La gestione corretta e razionale dell'energia, applicata a tutti i settori di vita (industria, trasporti, civile, terziario), è lo strumento principale che può permettere alla popolazione mondiale di far fronte ai problemi legati al cambiamento climatico. Citando la Direttiva 2006/32/CE *“ Il miglioramento dell'efficienza degli usi finali dell'energia contribuirà anche alla riduzione del consumo di energia primaria, alla riduzione delle emissioni di CO₂ e di altri gas a effetto serra e quindi alla*

prevenzione di un pericoloso cambiamento climatico.”

1.1 Situazione energetica mondiale

Il sistema energetico mondiale al giorno d’oggi è basato principalmente su combustibili fossili, il cui utilizzo comporta la massiccia emissione di gas inquinanti che sono assai dannosi per l’ambiente. Tali combustibili fanno parte delle fonti energetiche non rinnovabili ed è stato stimato che la loro disponibilità sarà esaurita nell’arco di alcuni decenni, visti gli attuali ritmi di consumo a livello mondiale. La domanda di energia continua a crescere di anno in anno e, pertanto, non potrà essere soddisfatta a lungo facendo affidamento sulle sole fonti energetiche tradizionali.

Il continuo aumento della domanda energetica è dovuto a vari fattori, primo tra tutti l’inarrestabile aumento della popolazione mondiale. Se nell’aprile del 2019 si contano circa 7,7 miliardi di persone secondo le stime dell’Onu, nel 2050 il nostro pianeta avrà 9,7 miliardi di abitanti, fino a superare nel 2100 gli 11 miliardi. Tale crescita, unita al continuo miglioramento della qualità della vita nei paesi in via di sviluppo, fa sì che sempre più persone abbiano la necessità di disporre di diverse quantità di energia, portando quindi la domanda a una crescita inarrestabile. Tra il 1971 e il 2016 la domanda globale di energia primaria è aumentata di 2,5 volte passando da valori di 5523 Mtep a 13761 Mtep; anche la struttura energetica mondiale è cambiata nel corso di tale periodo.[8]

Si può infatti notare dalla Figura 1.1 come i vari combustibili abbiano cambiato la loro importanza all’interno del panorama energetico mondiale. Il gas naturale è infatti passato dal 16% al 22%, a scapito del petrolio il cui apporto al mix energetico è diminuito, passando dal 44% al 32% del totale. Molto significativo è stato l’aumento dell’utilizzo della fonte nucleare che, nonostante gli incidenti più importanti come Chernobyl e Fukushima, è passata dal 1% al 5%. Altro aspetto fondamentale da notare nel diagramma del 2016 è la presenza delle fonti rin-

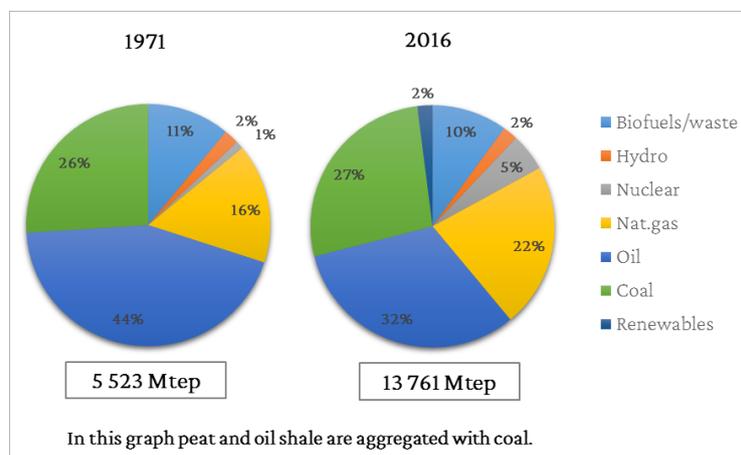


Figura 1.1: Domanda di energia primaria mondiale (fonte: IEA).

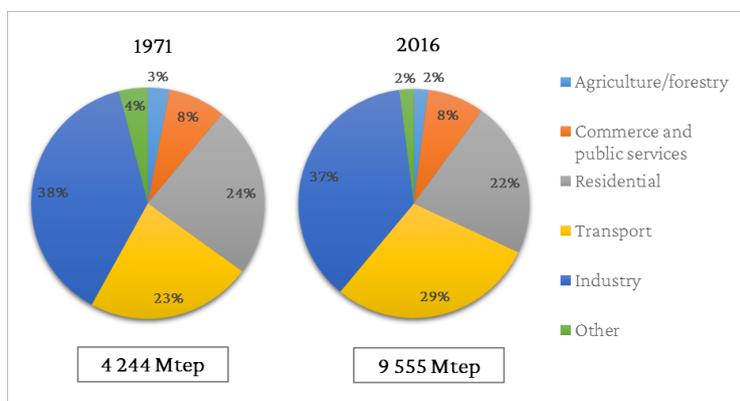


Figura 1.2: Consumo totale di energia mondiale (fonte: IEA).

novabili all'interno del mix energetico mondiale (eccetto l'idroelettrico, la cui percentuale non è variata) che è pari al 2%, diversamente dalla situazione del 1971 in cui era nulla. È stata definita fondamentale la presenza delle fonti rinnovabili poiché la continua crescita di domanda energetica è dovuta, oltre all'aumento della popolazione mondiale, anche al continuo progresso economico, sociale e tecnologico; questi aspetti positivi devono però essere conciliati con la sostenibilità ambientale e la salvaguardia dell'ambiente, in modo tale da limitare i danni che l'uomo ha provocato e continua a provocare al nostro ecosistema. L'utilizzo delle fonti rinnovabili è sicuramente un passo importante da muovere nel perseguire questo obiettivo, però non è sufficiente: a esso infatti bisogna accostare nuove politiche energetiche, il cui scopo sia ridurre i consumi e limitare gli sprechi, migliorare la sicurezza degli approvvigionamenti e garantire il benessere delle generazioni presenti, senza compromettere alle generazioni future la possibilità di soddisfare al meglio i propri bisogni. Analizzando ora gli usi finali dell'energia richiesta si nota come, anche in questo caso, la panoramica sia differente tra il 1971 e il 2016. Il consumo finale totale infatti è aumentato di 2,25 volte circa, passando da 4.244 Mtep a 9.555 Mtep, ma la suddivisione per settore non è variata in modo considerevole a livello globale; solo il settore dei trasporti è passato dal 23% al 29%, mentre per gli altri settori la variazione si limita a pochi punti percentuali (Figura 1.2).

Dall'analisi del trend di tale cambiamento (Figura 1.3 nella pagina seguente) si nota come in quasi tutti i settori l'andamento della domanda di energia è crescente negli ultimi trent'anni, tranne per il breve decremento avvenuto a seguito della crisi economica del 2009. In ambito industriale, invece, è interessante notare come l'andamento sia molto altalenante e mediamente costante se non negli ultimi anni in cui si sta verificando una sempre maggiore diminuzione della richiesta energetica.

L'idea di base è quella di comprendere che gli attuali processi di produzione e consumo non sono sostenibili. Infatti gli sforzi tesi ad aumentare la produttività andranno di pari passo con altri obiettivi di miglioramento ambientali, come la riduzione delle emissioni di gas serra, l'uso più efficiente dell'energia, la re-industrializzazione sostenibile e la sicurezza dell'accesso alle

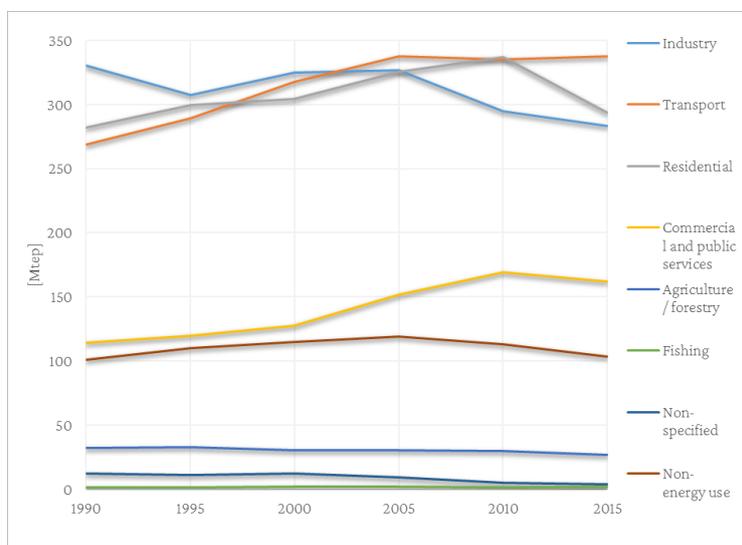


Figura 1.3: Trend degli usi finali di energia per settore (fonte: IEA).

materie prime.

1.2 Situazione energetica in Europa

Per quel che riguarda la produzione di energia in Europa c'è da sottolineare la grande importanza che hanno le fonti rinnovabili sul totale prodotto; al 2016 infatti esse costituiscono il 27,4% del totale delle fonti primarie di energia. L'energia nucleare è in prima posizione con un 28,1%, mentre i combustibili tradizionali (gas, solidi, petrolio e suoi derivati) sono nettamente inferiori.

Analizzando il trend degli andamenti dell'utilizzo di tali fonti per produrre energia primaria (Figura 1.5 nella pagina successiva) appare evidente come dagli anni 90 ai giorni nostri le rinnovabili abbiano avuto una fortissima crescita passando da valori praticamente nulli a circa 70 Mtep nel 2016. Ciò è dovuto alle politiche adottate dall'Unione Europea per la promozione dell'utilizzo delle fonti rinnovabili a discapito di quelle tradizionali, inquinanti e dannose per l'uomo e per l'ambiente.

Per quel che riguarda gli usi finali di energia per settore nella Tabella 1.1 a pagina 20 vengono riportati i dati suddivisi per Paese. A livello comunitario si nota come i trasporti siano il settore che richiede più energia, seguito dal residenziale e dall'industria. Bisogna sottolineare come il settore dei trasporti sia cresciuto in questo senso rispetto agli anni 90 in cui i consumi erano nettamente inferiori a quelli impiegati nell'industria (Figura 1.6 a pagina 21).

Il settore industriale ha subito un continuo decremento nell'utilizzo di energia; dal grafico in Figura 1.6 a pagina 21 si può notare come esso sia stato più marcato nel 2009 a seguito della crisi finanziaria e come si sia mantenuto abbastanza costante in seguito alla ripresa economica.

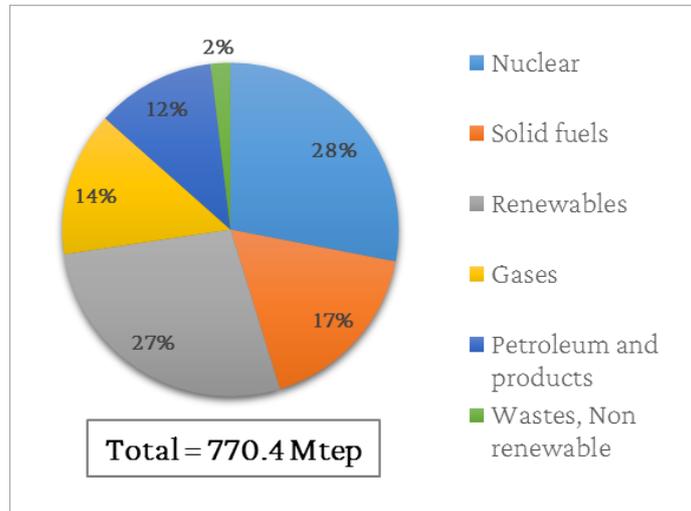


Figura 1.4: Produzione europea di energia primaria per combustibili - 2016 (fonte: Eurostat).

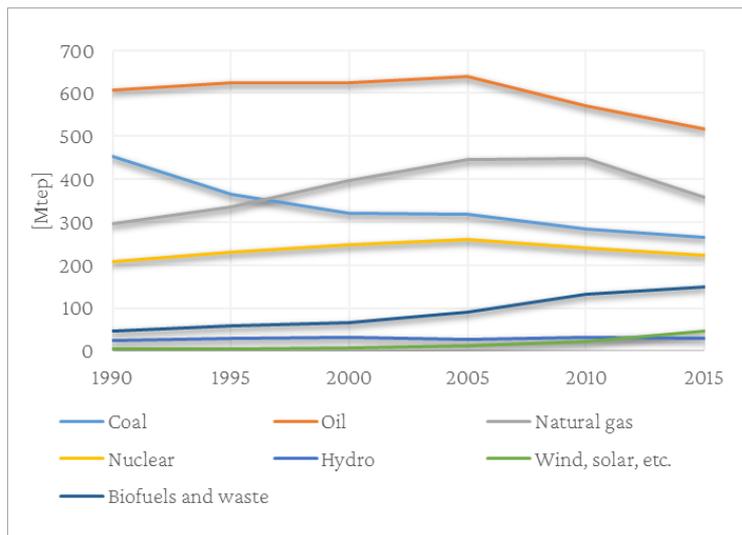


Figura 1.5: Produzione europea di energia primaria per combustibile dal 1990 al 2016 (fonte: IEA).

Tabella 1.1: Consumo di energia primaria per settore al 2016 (fonte: Eurostat).

<i>Mtep</i>	Transport	Residential	Industry	Services	Agriculture and Fishing	Other
EU-28	367,3	284,8	276,8	150	25,5	3,3
Share %	33,20%	25,70%	25,00%	13,50%	2,30%	0,30%
<i>BE</i>	10,51	8,14	12,21	4,66	0,77	0,05
<i>BG</i>	3,49	2,25	2,64	1,08	0,19	0,02
<i>CZ</i>	6,73	6,99	7,42	3,05	0,64	0,04
<i>DK</i>	5,11	4,46	2,14	1,98	0,75	0,01
<i>DE</i>	65,17	56,05	61,12	34	0	0,11
<i>EE</i>	0,81	0,93	0,45	0,49	0,13	0
<i>IE</i>	4,95	2,67	2,45	1,32	0,23	0
<i>EL</i>	6,79	4,29	3,07	2,04	0,28	0,24
<i>ES</i>	34,97	15,06	18,97	10,63	2,65	0,22
<i>FR</i>	49,62	39,83	29,37	23,2	4,5	0,64
<i>HR</i>	2,16	2,39	1,09	0,76	0,23	0
<i>IT</i>	39,11	32,19	26,17	15,44	2,87	0,16
<i>CY</i>	0,93	0,33	0,21	0,23	0,05	0,02
<i>LV</i>	1,16	1,14	0,75	0,59	0,18	0
<i>LT</i>	1,96	1,44	0,99	0,61	0,11	0,01
<i>LU</i>	2,42	0,49	0,67	0,43	0,02	0
<i>HU</i>	4,54	6,16	4,26	2,23	0,65	0,04
<i>MT</i>	0,32	0,08	0,05	0,12	0,01	0
<i>NL</i>	14,3	9,86	14,66	6,81	3,87	0,03
<i>AT</i>	9,19	6,32	9,45	2,65	0,52	0
<i>PL</i>	19,24	19,75	15,62	8,51	3,54	0
<i>PT</i>	6,78	2,62	4,33	1,94	0,42	0,03
<i>RO</i>	6,03	7,42	6,32	1,81	0,45	0,26
<i>SI</i>	1,9	1,15	1,24	0,49	0,07	0,02
<i>SK</i>	2,48	2,03	4,45	1,31	0,15	0
<i>FI</i>	4,96	5,29	11,04	2,86	0,72	0,38
<i>SE</i>	9,05	7,46	11,43	4,3	0,34	0

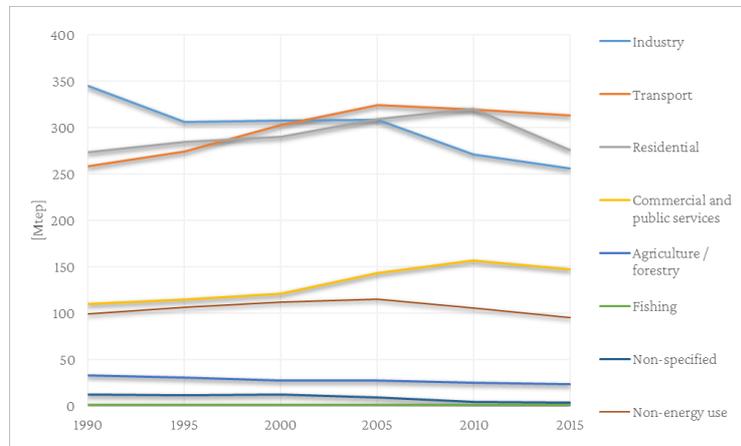


Figura 1.6: Consumo di energia primaria per settore dal 1990 al 2016 (fonte: IEA).

Escludendo il settore dei trasporti si nota come il consumo finale di energia primaria abbia un andamento complessivamente decrescente; a livello globale, la forte crescita nella domanda di energia primaria è dunque da attribuirsi ai paesi in via di sviluppo che sempre più velocemente si stanno evolvendo e industrializzando.

1.3 Consumi energetici in Italia

La produzione primaria nazionale è stata pari a 36,7 *Mtep*, in aumento rispetto al 2016: l'aumento è stato osservato per tutte le fonti energetiche. Dalla Figura 1.7 nella pagina successiva si evidenzia come le fonti rinnovabili, in significativa crescita, rappresentano il 72,4% della produzione nazionale di energia: di cui il 29,5% deriva dalle biomasse solide, il 20,7% dalla geotermia, il 7,9% dal fotovoltaico; la produzione idroelettrica ha un peso importante, 11,7% nel 2017, ma è condizionata dalle precipitazioni atmosferiche, che la rendono quindi variabile nel corso degli anni.

Il consumo interno lordo, invece, nel 2017 è stato di 159,5 *Mtep*, evidenziando una leggera crescita rispetto agli ultimi 3 anni. Il consumo primario si è comunque mantenuto al di sotto dei livelli del primo decennio degli anni 2000 e sui livelli di consumo degli ultimi anni del '900 (Figura 1.8 a pagina 23), ma con una diversa struttura. Le fonti fossili coprono circa l'80% della domanda di energia primaria contro il 94% nel 1990, con un apporto sempre più importante del gas naturale (38%) a discapito del petrolio (35%). Anche la quota di consumo delle fonti rinnovabili è in costante crescita: 18% nel 2017, di cui un terzo è costituito dalle biomasse solide (31%), seguito dall'energia geotermica con il 19% e dall'energia idroelettrica con il 11% (entrambe nel 1990 coprivano oltre il 40% delle fonti rinnovabili). In aumento anche la domanda di energia elettrica. In termini assoluti nel 2017 il consumo di gas naturale è stato di 61,5 *Mtep*, seguito dal petrolio con 55,4 *Mtep* e dalle fonti rinnovabili con 28,8 *Mtep*. L'aumento del 3,4% della domanda di energia primaria nel 2017 rispetto all'anno precedente è dovuto alla crescita di tutte

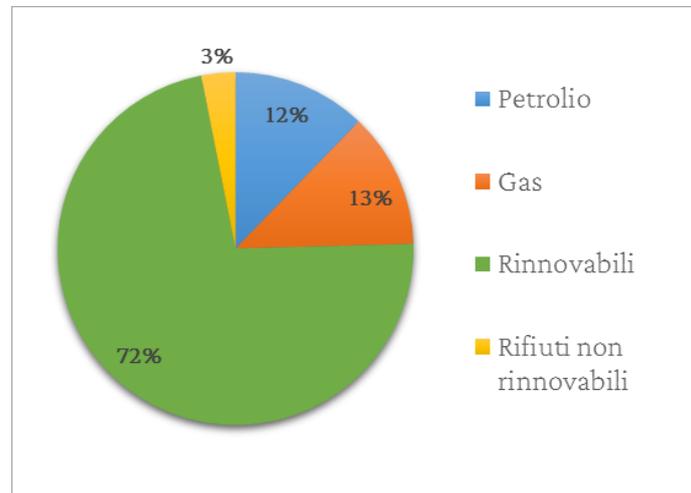


Figura 1.7: Produzione energia primaria (%), 2017 (fonte : IEA).

le fonti a eccezione dei combustibili solidi (-14,9%) e dei rifiuti non rinnovabili (-4,1%). In particolare, sono in crescita la domanda di gas naturale (+6,0%) e delle fonti rinnovabili (+10,8%). Il significativo aumento del consumo interno lordo delle fonti rinnovabili è stato determinato dalla crescita del solare fotovoltaico (+10,3%) e dei biocombustibili (+6,8%), nonostante una riduzione del 14,7% del consumo di energia idroelettrica. Si osserva inoltre una riduzione del 14,9% relativa al consumo del carbone.

Il mix energetico italiano è riportato in Figura 1.9 nella pagina successiva. Si può notare come sia cambiata la struttura di consumo: gas naturale e petrolio continuano a essere le principali fonti energetiche con oltre il 73% di soddisfacimento della domanda di energia, con rapporti di forza invertiti per il costante aumento del peso del gas naturale, seguite dalle fonti rinnovabili con una quota al 18%. Rispetto al 1990, l'apporto del petrolio è calato di oltre venti punti percentuali, a vantaggio in particolare del gas naturale, la cui quota è cresciuta di circa il 14%, e delle fonti rinnovabili, il cui apporto al mix energetico italiano si è quadruplicato nel periodo 1990-2017, passando da circa il 4% a oltre il 18%.^[9]

Nel contesto italiano, l'andamento dei consumi energetici risulta essere in linea con quello mondiale ed europeo; al 2017 i settori che maggiormente richiedono energia sono quello civile e quello dei trasporti, seguiti da quello industriale, che però risulta essere la metà del residenziale.(Figura 1.10 a pagina 24).

Nonostante il settore industriale sia il terzo per quel che riguarda i consumi, agire con interventi di efficientamento energetico in tale ambito rappresenta comunque un ottimo punto di partenza per conseguire gli obiettivi di risparmio desiderati.

In Italia nel 2017 gli impieghi finali di energia (Figura 1.11 a pagina 24) sono stati pari a 121 Mtep, in aumento del 3,8% rispetto al 2016 e in aumento rispetto al triennio precedente. Considerando però il periodo 2010-2017, gli impieghi finali si sono ridotti di oltre l'8%. Dall'analisi

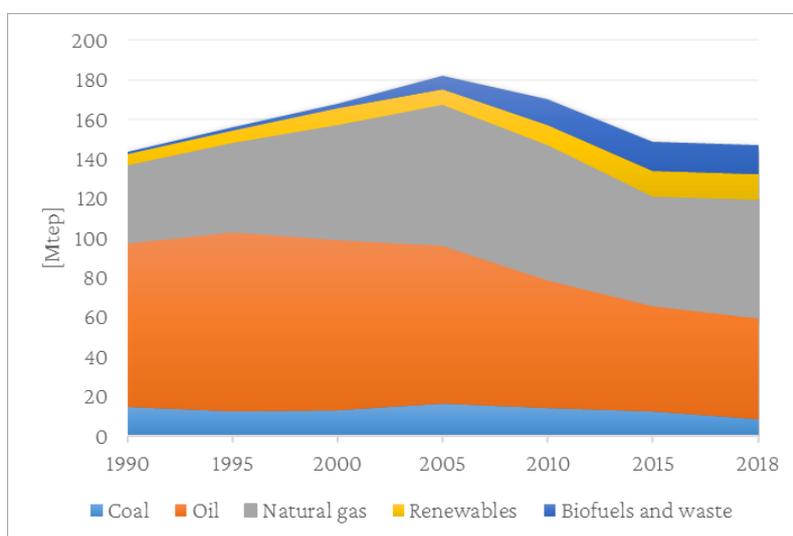


Figura 1.8: Domanda di energia primaria per fonte (Mtep), anni 1990-2018 (fonte:IEA).

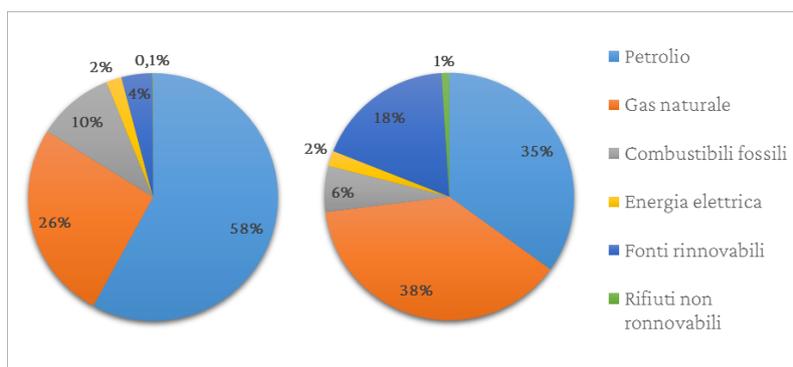


Figura 1.9: Domanda di energia primaria per fonte (%), anni 1990 (a sinistra) e 2017 (a destra) (fonte: Eurostat).

dell'evoluzione dei consumi finali di energia nel periodo 1990-2017, riportato in Figura 1.11 nella pagina seguente, si nota come l'Italia sia tornata su livelli di consumo di metà anni Novanta. Dopo una crescita costante di tutti i settori fino al 2005, è seguito un periodo di riduzione costante dei consumi.[9]

1.3.1 Consumi energetici del settore industriale

Il settore industriale nel 2017 ha realizzato una riduzione dei consumi finali di energia dello 0,7% rispetto al 2016, confermando la tendenza alla riduzione dell'ultimo decennio. Nel 2017 il consumo del settore è stato di 24,9 Mtep di energia: nel periodo 1990-2017 il calo è stato del 26,9% concentrato nel periodo 2007-2017 (-30,6%).

L'andamento dei consumi energetici settoriali nel periodo 1990-2015 ha modificato la distribuzione dei consumi energetici (Figura 1.11 nella pagina successiva): il settore civile assorbe

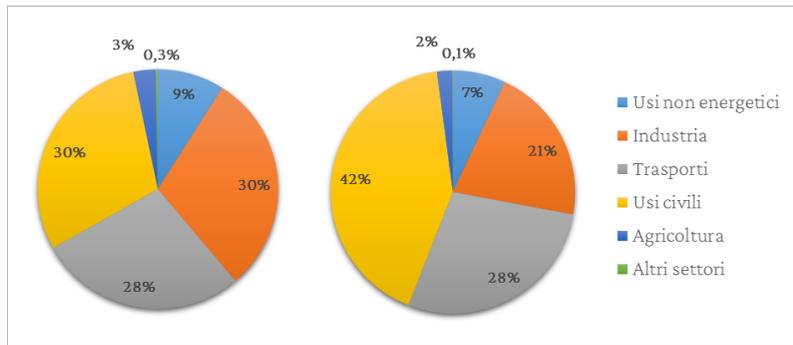


Figura 1.10: Consumo totale di energia in Italia per settore nel 1990 (a sinistra) e nel 2017 (a destra) (fonte: IEA).

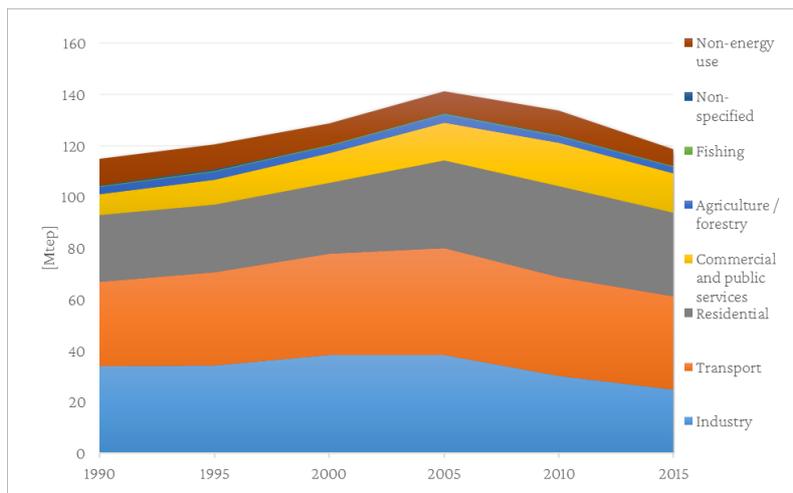


Figura 1.11: Impieghi finali di energia per settore (Mtep), anni 1990-2015 (fonte: IEA).

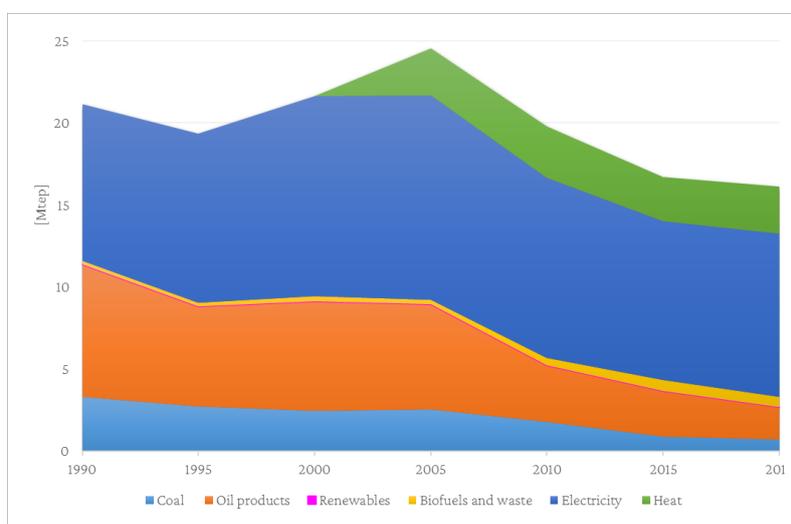


Figura 1.12: Consumo energetico nell'industria per fonte (Mtep), anni 1990-2017 (fonte: Eurostat).

oltre il 40% degli impieghi finali contro il 30% del 1990, seguito dal settore trasporti, che con una quota del 28,5% rappresenta il secondo settore per importanza. Il settore industria, che nel 1990 costituiva il primo settore per consumo energetico con una quota di circa il 30%, ha ridotto il suo contributo ai consumi finali fino al 20,6% nel 2017.

L'andamento negativo dei consumi a partire dal 2005 ha coinvolto tutte le fonti energetiche (Figura 1.12): il consumo di prodotti petroliferi e combustibili solidi si è ridotto di oltre il 60%, seguito da quello dei combustibili gassosi (-36,0%) e dell'energia elettrica (-20,1%). Nel 2017, i combustibili gassosi e l'energia elettrica rappresentano le principali fonti energetiche del settore industria: insieme assorbono oltre il 75% del consumo totale.[9]

1.4 Importanza dell'efficienza energetica

“ Per affrontare seriamente la crisi energetica sembra ormai inevitabile ricorrere massicciamente alla fonte più abbondante di energia che esista, quella meno inquinante, meno costosa, più disponibile immediatamente: cioè il risparmio di energia...”¹

Tale affermazione mette in evidenza il ruolo importante che l'efficienza e il risparmio energetico ricoprono per affrontare la crisi energetica che stiamo vivendo. Per far fronte alla continua crescita della domanda di energia di cui si è parlato nei precedenti paragrafi e per cercare di ridurre il più possibile le emissioni di gas serra, quindi di salvaguardare il più possibile il nostro pianeta, la parola chiave è proprio risparmio energetico; infatti, con le tecnologie attualmente disponibili, il risparmio energetico e la riduzione degli sprechi sono fondamentali per poter muoversi verso un modello energetico in cui le fonti di energia “pulite” siano dominanti. La

¹Piero Angela-Nel buio degli anni luce (cap. IV, pag. 119), Garzanti, 1977

gestione corretta e razionale dell'energia, applicata a tutti i settori di vita (industria, trasporti, civile, terziario), è lo strumento principale che può permettere all'umanità di far fronte ai problemi legati al cambiamento climatico.

La necessità di ridurre i consumi ha portato alla nascita di politiche atte a sostenere un aumento di efficienza energetica; essa è vantaggiosa sotto diversi aspetti:

- stabilizza o diminuisce la dipendenza dall'estero;
- contribuisce alla riduzione dell'inquinamento;
- consente di evitare la costruzione di nuove centrali e reti di trasporto e distribuzione;
- promuove uno sviluppo sostenibile delle risorse.

1.4.1 Il contesto europeo e nazionale

Allo scadere del protocollo di Kyoto²(2012) l'Unione Europea ha adottato una serie di misure per promuovere l'efficienza energetica e l'utilizzo di fonti rinnovabili; tali misure sono raccolte nel cosiddetto Piano 20-20-20. Il "pacchetto", contenuto nella Direttiva 2009/29/CE, è entrato in vigore nel giugno 2009 e sarà valido da gennaio 2013 fino al 2020. Esso ha stabilito, per l'Unione europea, tre obiettivi da raggiungere entro il 2020:

- ridurre i gas a effetto serra del 20% (o del 30% in caso di accordo internazionale);
- ridurre i consumi energetici del 20% aumentando l'efficienza energetica;
- soddisfare il 20% del fabbisogno energetico europeo con le energie rinnovabili;
- promuove uno sviluppo sostenibile delle risorse.

Raggiungere gli obiettivi al 2020 dovrebbe contribuire a rafforzare la sicurezza energetica (riducendo la dipendenza dall'energia importata e realizzando l'Unione per l'Energia) e a creare occupazione, rendendo l'Europa più competitiva.

Aumentare l'efficienza energetica e quindi ottenere risparmio rispetto ai livelli attuali, sia migliorando le tecnologie esistenti sia diminuendo gli sprechi, significa ricavare una quantità di energia in più a disposizione che va a costituire una vera e propria "fonte" di energia interna del Paese. Visto l'avvicinarsi dell'anno 2020, entro cui l'Europa si era impegnata a raggiungere gli obiettivi sopra descritti, è stato emanato un nuovo pacchetto di norme, il pacchetto Clean Energy for All Europeans. Gli elementi principali di tale pacchetto sono:

²Nel dicembre 1997 la Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici, nella terza sessione della Conferenza delle Parti, ha adottato il Protocollo di Kyoto che fissa gli obiettivi di riduzione delle emissioni dei gas a effetto serra per i Paesi industrializzati. Firmando il Protocollo di Kyoto la Comunità Europea si è impegnata ad abbattere, nel periodo 2008-2012, le emissioni dell'8% rispetto ai livelli del 1990 raggiungendo, inoltre, un accordo sulla ripartizione degli oneri tra i vari Paesi membri (Burden Sharing Agreement).

- efficienza energetica al primo posto: la nuova Direttiva sull'efficienza energetica fissa al 2030 un nuovo obiettivo di efficienza energetica del 32,5%;
- più fonti rinnovabili: obiettivo di almeno il 32% di produzione di energia da fonti rinnovabili entro il 2030, e promozione di investimenti pubblici e privati, affinché l'Unione Europea mantenga la propria leadership globale sulle energie rinnovabili;
- governance dell'Unione dell'energia: rafforzata attraverso i Piani Nazionali Integrati per l'Energia e il Clima per il periodo 2021-2030. Gli Stati membri stabiliscono come raggiungere gli obiettivi nazionali in materia di unione energetica, in particolare quelli al 2030 per efficienza energetica e rinnovabili.

La nuova Direttiva Efficienza Energetica stabilisce un obiettivo di efficienza energetica per il 2030 di almeno il 32,5% rispetto all'andamento tendenziale. La direttiva rivede ed estende l'obbligo di risparmio energetico nell'uso finale, introdotto nella direttiva del 2012: i Paesi membri dovranno raggiungere nuovi risparmi energetici dello 0,8% annuo del consumo finale di energia per il periodo 2021-2030.

In risposta all'andamento crescente del consumo di energia negli ultimi anni, nel 2018 la Commissione ha istituito una task force dedicata agli Stati membri per facilitare il raggiungimento degli obiettivi di efficienza energetica al 2020. Al momento, l'Unione Europea non è sulla buona strada per raggiungere l'obiettivo del 2020 e la Commissione continuerà a monitorare le tendenze del consumo di energia attraverso le relazioni annuali inviate dagli Stati membri sullo stato di raggiungimento degli obiettivi nazionali attesi attraverso le misure notificate.

Il 2018 è stato l'anno in cui il Governo ha avviato il percorso di costruzione del Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC), conclusosi nei primi mesi del 2019, che ha confermato l'efficienza energetica come una delle cinque dimensioni del percorso di raggiungimento degli obiettivi di Parigi. Purtroppo una delle principali barriere economiche, già affrontata negli anni passati dalle politiche nazionali, risiede nei tempi di ritorno degli investimenti che, molto spesso, sono ben al di là di quanto i consumatori o le industrie normalmente accettino. Per far fronte a tali barriere, il nostro Paese ha risposto con incentivi e meccanismi di finanziamento rivolti sia ai consumatori domestici che alle aziende e alla PA. C'è inoltre da sottolineare come le barriere economiche siano spesso aggravate da barriere non economiche, ad esempio, la mancanza di consapevolezza o di informazione, soprattutto da parte di potenziali investitori; anche l'innovazione delle tecnologie per l'efficienza energetica rappresenta una delle variabili fondamentali per il raggiungimento degli obiettivi.

Nella Figura 1.13 nella pagina successiva si mostrano i risparmi attesi per ogni tipo di incentivo previsto; in particolare, dato l'argomento principale di tale trattazione, si evidenzia che in ambito industriale i principali incentivi sono rappresentati dal meccanismo dei Certificati Bianchi o Titoli di Efficienza Energetica (TEE); i certificati bianchi sono titoli negoziabili che certificano il conseguimento di risparmi negli usi finali di energia attraverso interventi e progetti di incremento dell'efficienza energetica. Un certificato equivale al risparmio di una Ton-

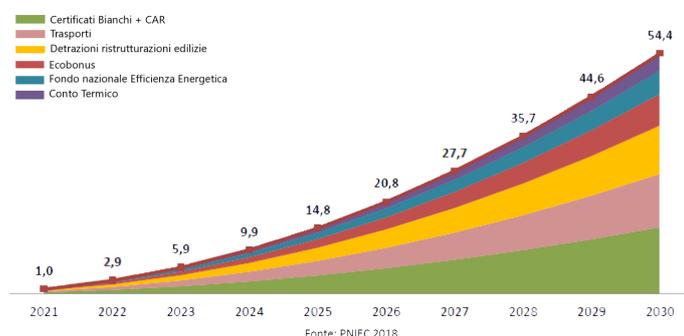


Figura 1.13: Sintesi dei risparmi cumulati attesi di energia finale (Mtep) per misura, periodo 2021-2030.[9]

nellata Equivalente di Petrolio (TEP). Su indicazione del GSE, i certificati vengono poi emessi dal Gestore dei Mercati Energetici (GME) su appositi conti.[9]

I certificati bianchi possono essere scambiati e valorizzati sulla piattaforma di mercato gestita dal GME o attraverso contrattazioni bilaterali. A tal fine, tutti i soggetti ammessi al meccanismo sono inseriti nel Registro Elettronico dei Titoli di Efficienza Energetica del GME. Il valore economico dei titoli è definito nelle sessioni di scambio sul mercato.

È opportuno sottolineare che la valutazione dei risparmi, il monitoraggio dei consumi e la verifica dei risultati sono strumenti indispensabili per garantire l'attuazione delle politiche energetiche, in particolare per quanto riguarda gli obiettivi di efficienza a lungo termine.[9]

La Diagnosi Energetica è la metodologia attualmente utilizzata per mettere in pratica quanto detto finora; le sue caratteristiche e peculiarità vengono espone e spiegate nel capitolo successivo.

Capitolo 2

La Diagnosi Energetica

La Diagnosi Energetica è una procedura sistematica finalizzata a:

- ottenere un'adeguata conoscenza del profilo di consumo energetico di un edificio o gruppo di edifici, di una attività o impianto industriale o commerciale o di servizi pubblici o privati.
- individuare e quantificare le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi-benefici e a riferire in merito ai risultati.

Gli obiettivi perseguibili attraverso essa sono:

- il miglioramento dell'efficienza delle trasformazioni e conversioni energetiche
- la riduzione dei costi per gli approvvigionamenti energetici
- il miglioramento della sostenibilità ambientale nella scelta e nell'utilizzo delle fonti di energia
- la riqualificazione del sistema energetico sotto indagine

Si basa sul raccogliere e analizzare tutti i dati provenienti dall'utilizzo energetico delle varie utenze; tali dati (che successivamente verranno esaminati per studiare il consumo specifico) possono essere reperiti principalmente nelle fatture o nelle bollette. Le misurazioni sono effettuate basandosi su precisi criteri economici; tali calcoli vanno successivamente a far parte del Piano di azione, dal quale poi nascerà un report di Diagnosi Energetica che raccoglie tutte le misure e tutti i parametri necessari per prendere una decisione per quel che riguarda eventuali interventi di miglioramento.[3]

2.1 Normativa di Riferimento

Nella Figura 2.1 nella pagina seguente è rappresentata in sintesi la storia della normativa che caratterizza il processo di Diagnosi Energetica.

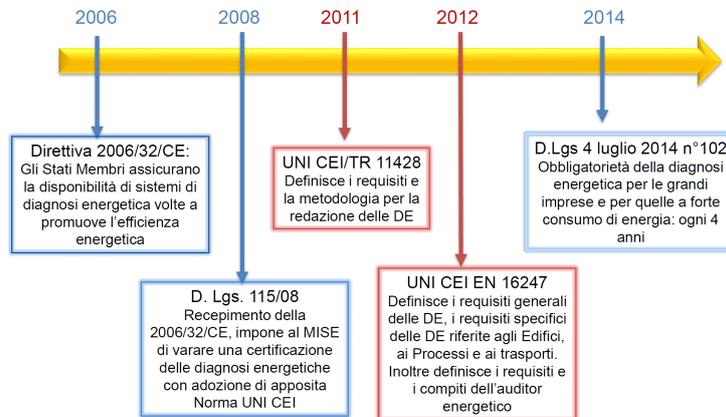


Figura 2.1: Storia delle normative per la Diagnosi Energetica. [9]

Nel 2006 venne emanata la Direttiva 2006/32/CE, che si pone l'obiettivo di rendere gli usi finali dell'energia più economici ed efficienti:

- fornendo gli obiettivi indicativi, gli incentivi e il quadro istituzionale, finanziario e giuridico necessari a eliminare gli ostacoli e le imperfezioni del mercato che ostacolano un efficiente uso finale dell'energia;
- creando condizioni favorevoli alla costituzione e alla promozione di un mercato di servizi energetici, e alla fornitura di programmi di risparmio energetico e di altre misure volte a migliorare l'efficienza energetica agli utenti finali.

Essa prevede che gli Stati membri debbano adottare e conseguire entro il 2016 un obiettivo indicativo di risparmio energetico pari al 9%, nel quadro di un piano di azione nazionale sull'efficienza energetica (PNAEE). Tale obiettivo è fissato e calcolato secondo le modalità indicate nell'allegato I della direttiva. Gli Stati membri devono inoltre designare almeno un'autorità o un'agenzia indipendente, nuova o esistente, appartenente al settore pubblico che sarà responsabile di assicurare il controllo globale e la vigilanza del quadro stabilito per il raggiungimento di tali obiettivi.[6]

In Italia il recepimento di tale normativa avviene con il Decreto Legislativo 115/08. Il presente decreto al fine di contribuire al miglioramento della sicurezza dell'approvvigionamento energetico e alla tutela dell'ambiente attraverso la riduzione delle emissioni di gas a effetto serra, stabilisce un quadro di misure volte al miglioramento dell'efficienza degli usi finali dell'energia sotto il profilo costi e benefici. Per tali finalità il decreto:

- definisce gli obiettivi indicativi, i meccanismi, gli incentivi e il quadro istituzionale, finanziario e giuridico necessari a eliminare le barriere e le imperfezioni esistenti sul mercato che ostacolano un efficiente uso finale dell'energia
- crea le condizioni per lo sviluppo e la promozione di un mercato dei servizi energetici e la fornitura di altre misure di miglioramento dell'efficienza energetica agli utenti finali.

Il decreto si applica:

- ai fornitori di misure di miglioramento dell'efficienza energetica, ai distributori di energia, ai gestori dei sistemi di distribuzione e alle società di vendita di energia al dettaglio
- ai clienti finali
- alle Forze armate e alla Guardia di finanza, limitatamente al capo IV del Titolo II e solamente nella misura in cui l'applicazione del presente decreto legislativo non è in contrasto con la natura e l'obiettivo primario delle attività delle Forze armate e della Guardia di finanza e a eccezione dei materiali utilizzati esclusivamente a fini militari.[3]

Venne emanata nel 2011 la norma UNI CEI/TR 11428, che presenta i requisiti generali che deve avere una Diagnosi Energetica, come debba essere fatta, i passaggi da seguire, le informazioni da raccogliere; tuttavia questa norma venne ritenuta poco chiara, perciò a essa seguì la norma UNI CEI EN 16247. Con la nuova norma UNI CEI EN 16247, si supera la 11428 e si dettano le linee guida per le diagnosi energetiche di ogni tipo. Dagli edifici ai processi fino ai trasporti di merci e persone. Questa norma si divide in 4 parti, analizzate di seguito.[1]

PARTE 1 - Requisiti generali La norma definisce i requisiti, la metodologia comune e i prodotti delle diagnosi energetiche, applicandosi a tutte le forme di aziende ed organizzazioni, a tutte le forme di energia e di utilizzo della stessa, con l'esclusione delle singole unità immobiliari residenziali. Inoltre, la norma UNI CEI EN 16247 definisce i requisiti generali comuni a tutte le diagnosi energetiche; requisiti utili sia per le specifiche diagnosi energetiche relative a edifici sia per processi industriali e trasporti.

PARTE 2 - Edifici La norma è applicabile alle diagnosi energetiche specifiche per gli edifici, definendo i requisiti, la metodologia e la reportistica di una diagnosi energetica relativa a un edificio o a un gruppo di edifici, escludendo le singole residenze private. Sarà interessante vedere la sua applicazione in rapporto alle norme di calcolo relative alla certificazione energetica che da essa si differenziano in alcuni aspetti, ma si sovrappongono in altri.

PARTE 3 – Processi Per quanto riguarda i processi produttivi la norma definisce i requisiti, la metodologia e la reportistica di una diagnosi energetica nell'ambito di un processo, relativamente a:

- organizzare e condurre una diagnosi energetica;
- analizzare i dati ottenuti con la diagnosi energetica;
- riportare e documentare i risultati della diagnosi energetica.

La UNI CEI EN 16247 si applica ai luoghi in cui l'uso di energia è dovuto al processo per cui diventa la base principale di lavoro per le diagnosi energetiche aziendali, in particolare per le aziende energivore: è uno standard che ci spettiamo avrà una grande applicazione fin da subito.

PARTE 4 – Trasporti La norma determina anche i requisiti, la metodologia e la reportistica specifici per le diagnosi energetiche nel settore dei trasporti. Le procedure della norma si applicano alle diverse modalità di trasporto (stradale, ferroviario, marittimo, aereo), oltre che ai differenti ambiti (locale, a lunga distanza) e all'oggetto trasportato (fondamentalmente merci e persone).

Oltre alle regole e alle indicazioni, all'interno della norma sono presenti molti esempi utili per tutti i tecnici che si occupano di realizzare Diagnosi Energetiche. Esempi in cui tutti i professionisti possono trovare i metodi per monitorare i consumi energetici o piccole tabelle su come stimare il tempo di ritorno degli interventi migliorativi ipotizzati.

Con l'entrata in vigore del Decreto Legislativo del 4 luglio 2004 n°102 la Diagnosi Energetica è diventata obbligatoria per molti soggetti appartenenti a vari settori; tale decreto è l'attuazione della Direttiva 112/27/UE sull'efficienza energetica e introduce l'obbligo di Diagnosi Energetica per soggetti obbligati e decreta l'inizio di un regime obbligatorio di efficienza energetica, nel quale sono coinvolti più attori (ENEA, MISE, Accredia, Auditor, EGE).

I chiarimenti in materia di Diagnosi Energetica nelle imprese sono riportati nell'articolo 8 del decreto legislativo n°102 del 2014, di cui in sintesi:

Comma 1 Tale comma stabilisce che:

- Le GRANDI IMPRESE hanno obbligo di DE condotta da ESCO, EGE, AUDITOR nei siti produttivi entro il 5 dicembre 2015 e successivamente ogni 4 anni
- Le DE devono essere conformi all'All.2 del D.lgs
- L'obbligo non si applica in caso di azienda certificata EMAS, ISO50001 o ISO14001, a condizione che nell'ambito dei suddetti sistemi di gestione, sia stato realizzato un Audit Energetico in conformità con l'Allegato 2 al decreto
- ENEA riceve le DE e ne cura la conservazione.

NB: Sono invece escluse dall'obbligo della Diagnosi Energetica le Piccole e Medie Imprese (PMI) non eleggibili ai benefici per le imprese energivore.

Comma2 Dal 19 luglio 2016, DE eseguite solo da soggetti certificati

Comma 3 Stabilisce quali tipologie di imprese sono tenute a svolgere la Diagnosi secondo quanto segue:

- Imprese energivore soggette all'obbligo di dare progressiva attuazione, in tempi ragionevoli, agli interventi di efficienza energetica individuati dalle diagnosi o, in alternativa, ad adottare sistemi di gestione conformi alle norme ISO 50001.
- Le Grandi Imprese non sono soggette al medesimo obbligo, anche se la realizzazione degli interventi è ritenuta auspicabile

Comma 5-6-7 Ruolo di ENEA: «braccio» tecnico del MISE, gestisce banca dati, controlli e verifica conformità DE rispetto a quanto indicato dal D.lgs.[4]

2.2 Diagnosi Energetica nel settore industriale

L'ENEA (Agenzia nazionale Efficienza Energetica) fornisce le linee guida per lo svolgimento corretto della Diagnosi Energetica; nei paragrafi seguenti verranno riportati i punti più importanti da seguire nella redazione.

2.2.1 Elementi del processo di Diagnosi Energetica

Il processo di Diagnosi Energetica può essere suddiviso in diversi step:

- *Contatto preliminare.* Durante questa prima fase le attività da svolgere sono:
 - Presentazione del responsabile della diagnosi energetica
 - Descrizione preliminare delle modalità di svolgimento della Diagnosi Energetica e spiegazione delle sue finalità
 - Prima richiesta di dati
- *Riunione iniziale.* La riunione iniziale è importante poiché durante essa avviene:
 - Descrizione della procedura scelta per lo svolgimento della Diagnosi Energetica
 - Descrizione dell'oggetto della Diagnosi Energetica
 - Definizione degli obiettivi della Diagnosi Energetica
 - Primo sopralluogo presso lo stabilimento produttivo
- *Raccolta dei dati.* Dall'analisi dei dati si deve ottenere:
 - Tipologia di impresa
 - Flussi energetici in ingresso e in uscita dallo stabilimento
 - Piano di monitoraggio
 - Elenco e dati
- *Analisi dei dati.* I dati fondamentali che devono essere raccolti sono:
 - La ripartizione dei consumi di stabilimento tra i vettori energetici
 - La ripartizione dei consumi tra aree funzionali
 - La costruzione della struttura energetica aziendale
 - Calcolo degli indicatori di performance
- *Identificazione degli interventi.* Durante questa fase si svolge:

- Il confronto tra gli indicatori di performance effettivi e quelli di riferimento
 - La definizione dei possibili interventi per il miglioramento dell'efficienza energetica
 - La valutazione costi/benefici
 - Classificazione degli interventi (dal più importante)
- *Riunione conclusiva.* Durante la riunione conclusiva si avrà la presentazione del report finale.

2.2.2 Definizione dei soggetti obbligati

Si devono individuare i siti produttivi che sono obbligati a sottoporsi a Diagnosi Energetica; come riportato nei “Chiarimenti in materia di diagnosi energetica nelle imprese” del novembre 2016 pubblicati dal Ministero dello Sviluppo Economico, e in particolare al punto 2, per sito produttivo si intende una località geograficamente definita in cui viene prodotto un bene e/o fornito un servizio, entro la quale l'uso dell'energia è sotto il controllo dell'impresa.

I siti non devono essere necessariamente di proprietà dell'impresa ma l'impresa deve averne il controllo dell'uso e dell'energia. L'impresa, costituita da n siti tutti facenti capo a un'unica partita IVA, oppure il gruppo di imprese che presentano un unico bilancio consolidato, oppure il gruppo di imprese associate o collegate, ha la possibilità di eseguire la diagnosi solo su un gruppo significativo dei propri siti.

La metodologia utilizzata per individuare tale gruppo significativo, che è stata proposta da ENEA, viene detta clusterizzazione; essa rispetta i criteri dell'Allegato 2 del D.Lgs. 102/2014. Il soggetto interessato dovrà stilare un elenco di tutti i propri siti, escludendo i siti a uso residenziale appartenenti al patrimonio immobiliare dell'impresa, e calcolare il consumo annuo di ciascuno di essi, indicato con C_i . A tale scopo dovrà:

- considerare i consumi di tutti i vettori energetici utilizzati nel sito, compresi gli auto-prodotti, e i consumi legati a eventuali mezzi di trasporto eventualmente associati al sito;
- riportare i suddetti valori in consumo primario mediante gli appositi fattori di conversione in tep desunti dalla circolare MISE del 18 dicembre 2014.

La procedura di clusterizzazione proposta da ENEA è riportata di seguito.

Definito il consumo totale annuo dell'azienda come somma dei consumi totali di tutti i siti:

$$C_{tot} = \sum_{k=1}^n C_i$$

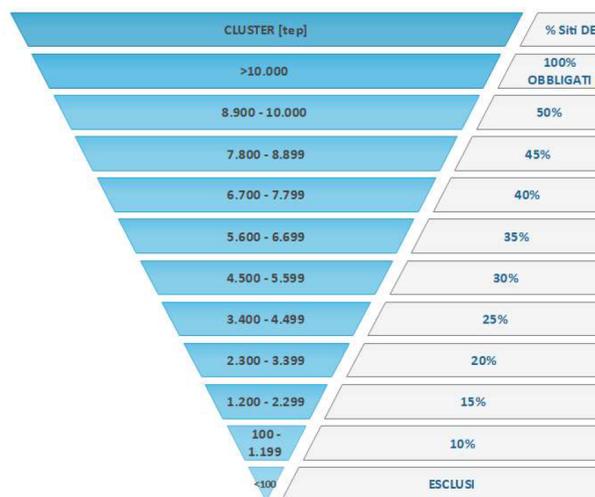


Figura 2.2: Fasce di campionamento per imprese industriali.[5]

La diagnosi dovrà essere effettuata su tutti i siti aventi $C_j > C_{obbl}$, che per il settore industriale è pari a 10000 tep.

Posti i siti in ordine di consumo crescente, è possibile escludere dall'obbligo della diagnosi i primi m siti che rispecchiano le seguenti caratteristiche:

$$C_j \leq C_{escl} \quad e \quad \sum_{k=1}^m C_k \leq 20\% C_{tot}$$

Dove C_{escl} assume il valore di 100 tep (valore al di sotto del quale non risulta conveniente economicamente alle imprese effettuare la diagnosi).

Per i restanti siti, non obbligati alla diagnosi e non esclusi da essa, si potrà scegliere se effettuare la diagnosi energetica di ciascuno di essi oppure procedere alla clusterizzazione per fasce di consumo, all'interno delle quali verrà effettuata la diagnosi energetica esclusivamente su un campione limitato di siti.

Si definiscono 9 fasce di consumo con ampiezza di 1.100 tep per l'industriale e di 100 tep per il settore terziario e primario (Figura 2.2).

Il campione prescelto sarà costituito da una percentuale decrescente di ciascun gruppo per fascia di consumo, a partire dal 50% per la fascia di consumi più alta fino ad arrivare al 10% per la fascia più bassa. Qualora non risultino totalmente escludibili i siti con consumo inferiore ai 100 tep questi costituiranno due ulteriori fasce di raggruppamento, una da 1 a 50 tep, l'altra da 51 a 99 tep, la cui percentuale di campionamento sarà rispettivamente 1% e 3%.

In merito all'approssimazione dei siti da considerare per la clusterizzazione l'applicazione è:

- dove il risultato sia minore di uno, l'approssimazione sarà all'intero successivo, ossia 1;
- dove il risultato sia maggiore di uno, l'approssimazione sarà commerciale.

Un'azienda effettua la diagnosi sulla base dei consumi dell'anno n-1 per i siti di proprietà nell'anno n.[7]

2.2.3 Il rapporto di Diagnosi Energetica

Il rapporto di diagnosi energetica dovrà contenere i seguenti paragrafi:

- *Nota su chi ha redatto la diagnosi energetica.* In questo paragrafo devono essere riportati i dati di chi ha redatto la diagnosi.
- *Dati dell'azienda:* dati generali di riferimento, incluso il numero di dipendenti, settore di appartenenza e classificazione dell'attività (codice ATECO 2007 a sei cifre), fatturato e bilancio. Specificare se autonoma, associata o collegata ad altre aziende ed eventualmente elencarle. Indicare se presente nell'elenco delle aziende energivore e relativo anno di appartenenza.
- *Dati del sito produttivo:* dati generali di riferimento, incluso il numero di dipendenti, settore di appartenenza e classificazione dell'attività (codice ATECO 2007 a sei cifre)
- *Periodo di riferimento della diagnosi.*
- Unità di misura e valori di riferimento adottati; eventuali fattori di aggiustamento utilizzati
- *Consumi energetici:* devono essere riportati i consumi sotto specificati; si ricorda che il consumo totale deve includere, se presente, anche la quota prodotta da sistemi interni e auto consumata.
 - Consumi complessivi
 - Consumi rilevati dai contatori fiscali
- *Materie prime:* tipologia utilizzata e quantità.
- *Processo produttivo:* descrizione del processo produttivo, diagramma di flusso con indicati i vettori energetici interessati, descrizione di ogni fase riportata sul diagramma.
- *Prodotti:* descrizione dei prodotti finiti, ivi inclusi i semilavorati che, a vario titolo, escono dal ciclo produttivo e dei sottoprodotti, incluso il codice di riferimento dell'attività e relativa descrizione. Per ogni tipologia di prodotto occorre fornire la quantità annua prodotta in unità di misura confrontabile (es.: massa [kg], volumi [m³], etc..).

- *Informazioni sul metodo di raccolta dati:* misure in continuo, misure relative a un breve periodo, dati derivati calcolo.
- *Descrizione dell'implementazione della strategia di monitoraggio:* descrivere l'albero dei contatori e loro tipologia. La strumentazione dovrà essere elencata e dovranno essere fornite le informazioni tecniche relative, il grado di incertezza e il programma di tarature cui è sottoposta.
- *Modelli energetici:* dettagliare il modello relativo a ogni vettore energetico. Definire per ogni vettore energetico la struttura energetica aziendale specificando la natura dei dati utilizzati (monitorati o stimati).
- *Calcolo degli indicatori energetici:* definizione e confronto con quelli di riferimento.
- *Interventi effettuati in passato:* descrivere gli interventi più importanti già effettuati e se sono stati realizzati nell'ambito di un programma di incentivi erogati dallo stato o dalla regione.
- *Individuazione dei possibili interventi:* per ogni intervento individuato fornire:
 - Descrizione tecnica dettagliata corredata, per quanto possibile e ove applicabile, da documentazione del/dei possibile/i fornitore/i dell'apparecchiatura, sistema, ecc. sul quale si intende intervenire;
 - Analisi costo benefici basata sul calcolo del VAN;
 - Piano di misure e verifiche, da implementare in caso di realizzazione, per accertare i risparmi energetici che saranno conseguiti e la bontà della proposta. Per ogni misura indicare il tipo di strumentazione che sarà utilizzata;
 - Eventuale possibilità di accedere a incentivi statali o locali.
- *Tabella riassuntiva degli interventi individuati:* per ogni intervento significativo, ordinati secondo il VAN/I, indicare i seguenti dati:
 - Investimento (I)
 - Flusso di cassa
 - Risparmio
 - Tempo di ritorno (TR)
 - TIR
 - VAN
 - VAN/I[7]

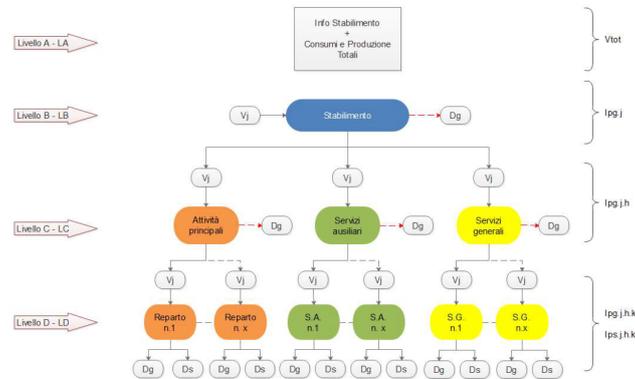


Figura 2.3: Schema energetico aziendale.[5]

2.2.4 Lo schema energetico aziendale

Come schema energetico aziendale (Figura 2.3) si intende la descrizione degli utilizzi di ciascun vettore energetico nell'ambito di specifici confini all'interno dell'oggetto della diagnosi energetica. I dettagli di tale descrizione dipendono dalla disponibilità di misure dirette e dalla rilevanza dell'ambito di interesse. Lo schema energetico dovrà essere costruito relativamente a ogni vettore energetico (elettrico, termico, vapore, acqua surriscaldata, ecc.) acquistato e utilizzato nel sito in esame e avrà lo scopo di suddividere i consumi annui del vettore specifico tra le diverse utenze presenti nel sito stesso.

Una volta fornito il consumo di ogni utenza individuata, afferente all'anno solare cui la diagnosi si riferisce, la "Struttura Energetica Aziendale" permette quindi di assegnare un indice prestazionale (consumo specifico) significativo a ogni fase che costituisce la realtà aziendale, mettendo in correlazione l'energia consumata sia con il prodotto finito, che con la sua specifica destinazione d'uso. Ciò consente di valutare per ogni fase significativa della realtà aziendale, sia lo specifico indice prestazionale, che il suo peso rapportato al fabbisogno energetico complessivo. Tutti i dati energetici e di processo nonché le informazioni di carattere generale sono riferiti all'ultimo anno solare completo a disposizione. Qualora questo non sia disponibile o rappresentativo occorre motivare la scelta effettuata e riproporzionare quindi i dati disponibili su base annuale.

Il livello "A" (LA) è caratterizzato dalla descrizione dei dati generali dell'Azienda che sono così strutturati:

- Denominazione
- Ubicazione
- Partita IVA
- Settore merceologico (codice ATECO)

- Classificazione azienda: numero dipendenti, fatturato, appartenenza alle imprese a forte consumo di energia, ecc.
- Periodo di riferimento dei dati comunicati
- Quantitativo e unità di misura della destinazione d'uso generale dell'azienda (Dg)
- Planimetria aziendale, anche semplificata, con individuazione di: attività principali, servizi ausiliari e servizi generali
- Descrizione dell'attività aziendale

Il livello B(LB) costituisce il punto di estrema sintesi della struttura energetica relativa a ciascun vettore.

Il livello C (LC) costituisce una prima schematizzazione della struttura energetica aziendale, ed è caratterizzato dalla suddivisione del vettore energetico V_j in esame nelle seguenti macro aree, di seguito dettagliate:

- Attività Principali
- Servizi Ausiliari e Accessori
- Servizi Generali

Il livello D (LD) è la parte che individua la struttura dell'utilizzo di ciascun vettore energetico in quanto costituisce di fatto l'insieme delle aree funzionali che consentono di caratterizzare la realtà aziendale in maniera dettagliata e strutturata.

I criteri di classificazione delle aree funzionali introdotte nel Livello C sono di seguito precisati.

Attività Principali

In questa area devono confluire le attività strettamente correlate alla destinazione d'uso generale dell'azienda, in pratica le attività che rappresentano il "core business" aziendale. Questo approccio è il passo fondamentale in quanto ogni area funzionale dovrà essere tale da essere caratterizzata da fasi della realtà aziendale ben enucleabili dal contesto generale e per le quali è univocamente possibile individuare i fabbisogni energetici e la specifica destinazione d'uso. Di seguito sono riportati alcuni casi esemplificativi. Nel caso di realtà industriale, in tale descrizione vanno inserite tutte le attività legate all'articolazione della produzione distinte per tipologia di prodotto, laddove applicabile e strutturate in fasi funzionali ben distinte.[7]

Servizi Ausiliari

In questa area devono confluire le attività caratterizzate dalla trasformazione del vettore energetico in ingresso in altrettanti vettori energetici diversi e che sono utilizzati nell'ambito delle

aree funzionali delle attività principali. Esempio classico è la centrale di aria compressa che utilizza energia elettrica (vettore energetico in ingresso) per produrre aria compressa che viene utilizzata dagli azionamenti presenti nel processo aziendale. Altre utenze che rientrano in tale classificazione sono ad esempio le centrali di pompaggio, le centrali frigo e le centrali termiche, qualora queste siano adibite a produrre calore/freddo utilizzato nel processo produttivo, lo stoccaggio e la distribuzione dei combustibili.[7]

Servizi Generali

In tale descrizione vanno inserite tutte le attività che sono in qualche modo legate alle attività principali i cui fabbisogni però non sono a essi strettamente correlati. In questo contesto entrano in gioco l'illuminazione, il riscaldamento, la climatizzazione in generale, gli uffici, la mensa, gli spogliatoi, etc. Per ognuna delle suddette macro aree vanno inserite nella maschera informatica predisposta gli specifici consumi energetici.[7]

2.2.5 Monitoraggio dei consumi

Nei chiarimenti in materia di diagnosi energetica nelle imprese del novembre 2016 pubblicati dal Ministero dello Sviluppo Economico, e in particolare al punto 4.1 si afferma quanto segue: *“... In primis l'azienda viene suddivisa in aree funzionali. Si acquisiscono quindi i dati energetici dai contatori generali di stabilimento e, qualora non siano disponibili misure a mezzo di contatori dedicati, per la prima diagnosi, il calcolo dei dati energetici di ciascuna unità funzionale viene ricavato dai dati disponibili...”*. Nell'Allegato II dello stesso documento si prevede: *“Una volta definito l'insieme delle aree funzionali e determinato il peso energetico di ognuna di esse a mezzo di valutazioni progettuali e strumentali, si dovrà definire l'implementazione del piano di monitoraggio permanente in modo sia da tener sotto controllo continuo i dati significativi del contesto aziendale, che per acquisire informazioni utili al processo gestionale e dare il giusto peso energetico allo specifico prodotto realizzato o al servizio erogato.”* In tale modo si intende che nelle diagnosi successive alla prima per le aree funzionali devono esserci contatori dedicati, ovvero non tanto un sistema di monitoraggio completo a esse dedicate ma una “strategia di monitoraggio” che, attraverso un'opportuna copertura di sistemi di strumentazione, di controllo e di gestione, faccia in modo che i parametri energetici a esse relativi possano avere un'affidabilità crescente con la progressiva implementazione di detti sistemi.[7]

Siti oggetto di monitoraggio

I criteri di individuazione dei siti oggetto di monitoraggio, per il settore industriale, sono riportati di seguito.

Per le imprese monosito:

- le imprese che nell'anno di riferimento abbiano avuto un consumo superiore alle 100 tep.

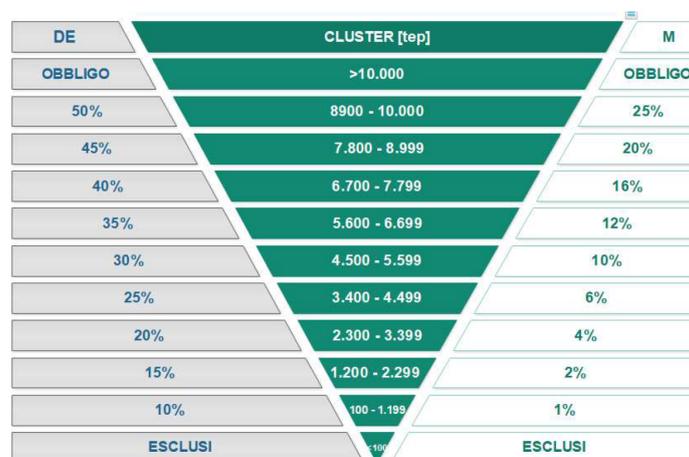


Figura 2.4: Percentuale dei siti su cui adottare il piano di misurazioni e/o monitoraggio per siti industriali.[5]

Per le imprese multisito:

- tutti i siti classificati come industriali che abbiano avuto un consumo nell'anno di riferimento maggiore di 10.000 tep;
- nel caso di siti industriali con consumi uguali o inferiori a 10.000 tep nell'anno di riferimento si applica la clusterizzazione (Figura 2.4).

Il campione prescelto sarà costituito da una percentuale decrescente di ciascun gruppo per fascia di consumo a partire dal 25% per la fascia di consumi più alta fino ad arrivare all'1% per la fascia più bassa. Il numero totale dei siti individuati con il suddetto campionamento potrà essere massimo 50. In merito all'approssimazione del numero dei siti da inserire nei cluster il criterio è:

- ove il risultato sia minore di uno, l'approssimazione sarà all'intero successivo, ossia 1;
- ove il risultato sia maggiore di uno, l'approssimazione sarà commerciale.

Possono essere esclusi dall'obbligo di misura tutti i siti per i quali i consumi, nell'anno di riferimento, siano risultati inferiori alle 100 tep. Definito, per ogni scaglione, il numero di siti soggetti a obbligo di misura, è facoltà dell'impresa decidere su quale sito (per singola fascia) adottare il sistema di monitoraggio. Non è obbligatorio che si tratti dello stesso sito oggetto di DE nel 2015.[5]

Livello di copertura dei dati misurati

Con riferimento allo schema energetico aziendale (Figura 2.3 a pagina 38), per ciascun vettore energetico (Vj) presente in sito (energia elettrica, gas naturale, gasolio, ecc.) occorrerà fornire

Tabella 2.1: Soglie percentuali di copertura dei piani di misurazione e/o monitoraggio.

Consumo anno di riferimento [tep/anno]		Attività Principali	Servizi Ausiliari	Servizi Generali
	>10.000	85%	50%	20%
8.900	10.000	80%	45%	20%
7.800	8.899	75%	40%	20%
6.700	7.799	70%	35%	20%
5.600	6.699	65%	30%	20%
4.500	5.599	60%	25%	10%
3.400	4.499	55%	20%	10%
2.300	3.399	50%	15%	10%
1.200	2.299	45%	10%	5%
100	1.199	40%	5%	5%
8.900	10.000	80%	45%	20%
7.800	8.899	75%	40%	20%
6.700	7.799	70%	35%	20%
5.600	6.699	65%	30%	20%
4.500	5.599	60%	25%	10%
3.400	4.499	55%	20%	10%
2.300	3.399	50%	15%	10%
1.200	2.299	45%	10%	5%
100	1.199	40%	5%	5%

dati misurati relativamente al “Livello C”. Occorrerà quindi misurare, per tutti i vettori energetici, i consumi di processo, dei servizi ausiliari e dei servizi generali secondo determinate percentuali definite successivamente. Qualora non fossero disponibili, o tecnicamente non realizzabili, misure relative al livello C, si potrà procedere con un approccio del tipo “bottom- up” e quindi ricavare le misure del livello C come somma delle misure del livello D. Sono esclusi i vettori energetici il cui consumo totale incide per meno del 10% sul totale del consumo del sito.

I livelli di copertura da rispettare per ciascun vettore energetico sono riassunti in Tabella 2.1 e dipendono dal consumo nell’anno di riferimento.

Modalità di misurazione

Le misure potranno essere effettuate adottando le seguenti metodologie:

- *Campagne di misura:* la durata della campagna di misura dovrà essere scelta in modo rappresentativo (in termini di significatività, riproducibilità e validità temporale) rispetto alla tipologia di processo dell’impianto (es: impianti stagionali). La durata minima della campagna dovrà essere giustificata dal redattore della diagnosi. Occorrerà inoltre rilevare i dati di produzione relativi al periodo della campagna di misura. La campagna di mi-

sura dovrà essere effettuata durante l'anno solare precedente rispetto all'anno di obbligo della realizzazione della diagnosi energetica;

- *Installazione di strumenti di misura:* nel caso di installazione “permanente” di strumentazione di misura, è opportuno adottare come riferimento l'anno solare precedente rispetto all'anno d'obbligo della realizzazione della diagnosi energetica.

Tipologie di strumenti ammessi:

- Misuratori esistenti;
- Nuovi misuratori (manuali, in remoto, con software di monitoraggio con funzioni di memorizzazione e presentazione delle misure stesse).[7]

Capitolo 3

Caso pratico

L'azienda in cui si è svolta la procedura di Diagnosi Energetica, oggetto di questo lavoro, è un'impresa multisito operante nel settore metalmeccanico. In Italia sono presenti sei stabilimenti, tutti situati nel nord del Paese. L'azienda è inserita nel mercato automotive e collabora con le maggiori case automobilistiche.

In Tabella 3.1 sono riportati i fatturati e i bilanci delle tre società che gestiscono gli stabilimenti sopra citati. L'anno fiscale, per le società B e C, va dal 01/04 al 31/03, poiché segue quello indiano (la casa madre è in India); per la società A viene considerato l'anno solare poiché nel 2018 non era ancora stata acquisita dal gruppo indiano.

La Società A gestisce il Sito 1, la Società B i Siti 2, 3, 4 e 5 e la Società C il Sito 6.

Sito 1 L'azienda del sito 1 è specializzata nella pressofusione e successiva lavorazione e/o trattamento di getti in alluminio per la produzione di prodotti legati al settore automotive. Il ciclo produttivo per ottenere il prodotto finito comprende principalmente tre fasi:

- Forni fusori: l'attività consiste nel fondere la materia prima da inviare al reparto di stampaggio;
- Stampaggio: la materia fusa è inviata alle stazioni di pressofusione che ne lavorano secondo gli ordini ricevuti;
- Lavorazioni meccaniche e finitura: i pezzi finiti vengono lavorati secondo diverse tipologie di trattamenti (burattatura, sabbiatura, granigliatura).

Tabella 3.1: *Fatturato e bilancio.*

Società	Fatturato	Bilancio	Anno fiscale
<i>Società A</i>	28.584.168 €	368.833 €	01/01/2018-31/12/2018
<i>Società B</i>	195.933.588 €	11.925.670 €	01/04/2018-31/03/2019
<i>Società C</i>	17.246.824 €	1.170.658 €	01/04/2018-31/03/2019

Sito 2 Il core-business di questo stabilimento è la lavorazione e il pre-assemblaggio di fusioni di alluminio, ghisa e pezzi forgiati. Nel dettaglio:

- Magazzino merce in ingresso
- Lavorazione meccanica, lavaggio e assemblaggio
- Magazzino merce in uscita

Sito 3 In questo stabilimento ci si occupa della lavorazione e il pre-assemblaggio di fusioni di alluminio, in particolare:

- Lavorazione meccanica su centri di lavoro a controllo numerico;
- Assemblaggio inserti, guarnizioni e altri componenti su stazioni automatizzate;
- Magazzino materia prima (alluminio in lingotti), pezzi semilavorati e magazzino prodotti finiti.

Sito 4 Lo stabilimento si occupa di produzione di componenti in alluminio per il settore automotive, nel dettaglio si identificano le seguenti attività:

- Fusione di alluminio in forni discontinui alimentati a gas metano;
- Pressofusione su isole di lavorazione automatizzate, tutte composte da fasi consecutive di ricevimento alluminio fuso in fornello di mantenimento, stampaggio per pressofusione, tranciatura dello sfrido;

Sito 5 Lo stabilimento di Sito 5 si occupa solo della produzione di componenti in alluminio per il settore automotive. Nel dettaglio si identificano le seguenti attività:

- Fusione di alluminio in forni discontinui alimentati a gas metano;
- Pressofusione su isole di lavorazione automatizzate, tutte composte da fasi consecutive di ricevimento alluminio fuso in fornello di mantenimento, stampaggio per pressofusione, tranciatura dello sfrido;
- Magazzino materie prime (alluminio in lingotti), pezzi semilavorati (da terzista) e magazzino.

Sito 6 Nel sito 6 ci si occupa principalmente di stampaggio a iniezione e assemblaggio di materiale plastico. Le principali attività si definiscono come segue:

- Magazzino materie prime
- Termostampaggio

- Imballo e confezionamento

Per semplicità e chiarezza nell'esposizione l'analisi dettagliata verrà svolta per il solo Sito 1, mentre per i restanti cinque stabilimenti si riporteranno i risultati in modo sintetico.

3.1 Dati del sito oggetto di analisi

In Figura 3.1 nella pagina successiva è riportata la pianta dello stabilimento del Sito 1; sul piano ammezzato si sviluppa il reparto di fusione e pressofusione, mentre il piano primo ospita il magazzino.

Nei successivi paragrafi viene illustrata la suddivisione in attività principali, servizi ausiliari e generali delle utenze presenti nello stabilimento.

3.1.1 Attività principali

Le attività legate alla produzione dello stabilimento sono la fusione di alluminio in forni alimentati a gas metano e la successiva lavorazione su isole di pressofusione. Tali attività si sviluppano in un unico capannone di 2.841 m².

Lo stabilimento conta 90 dipendenti e lavora su tre turni da lunedì mattina alle 06:00 fino a sabato mattina alle 06:00.

3.1.2 Servizi ausiliari

Per servizi ausiliari si intendono quelle attività che sono a supporto della produzione; in questo stabilimento esse sono:

- impianti per l'aria compressa
- impianti trattamento acqua di processo
- impianti di aspirazione

3.1.3 Servizi generali

Per servizi generali si intendono quelle attività che sono connesse al ciclo produttivo, ma non legate direttamente con la produzione:

- illuminazione
- riscaldamento
- uffici, mensa e spogliatoi

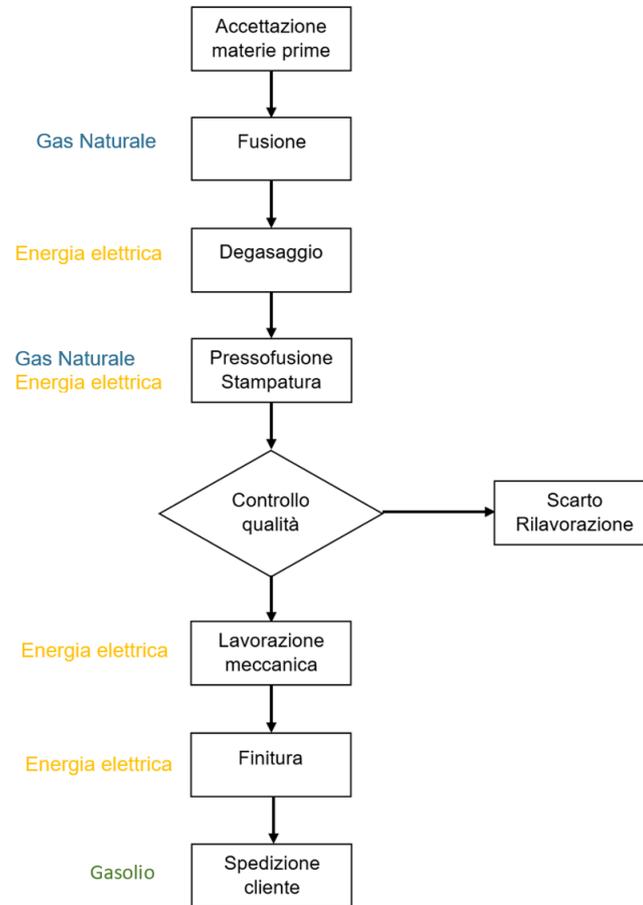


Figura 3.2: *Processo produttivo Sito 1.*

L'illuminazione dei reparti produttivi è costituita principalmente da lampade con tecnologia LED, installate recentemente, e lampade a incandescenza. Il riscaldamento nelle officine di lavorazione avviene attraverso 16 aerotermini a gas per i reparti produttivi e con caldaia tradizionale per quel che riguarda gli uffici. Non è presente un sistema di raffrescamento nel reparto produttivo, ma solo negli uffici attraverso split.

3.2 Processo produttivo

In questo paragrafo si riporta in modo schematico il processo produttivo dello stabilimento, specificando in ogni fase quale sia il vettore energetico utilizzato. La prima parte del processo produttivo dello stabilimento consiste nella fusione delle materie prime (alluminio) in appositi forni fusori; successivamente avviene il degasaggio, per garantire la corretta lavorazione della colata fusa, e la pressofusione e stampatura in isole di lavoro dedicate, costituite da forno di mantenimento e macchina per la pressofusione e la stampatura. In seguito, dopo il controllo qualità, si procede con lavorazione meccanica e la finitura dei pezzi che verranno inviati poi



(a) *Reparto di pressofusione*



(b) *Isola di pressofusione*



(c) *Uno dei tre forni fusori dello stabilimento*

Figura 3.3: *Immagini stabilimento.*

ai clienti finali. Il gas naturale viene utilizzato solamente per le fasi di fusione (forni fusori) e pressofusione (è presente un forno di mantenimento in ogni isola). Nella figura 3.3 vengono riportate le immagini dello stabilimento: forni fusori e isole di pressofusione.

Capitolo 4

Analisi energetica

In questo capitolo si riporta l'analisi energetica dello stabilimento in esame. Si analizzano prima i consumi storici e di conseguenza gli indicatori energetici, in modo tale da ottenere una baseline con cui confrontarsi; successivamente verrà riportata la strategia di monitoraggio adottata e infine la caratterizzazione dei modelli energetici sulla base dei dati monitorati.

4.1 Analisi dei consumi storici

Per l'analisi dei consumi storici la committenza ha messo a disposizione i dati in suo possesso per quel che riguarda il consumo di energia elettrica e gas naturale degli ultimi tre anni; tali dati sono riassunti nella Tabella 4.1 nella pagina successiva (per l'energia elettrica non sono stati forniti i dati riguardanti il 2016). Dalle fatture fornite dalla committenza si riporta in Tabella 4.2 nella pagina seguente il riepilogo delle spese sostenute per energia elettrica e gas naturale nell'anno 2018; le spese totali ammontano a 243.511,41 € per il gas e 1.361.519,13 € per l'elettricità.

Si è deciso di analizzare i consumi anno per anno; per quel che riguarda l'energia elettrica tale confronto è visibile in Figura 4.1 a pagina 53. L'andamento per gli anni 2017 e 2018 risulta confrontabile, anche se mediamente nel 2018 i consumi sono leggermente maggiori dell'anno precedente per quasi tutti i mesi.

Per valutare in modo più accurato l'andamento dei consumi di energia elettrica si riporta il carpet plot dei consumi orari giornalieri del 2018 (Figura 4.2 a pagina 54). Risulta evidente come l'andamento dei consumi per ogni ora di ogni giorno dell'anno segua un trend costante; le celle blu si ripetono periodicamente ogni weekend e si nota che i consumi calano a partire dal sabato alle 06:00 fino al lunedì mattina alle 06:00, seguendo i turni di lavoro della fabbrica. Appaiono blu anche le ore dei giorni di chiusura estiva nel mese di agosto e invernale tra dicembre e gennaio; è possibile anche apprezzare le festività pasquali e il ponte fatto in occasione della festa del lavoro il 1 maggio. Da tale grafico si nota anche come il valore massimo di potenza oraria impegnata sia di 2000,25 kW nel 2018; è verosimile che possano esserci picchi legger-

Tabella 4.1: Consumi storici GN e EE (2016, 2017 e 2018) Sito 1.

Mese	Energia elettrica [kWh]		Gas Naturale [Sm ³]		
	2018	2017	2018	2017	2016
Gennaio	912.680	916.694	119.851	135.313	124.955
Febbraio	777.431	899.055	90.857	114.489	108.573
Marzo	889.470	1.007.019	99.225	129.786	111.817
Aprile	748.637	774.839	72.002	96.901	108.049
Maggio	877.890	932.004	81.799	109.269	122.465
Giugno	878.995	873.495	75.867	101.588	104.630
Luglio	945.365	918.571	91.266	116.839	102.037
Agosto	391.017	360.589	32.643	35.290	36.350
Settembre	925.602	909.605	86.566	104.668	79.515
Ottobre	973.938	927.818	91.046	116.148	97.368
Novembre	926.212	939.612	95.046	115.588	119.375
Dicembre	719.981	698.198	89.335	106.502	100.022
TOTALE	9.967.215	10.157.499	1.025.503	1.282.381	1.215.156
TOTALE [tep]	1.864	1.899	846	1.058	1.003

Tabella 4.2: Spesa GN EE 2018 Sito 1.

	GN	EE
	2018	2018
Gennaio	27.669 €	106.918 €
Febbraio	20.952 €	95.220 €
Marzo	22.887 €	110.043 €
Aprile	16.599 €	87.389 €
Maggio	18.864 €	105.821 €
Giugno	17.600 €	109.623 €
Luglio	21.135 €	118.347 €
Agosto	7.534 €	54.615 €
Settembre	20.014 €	139.480 €
Ottobre	21.020 €	135.110 €
Novembre	21.931 €	121.983 €
Dicembre	27.307 €	176.970 €
TOTALE	243.511 €	1.361.519 €

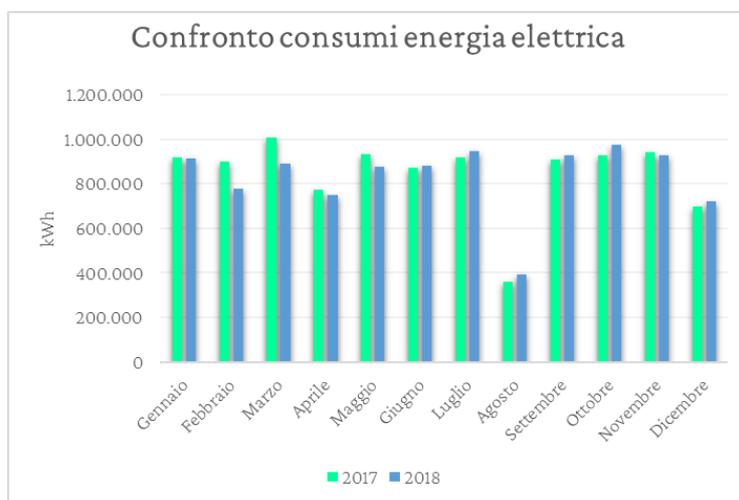


Figura 4.1: Analisi energia elettrica Sito 1.

mente maggiori che abbiano durata inferiore a un'ora: si consiglia di installare uno strumento di misura fisso che misuri anche i picchi in modo tale da poter rimodulare la fornitura elettrica di conseguenza.

Per apprezzare meglio l'andamento orario dei consumi si riportano altri due carpet plot in cui la scala dei valori si concentra sui minimi (da 0 a 800 kWh) nella Figura 4.3 nella pagina successiva e sui massimi (da 800 a 2000 kWh) nella Figura 4.4 a pagina 55. Da tale analisi risulta evidente come nei giorni festivi i consumi non siano realmente nulli, ma si aggirino tra i 100 e i 300 kWh, mentre risultano essere prossimi a 0 kWh nei periodi di chiusura lunghi, come le vacanze estive. Dalla scala dei massimi si nota invece come i valori più elevati di consumo si abbiano nella seconda metà dell'anno, piuttosto che nei primi mesi.

Analizzando ora la ripartizione dei consumi per turni di lavoro del 2018 (Figura 4.5 a pagina 55) si nota come per i tre turni lavorativi il contributo in termini di percentuale sia lo stesso, segno che la produzione sia costante sui tre turni, e che il contributo degli uffici (inoccupati la notte) sia irrisorio al confronto dei consumi dovuti alla produzione. Dalla Figura 4.5 a pagina 55 emerge anche un altro aspetto molto interessante: il consumo di energia elettrica nell'orario fuori produzione (weekend e chiusura festiva) incide sul totale per il 12%, sintomo del fatto che gli sprechi in questo stabilimento siano notevoli.

Per il gas naturale il confronto è rappresentato in Figura 4.6 a pagina 56; l'andamento dei consumi del triennio è allineato negli anni e segue lo stesso trend. Nel mese di agosto il consumo è molto ridotto a causa della chiusura estiva dello stabilimento; nei mesi invernali in media il consumo risulta maggiore rispetto a quelli più caldi poiché il gas viene anche utilizzato per il riscaldamento dei reparti produttivi e degli uffici.

Confrontando infine i consumi in termini di tep (Figura 4.7 a pagina 56) si evidenzia come il vettore energetico maggiormente utilizzato nello stabilimento sia l'energia elettrica. Essa risulta essere molto maggiore del gas naturale in termini di tep consumati; sia nel 2017 sia nel 2018

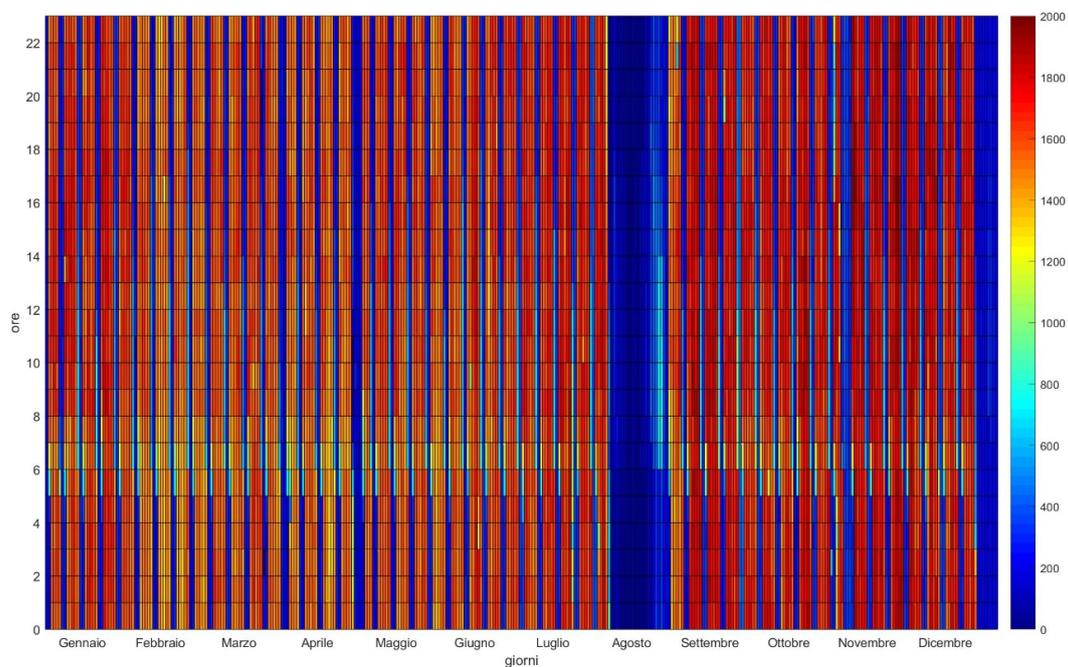


Figura 4.2: Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala completa) Sito 1.

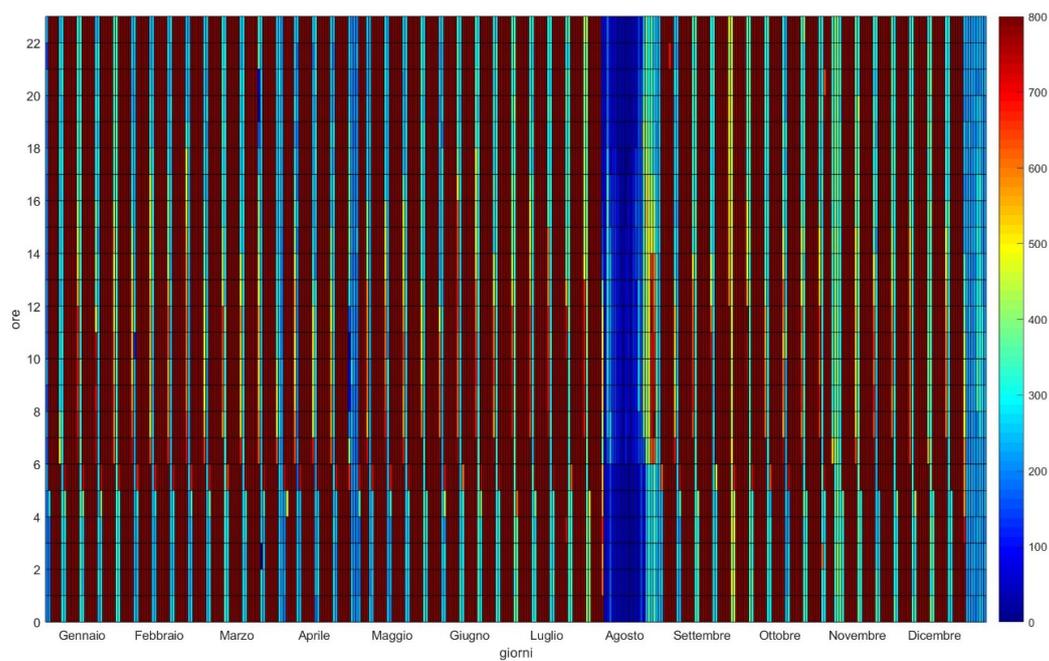


Figura 4.3: Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala dei minimi) Sito 1.

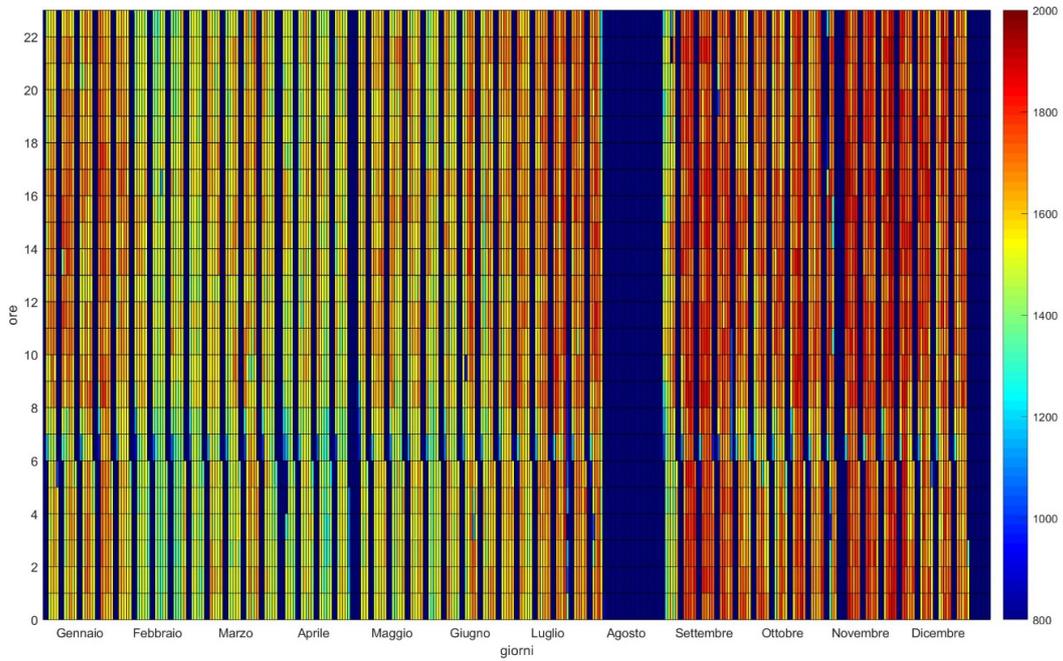


Figura 4.4: Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala dei massimi) Sito 1.

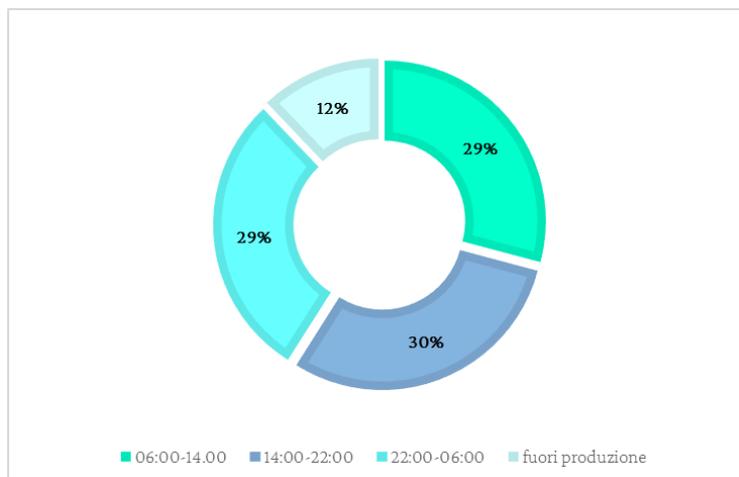


Figura 4.5: Ripartizione dei consumi per turni di lavoro Sito 1.

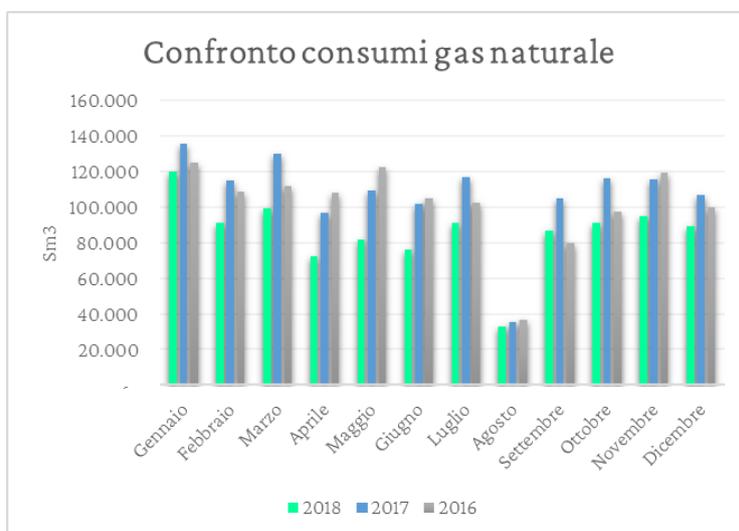


Figura 4.6: Analisi gas naturale Sito 1.

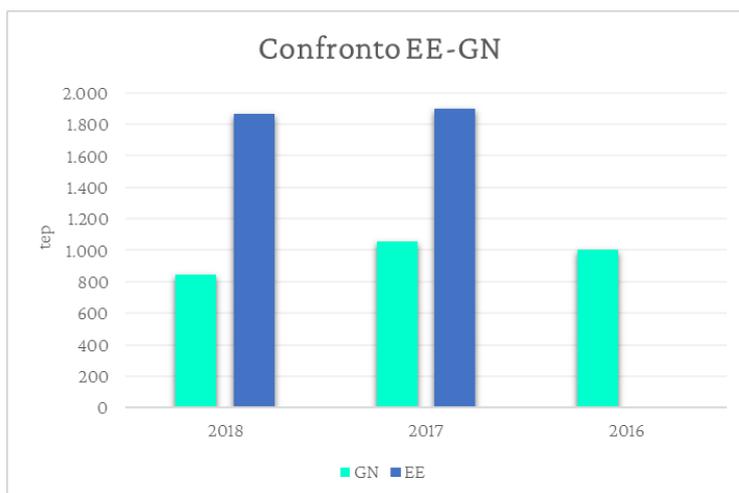


Figura 4.7: Confronto EE-GN (tep) Sito 1.

il consumo di energia elettrica è infatti circa il doppio di quello di gas naturale. Tale fenomeno è da attribuirsi al fatto che, a differenza delle altre fonderie del gruppo, in questo stabilimento i forni di mantenimento a bordo macchina nelle isole di pressofusione sono tutti elettrici, dunque il consumo di gas è da imputarsi solamente ai forni fusori, per quel che riguarda le attività principali.

Da tali considerazioni si deduce che in vista di possibili risparmi energetici sarà più conveniente agire sull'energia elettrica piuttosto che sul gas naturale.

Tabella 4.3: EnPi Sito 1.

Anno 2018	Totale Prelevata [kWh]	Pezzi prodotti [kg]	EnPi [kWh/kg _{prodotti}]
Gennaio	912.680	518.813	1,76
Febbraio	777.431	387.088	2,01
Marzo	889.470	476.265	1,87
Aprile	748.637	407.133	1,84
Maggio	877.890	463.089	1,9
Giugno	878.995	492.365	1,79
Luglio	945.365	525.860	1,8
Agosto	391.017	107.870	3,62
Settembre	925.602	505.424	1,83
Ottobre	973.938	583.956	1,67
Novembre	926.212	537.274	1,72
Dicembre	719.981	365.034	1,97

4.2 Indicatori energetici

Uno degli obiettivi della diagnosi energetica è quello di determinare i valori degli indicatori energetici rappresentativi dell'azienda. L'indice di prestazione energetica (EnPi) è un parametro che viene utilizzato per valutare l'efficienza energetica di uno stabilimento, definito dal rapporto tra i consumi energetici mensili e un parametro caratteristico del sito. Di seguito si riportano gli indici di prestazione energetica dell'anno 2018, determinati per la realtà produttiva del sito in esame.

Per questo stabilimento si è scelto come parametro caratteristico del sito in esame la quantità di chilogrammi di pezzi prodotti mensilmente durante il 2018 (Tabella 4.3).

Dalla Figura 4.8 nella pagina seguente appare evidente come il valor medio di EnPi per il 2018 sia pari a $2,00 \text{ kWh/kg}_{\text{pezzi prodotti}}$ e come l'andamento sia abbastanza piatto durante l'intero anno, fatta eccezione per il mese di agosto in cui il consumo elettrico risulta eccessivo rispetto alla quantità di pezzi prodotti. Come si può evincere dalla Tabella 4.3 il consumo elettrico è calato in maniera diversa rispetto alla produzione: ad esempio rispetto a luglio il consumo è pari a un terzo, mentre la produzione è circa un quinto. Tale consumo può essere imputato al raffrescamento degli uffici durante i pochi giorni lavorativi del mese e al funzionamento degli ausiliari di produzione, che continuavano a essere in funzione nonostante le macchine produttive fossero ferme o non funzionassero a regime; si consiglia comunque di verificare che in tale mese non ci siano consumi latenti eccessivamente elevati che portano a un grande spreco energetico.

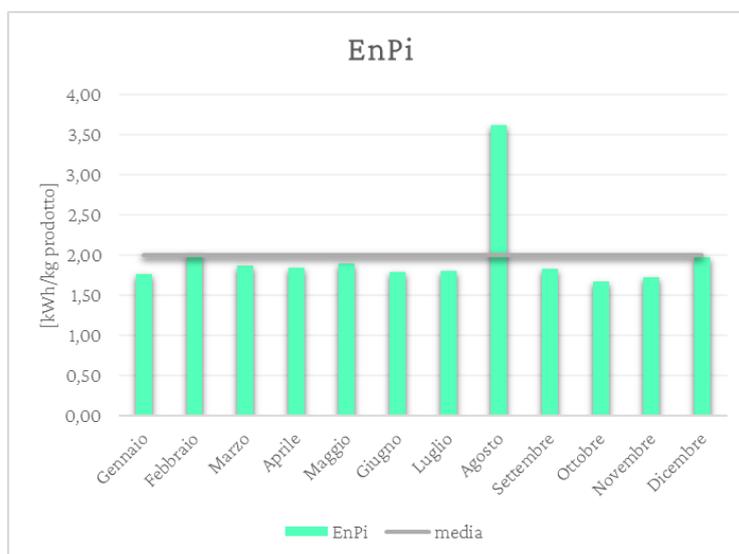


Figura 4.8: EnPi Sito 1.

4.3 Monitoraggio e controllo

Per monitoraggio e controllo (Monitoring & Targeting) dei consumi energetici si intendono la raccolta, l'analisi e l'interpretazione di informazioni sull'uso dell'energia. Il ruolo di queste due attività, nell'ambito della gestione dell'energia, è di misurare le prestazioni di un sistema, individuando le opportunità per ridurre i consumi e i costi di energia. L'attività di monitoraggio e controllo si esplica nei seguenti passi:

- stabilisce una base per prevedere, basandosi sui dati storici, i dati di consumo energetico;
- usa questi dati per stabilire l'uso atteso di energia nel passato recente (giorno, settimana, mese);
- calcola la differenza tra consumo reale e previsto;
- permette di individuare i consumi anomali;
- implementa azioni per migliorare la previsione del consumo di energia.

L'obiettivo che si vuole raggiungere attraverso il Monitoring & Targeting è di caratterizzare il sistema dal punto di vista dei consumi energetici, attraverso un modello matematico, stabilendo in questo modo un riferimento rispetto al quale confrontare i consumi futuri.

Visto l'obbligo previsto nel D.lg 104/2014 di monitoraggio di una certa percentuale dei consumi per ogni vettore energetico si è proceduto con una campagna di misura che ricopre i periodi riportati in Tabella 4.4 a fronte.

Tabella 4.4: Campagna di monitoraggio.

Luogo	Periodo
Sito 1	11 aprile – 4 maggio
Sito 2	18 marzo – 30 marzo
Sito 3 e Sito 4	23 maggio- 26 giugno
Sito 5	27 giugno – 20 luglio
Sito 6	9 agosto – 20 settembre

**Figura 4.9:** DENT - ELITEpro XC (a sinistra) e Rogowsky coil (a destra).

4.3.1 Strumenti di misura

DENT Per il monitoraggio dei carichi elettrici si è utilizzato un Power meter marca DENT modello ELITE XC PRO. Lo strumento ELITEpro XC è una soluzione completa per registrare i profili di energia elettrica e quantificarne gli usi. È in grado di misurare e registrare i dati relativi ai consumi elettrici derivati dagli ingressi di tensione e di corrente. Lo strumento utilizza un collegamento diretto a ogni fase di tensione e toroidi apribili (detti Rogowsky coil) di varie dimensioni e portate per le fasi di corrente. Lo strumento è rappresentato in Figura 4.9.

Lo strumento misura e registra (su impostazione) i dati di energia (kWh), di domanda (kW) oltre a tensione, corrente, fattore di potenza. L'errore di misura dichiarato dal produttore è inferiore all' 1% (<0.2% tipicamente).

eGauge L' e-Gauge (Figura 4.10 nella pagina seguente) è uno strumento che monitora i consumi di energia elettrica; i dati sono registrati con granularità pari a 1 secondo.

È dotato di 30 ingressi a cui si collegano i toroidi apribili (Rogowsky, Figura 4.10 nella pagina successiva) per la misura della corrente e di quattro ingressi (le tre fasi e il neutro) ai quali si collegano i trasformatori di tensione che servono per avere il riferimento di tensione e per l'alimentazione dello strumento stesso.

Lo strumento è in grado di misurare e registrare i dati di energia (kWh) e di domanda (kW), oltre che voltaggio, amperaggio, potenza reattiva, attiva e apparente e fattore di potenza. È

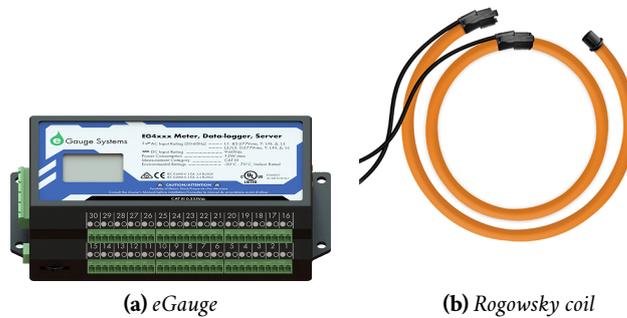


Figura 4.10: *e-Gauge e Rogowsky coil.*

dotato di porta ethernet che permette la lettura e la visualizzazione dei dati da remoto tramite apposita piattaforma. Il costruttore dichiara un errore di misura pari allo 0,5%.

4.3.2 Distribuzione elettrica e strategia di monitoraggio

Lo stabilimento del Sito 1 è alimentato da un unico POD che serve due cabine. La cabina 0 alimenta gran parte delle utenze dello stabilimento, sia per quel che riguarda la produzione sia per i servizi generali. La Cabina 1 serve, invece, due gruppi di presse (Figura 4.11 a fronte).

In questo Sito non sono presenti sistemi di misura fissi, dunque la strategia di monitoraggio è basata su campagne di misura. Nella cabina 0 si sono misurate le partenze di Compressori, Servizi uffici, Sala pompe, Luci fonderia e quelle relative ai gruppi di presse M01-M05 e M14-M15. Nella cabina 1 si sono monitorate entrambe le partenze, presse M6-M10 e M16-M17.

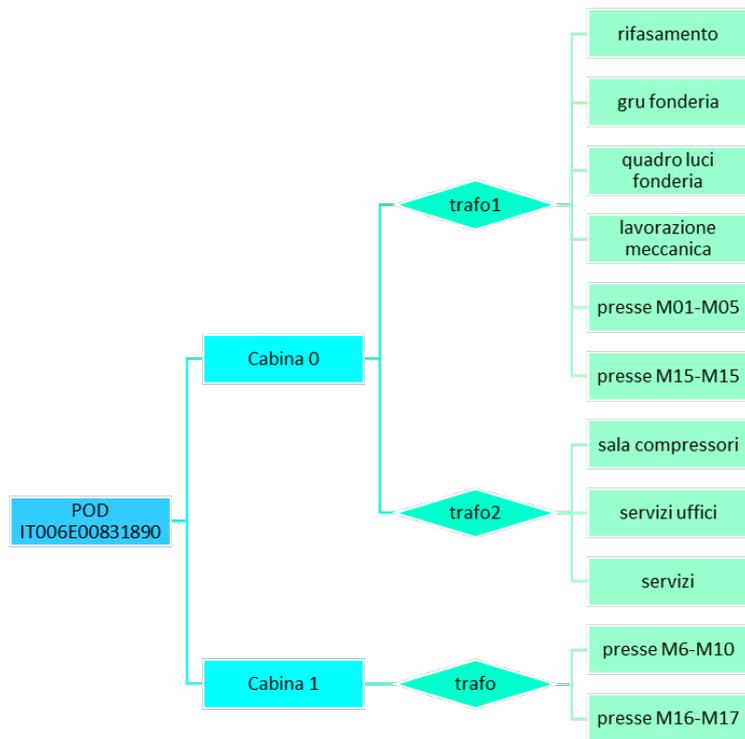


Figura 4.11: Distribuzione elettrica del Sito 1.

4.4 Modelli energetici

Dopo aver fotografato lo stato complessivo del sito oggetto della diagnosi e aver individuato un indice di prestazione complessivo, si procede alla mappatura dei consumi energetici e alla individuazione e caratterizzazione delle aree funzionali, con l'obiettivo di avere un grado di dettaglio maggiore e creare appropriati indici prestazionali di area; tutto questo per poter giungere a effettuare un'attività di confronto (benchmarking) volta a individuare potenziali interventi di miglioramento energetico.

4.4.1 Energia elettrica

Il modello elettrico è stato creato a partire dai consumi energetici monitorati, confrontandoli con le curve di carico del periodo in questione. Secondo lo schema riportato da ENEA vengono illustrate in Figura 4.13 nella pagina successiva le suddivisioni dei consumi per aree funzionali. In Figura 4.12 a fronte si mostra il foglio Excel fornito da ENEA per il riepilogo dei consumi di stabilimento. Per ogni area e per ogni utenza riportata vengono calcolati gli EnPi (nella Figura 4.12 nella pagina successiva sono chiamati I_{pg}) e il totale risulta essere pari 1,86 *kWh/kg_{pezzi prodotti}*, valore leggermente inferiore rispetto a quello calcolato nella sezione 4.2.

Si è calcolato il contributo che ogni singola area funzionale apporta al consumo totale di energia elettrica: il maggior contributo è dato dalle attività principali con il 57% dei consumi, seguite dai servizi ausiliari con il 42% e infine i servizi generali che rappresentano solamente l'1% del totale.

Grazie al monitoraggio dei carichi si è riuscito a coprire il 99,8% dei consumi totali dello stabilimento.

Le linee registrate direttamente sono state analizzate con dati aggregati giornalieri, divisi fra giorni feriali e festivi, onde caratterizzare il carico per un calcolo annuo. Si è parallelamente analizzata la curva giornaliera, onde verificare quanta parte di tale carico si possa definire latente (giorni festivi) e quanta variabile.

Attività principali

Tra le attività principali dello stabilimento, come già detto in precedenza, si sono monitorate le partenze delle linee che alimentano le seguenti macchine:

- M1-M5
- M14-M15
- M6-M10
- M16-M17

In Tabella 4.5 a pagina 64 vengono riportati i consumi giornalieri aggregati per ogni linea monitorata e se ne calcolano i valori minimi, massimi e medi. Già da questa prima valutazione si nota

ENERGIA ELETTRICA			CONSUMO	TEP ING.	Ipg	
			kWh	tep	tipo misura	kWh / kg prodotti
LB	j=1	ENERGIA ELETTRICA	9.967.215,4	1.863,9	Misure indirette (campionamenti, campagne di misura, ecc.)	1,86
			CONSUMO [kWh]	TEP ING.	Ipg	
LC	1.1	ATTIVITA' PRINCIPALI	5.628.026,0	1.052,4	Misure indirette (campionamenti, campagne di misura, ecc.)	1,05
LD	1.1.1	presse M1-M5	2.437.795,8	455,9	Misure indirette (campionamenti, campagne di misura, ecc.)	0,45
	1.1.2	presse M14-M15	263.060,0	49,2	Misure indirette (campionamenti, campagne di misura, ecc.)	0,05
	1.1.3	presse M6-M10	1.275.356,8	238,5	Misure indirette (campionamenti, campagne di misura, ecc.)	0,24
	1.1.4	presse M16-M17	1.651.813,4	308,9	Misure indirette (campionamenti, campagne di misura, ecc.)	0,31
			CONSUMO [kWh]	TEP ING.	Ipg	
LC	1.2	SERVIZI AUSILIARI	4.162.519,5	778,4	Misure indirette (campionamenti, campagne di misura, ecc.)	0,78
LD	1.2.1	compressori	1.760.367,8	329,2	Misure indirette (campionamenti, campagne di misura, ecc.)	0,33
	1.2.2	sala pompe	694.039,6	129,8	Misure indirette (campionamenti, campagne di misura, ecc.)	0,13
	1.2.3	aspirazione	1.708.112,1	319,4	Misure indirette (campionamenti, campagne di misura, ecc.)	0,32
			CONSUMO [kWh]	TEP ING.	Ipg	
LC	1.3	SERVIZI GENERALI	59.309,5	11,1	Misure indirette (campionamenti, campagne di misura, ecc.)	0,01
LD	1.3.1	luci fonderia	15.256,8	2,9	Misure indirette (campionamenti, campagne di misura, ecc.)	0,003
	1.3.2	servizi uffici	44.052,7	8,2	Misure indirette (campionamenti, campagne di misura, ecc.)	0,01

Figura 4.12: Riepilogo consumi Sito 1.

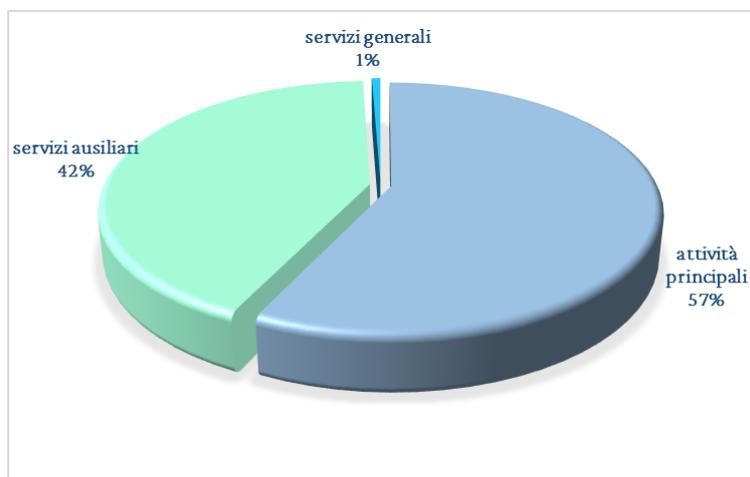


Figura 4.13: Consumi aree funzionali Sito 1.

Tabella 4.5: Attività principali Sito 1.

	Presse M1-M5 [kWh]		Presse M14-M15 [kWh]		Presse M6-M10 [kWh]		Presse M16-M17 [kWh]	
	feriale	festivo	feriale	festivo	feriale	festivo	feriale	festivo
Lunedì	2.872		711		1.200		1.364	
Martedì	3.560		725		1.574		1.840	
Mercoledì	3.650		695		1.549		1.762	
Giovedì	3.485		890		1.592		1.856	
Venerdì	3.439		809		1.547		1.765	
Sabato		1.401		509		663		831
Domenica		564		181		394		270
media	3.401	983	766	345	1.492	528	1.717	550
min	2.872	564	695	181	1.200	394	1.364	270
max	3.650	1.401	890	509	1.592	663	1.856	831

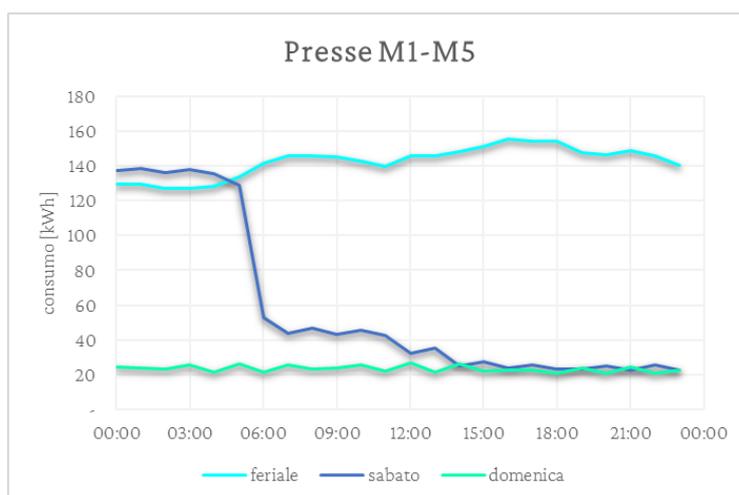


Figura 4.14: Andamento orario presse M1-M5 Sito 1.

come durante la domenica per ogni linea ci sia un apporto non nullo di carico latente; sarebbe opportuno valutare un sistema di controllo per accensione e spegnimento dei macchinari che vada a eliminare o almeno limitare tali consumi latenti, laddove possibile. Per valutare questi fenomeni si riportano successivamente le curve orarie giornaliere per ogni linea, valutando i consumi medi orari dei giorni feriali, del sabato e della domenica.

Dai grafici degli andamenti orari risulta chiaro che le presse M1-M5, M6-M10 e M16-M17 lavorano sui tre turni nei giorni feriali (fino alle 06:00 del mattino del sabato) e la domenica e per il resto della giornata di sabato sono spente. Di domenica le presse risultano spente, nonostante presentino dei consumi latenti non trascurabili, che sarebbe opportuno eliminare o per lo meno limitare.

Le presse M14-M15, diversamente dalle altre, presentano un andamento differente; esse infatti nei giorni feriali lavorano dalle 06:00 alle 18:00 circa e il sabato dalle 06:00 alle 15:00. Il

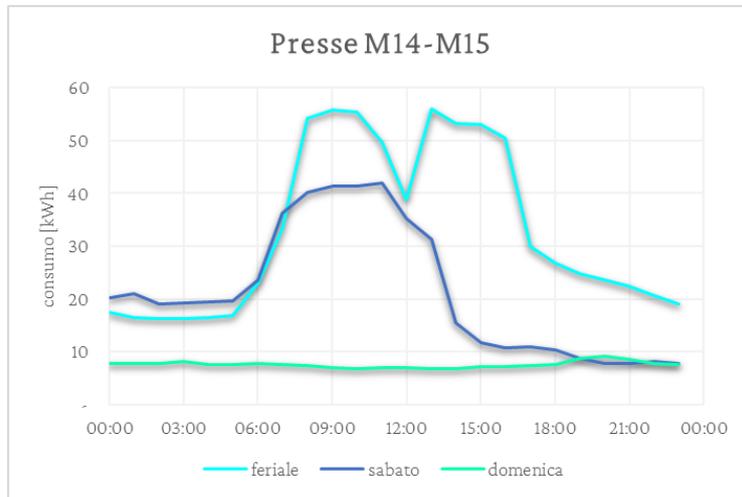


Figura 4.15: Andamento orario presse M14-M15 Sito 1.

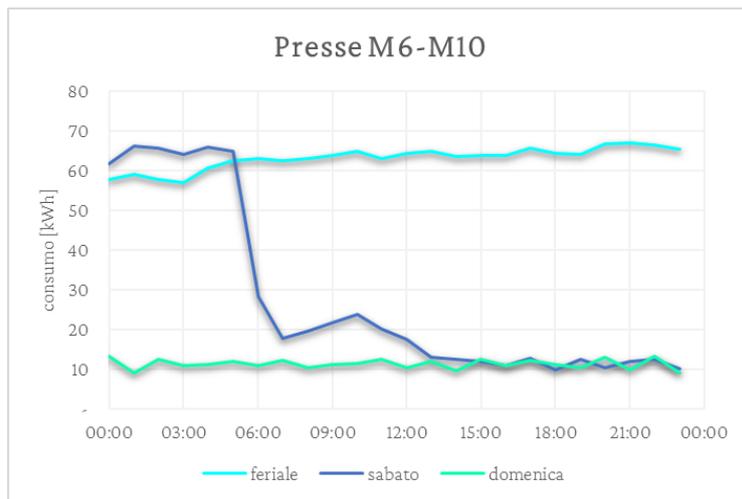


Figura 4.16: Andamento orario presse M6-M10 Sito 1.

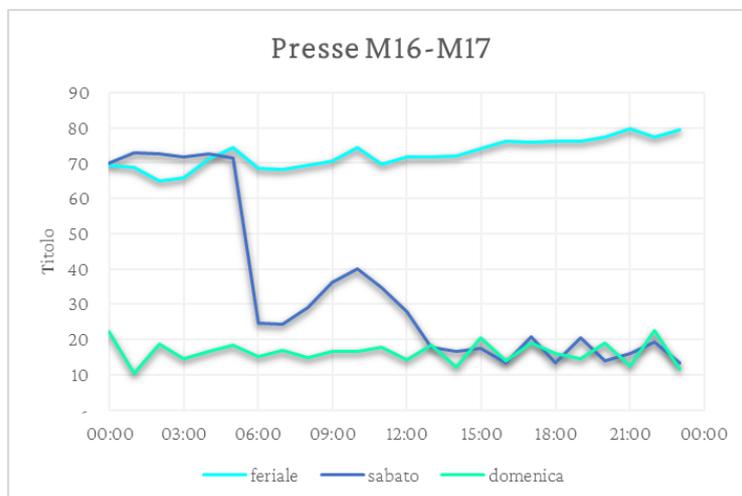


Figura 4.17: Andamento orario presse M16-M17 Sito 1.

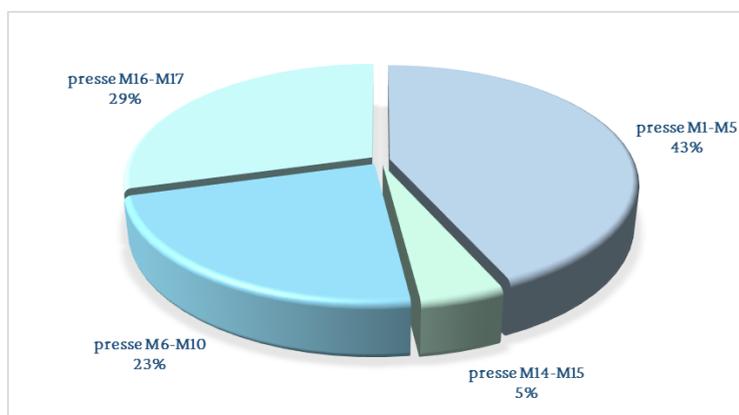


Figura 4.18: *Suddivisione consumi attività principali Sito 1.*

consumo durante il sabato risulta essere anomalo, dato che la produzione cessa il sabato mattina alle 06:00 alla fine del turno notturno del venerdì; si consiglia verificare il motivo di tale anomalia e correggerlo se possibile. In generale, i consumi per quel che riguarda le attività principali risultano dunque strettamente dipendenti dagli orari di produzione dei turni di lavoro.

Si riporta la suddivisione dei consumi per le attività principali nella Figura 4.18. Si nota come il consumo maggiore sia da attribuire alle presse M1-M5, seguite dalle M16-M17, M6-M10 e infine M14-M15. Le presse M14 e M15 hanno consumi notevolmente inferiori rispetto alle altre anche perché, rispetto a esse, lavorano meno ore al giorno, come si può notare dalla Figura 4.15 nella pagina precedente.

Servizi ausiliari

Tra i servizi ausiliari di questo stabilimento si sono monitorate le partenze delle linee che alimentano la sala pompe, le aspirazioni e i compressori.

Dalla Tabella 4.6 nella pagina successiva risulta evidente come per i compressori il consumo domenicale sia praticamente nullo e trascurabile; ciò significa che essi vengono completamente spenti durante i periodi di inutilizzo. Per le pompe e l'aspirazione invece il discorso è differente: esse infatti presentano consumi significativi durante la domenica. Tale fenomeno può essere attribuito agli impianti di aspirazione che, come dichiarato dai tecnici, rimangono sempre accesi 24 ore al giorno tutti i giorni della settimana; questo comportamento porta a sprechi significativi di energia e di denaro. Per una migliore gestione dell'energia dello stabilimento si consiglia di regolare il funzionamento degli impianti di aspirazione in base alle reali necessità della fabbrica, quindi durante gli orari di lavoro.

Anche in questo caso si analizzano gli andamenti orari medi per i giorni feriali, sabato e domenica (Figura 4.19 a fronte e Figura 4.20 nella pagina successiva).

Si può notare come per compressori, pompe e aspirazione l'andamento dei consumi è praticamente costante nei giorni feriali e segue l'andamento dei turni di lavoro durante il sabato.

Tabella 4.6: Servizi ausiliari Sito 1.

	Compressori [kWh]		Sala pompe e aspirazione [kWh]	
	<i>feriale</i>	<i>festivo</i>	<i>feriale</i>	<i>festivo</i>
Lunedì	4.416		5.296	
Martedì	5.778		7.550	
Mercoledì	5.752		8.293	
Giovedì	5.796		8.175	
Venerdì	5.727		7.239	
Sabato		2.614		3.677
Domenica		11		1.144
media	5.494	1.312	7.311	2.411
min	4.416	11	5.296	1.144
max	5.796	2.614	8.293	3.677

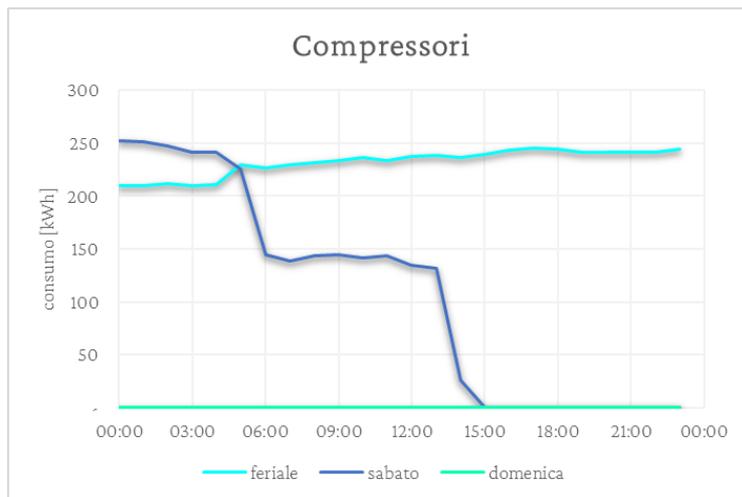


Figura 4.19: Andamento orario compressori Sito 1.

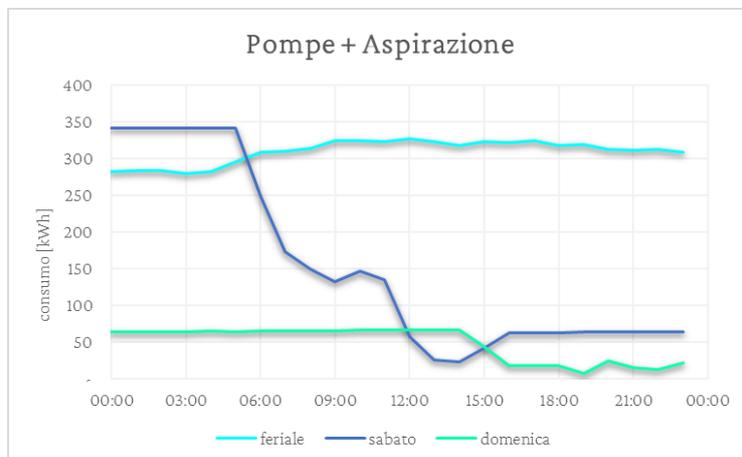


Figura 4.20: Andamento orario pompe e aspirazione Sito 1.

Data	Ora	L1 Phase asp. 90 [kWh]	L2 Phase asp. 90 [kWh]	L3 Phase asp. 90 [kWh]	Totale L1+L2+L3 [kWh]
10/04/2019	15:48:00	0,412	0,379	0,409	1,2
10/04/2019	15:49:00	0,411	0,379	0,409	1,199
10/04/2019	15:50:00	0,411	0,38	0,412	1,203
10/04/2019	15:51:00	0,411	0,38	0,411	1,202
10/04/2019	15:52:00	0,411	0,379	0,41	1,2
10/04/2019	15:53:00	0,411	0,378	0,411	1,2
10/04/2019	15:54:00	0,412	0,378	0,411	1,201
10/04/2019	15:55:00	0,413	0,378	0,412	1,203
10/04/2019	15:56:00	0,413	0,378	0,412	1,203
10/04/2019	15:57:00	0,412	0,379	0,412	1,203
10/04/2019	15:58:00	0,413	0,379	0,413	1,205
10/04/2019	15:59:00	0,412	0,379	0,412	1,203
10/04/2019	16:00:00	0,412	0,379	0,412	1,203
10/04/2019	16:01:00	0,412	0,378	0,411	1,201
10/04/2019	16:02:00	0,413	0,378	0,412	1,203
10/04/2019	16:03:00	0,412	0,377	0,411	1,2
		<i>singolo quadro</i>		<i>media al minuto [kWh]</i>	1,20
				<i>somma dei 16 minuti [kWh]</i>	19,23
				<i>consumo giornaliero kWh</i>	1730,61
				<i>consumo annuo [kWh]</i>	569.370,69
		3 quadri		consumo annuo [kWh]	1.708.112,07

Figura 4.21: Calcolo consumo aspiratori Sito 1.

Di domenica i compressori sono completamente spenti con un consumo praticamente nullo; per pompe e aspirazioni risulta un carico costante di circa 60 kWh, da imputarsi all'impianto di aspirazione che, come dichiarato dagli addetti, risulta costantemente attivo, mentre le pompe probabilmente seguono l'andamento del processo industriale, così come i compressori.

Si riporta infine in Figura 4.22 a fronte la suddivisione dei consumi dei servizi ausiliari; bisogna sottolineare come la suddivisione tra pompe a aspirazione, avendo monitorato la partenza che alimentava entrambe le utenze, sia stata calcolata a partire dalla misura del consumo al minuto svolta per un quarto d'ora sul quadro di un aspiratore (in totale ci sono 3 quadri che, come dichiarato dai tecnici, servono lo stesso numero e la stessa tipologia di aspiratori; dunque il valore calcolato per tale quadro è stato moltiplicato per 3 in modo tale da ricostruire il consumo totale di tutti gli aspiratori). Da qui si è calcolato il consumo medio al minuto e dunque, considerando il funzionamento di tali impianti costante lungo tutto l'arco delle 24 ore della giornata, si è potuto calcolare il consumo medio giornaliero; infine, supponendo che questi impianti siano in funzione in media 7 giorni su 7 per 47 settimane l'anno si è ricavato il consumo annuo, che è stato sottratto dal totale della linea pompe + aspirazioni. Tale procedura di calcolo è riportata in Tabella 4.21.

Osservando la Figura 4.22 a fronte risulta evidente come tra i servizi ausiliari i più energivori siano i compressori, che infatti rappresentano il 42% di tale area funzionale, seguiti dall'aspirazione con il 31% e infine dalla sala pompe che invece costituisce il 17% del totale. In questo caso è opportuno cercare di ridurre gli sprechi dovuti all'accensione dell'impianto di aspirazione fuori dall'orario di lavoro poiché i compressori, nonostante rappresentino la mag-

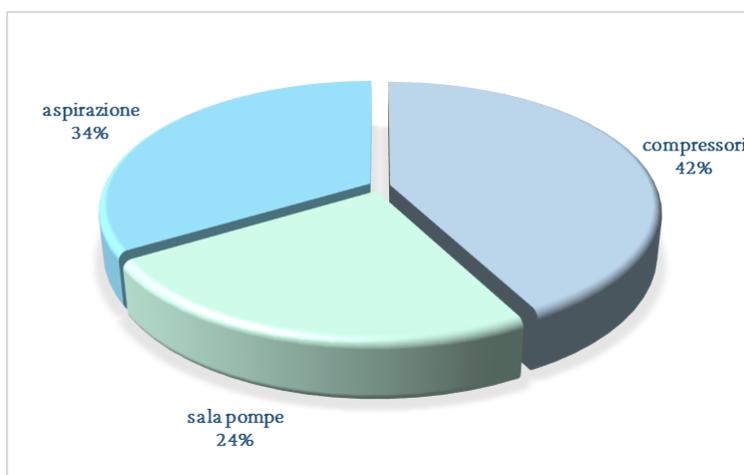


Figura 4.22: Suddivisione consumi servizi ausiliari Sito 1.

Tabella 4.7: Servizi generali Sito 1.

	Q2 luci fonderia [kWh]		Servizi uffici [kWh]	
	feriale	festivo	feriale	festivo
Lunedì	41		124	
Martedì	45		130	
Mercoledì	40		139	
Giovedì	42		129	
Venerdì	44		125	
Sabato		37		90
Domenica		25		52
media	42	31	129	71
min	40	25	124	52
max	45	37	139	90

gioranza del consumo dei servizi ausiliari, come si è visto nelle pagine precedenti, vengono spenti durante la domenica.

Servizi generali

Le linee dello stabilimento che rappresentano i servizi ausiliari sono quelle denominate servizi uffici e Q2 luci fonderia, entrambe monitorate.

In Tabella 4.7 vengono riportati i consumi aggregati medi per ogni giorno della settimana; anche in questo caso il consumo la domenica non è nullo, evidenziando quindi una gestione poco ottimale di accensioni e spegnimenti.

In seguito si riportano le curve orarie medie giornaliere per i giorni feriali, sabato e domenica.

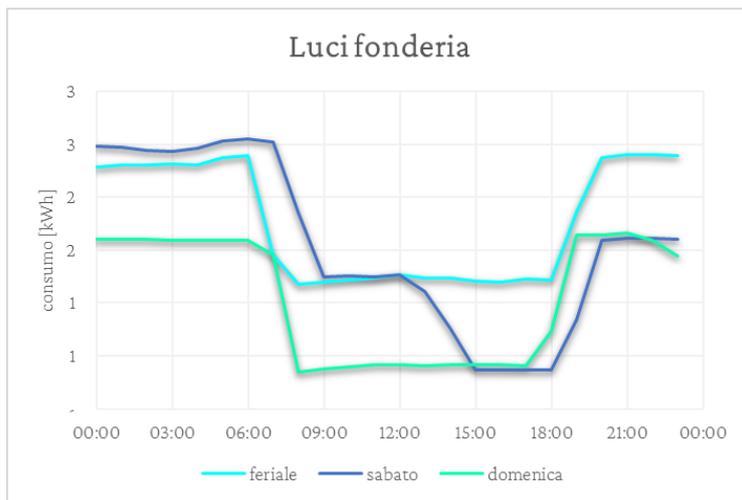


Figura 4.23: Andamento orario luci fonderia Sito 1.

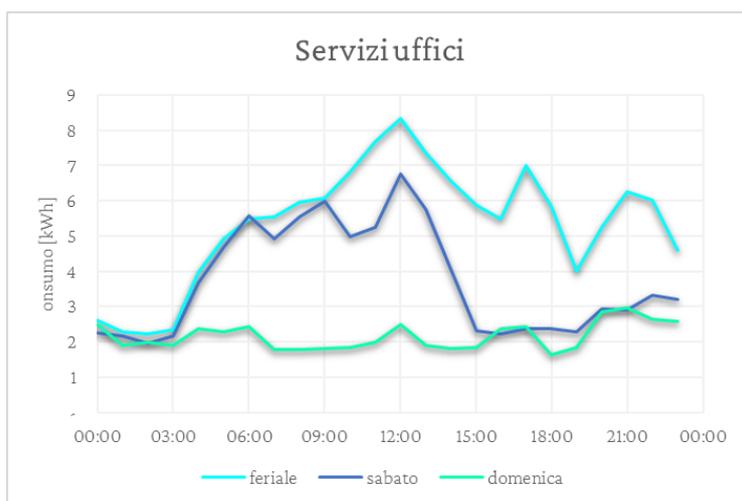


Figura 4.24: Andamento orario servizi uffici Sito 1.

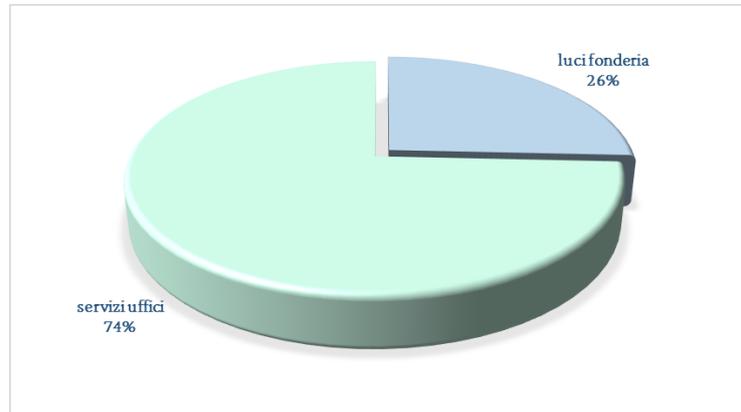


Figura 4.25: *Suddivisione consumi servizi generali Sito 1.*

Dagli andamenti orari risulta come le luci nel reparto fonderia siano usate in modo costante nelle ore buie della giornata, dalle 18:00 circa alle 8:00 del mattino; è evidente come tale consumo si abbia anche di domenica, quando la fabbrica è chiusa e quindi l'ambiente della fonderia non occupato; un possibile risparmio può sicuramente essere ottenuto regolando l'accensione e lo spegnimento degli apparecchi di illuminazione in base all'occupazione degli ambienti.

Il consumo dei servizi degli uffici segue l'andamento tipico dell'occupazione di locali adibiti a ufficio (dalle 8:00-9:00 alle 16:00-17:00). Il consumo domenicale ha un andamento abbastanza costante e regolare; gestendo in modo ottimale queste utenze si potrebbe eliminare tale apporto, che rappresenta uno spreco per l'azienda.

In Figura 4.25 si riporta la suddivisione dei consumi in base alle utenze per quel che riguarda i servizi generali.

Dalla Figura 4.25 si può notare come il maggior consumo dei servizi generali sia rappresentato dalla linea servizi uffici, che infatti costituisce il 74% del consumo. Il risultato ottenuto è ragionevole in quanto tale linea serve tutte le utenze elettriche degli uffici, quali illuminazione, postazioni pc, condizionamento estivo.

Riepilogo consumi e diagramma di Sankey

Per riassumere il modello energetico e mostrare il contributo che ogni singola linea monitorata dà al totale dei consumi di stabilimento si è costruito un diagramma di Sankey, riportato in Figura 4.26 nella pagina seguente. Con tale diagramma si riesce ad avere una visuale complessiva dei consumi di stabilimento, suddivisi secondo le tre aree funzionali di interesse.

Viste le percentuali dei contributi che ogni linea dà al totale dei consumi, risulta chiaro che sia più conveniente attuare interventi di risparmio energetico sulle linee delle attività principali e dei servizi ausiliari, che appunto sono le aree funzionali più energivore dello stabilimento e che, dunque, porteranno a maggiori risparmi e anche minori tempi di ritorno; nelle industrie, infatti, i servizi generali rappresentano solo una piccola percentuale dei consumi totali.

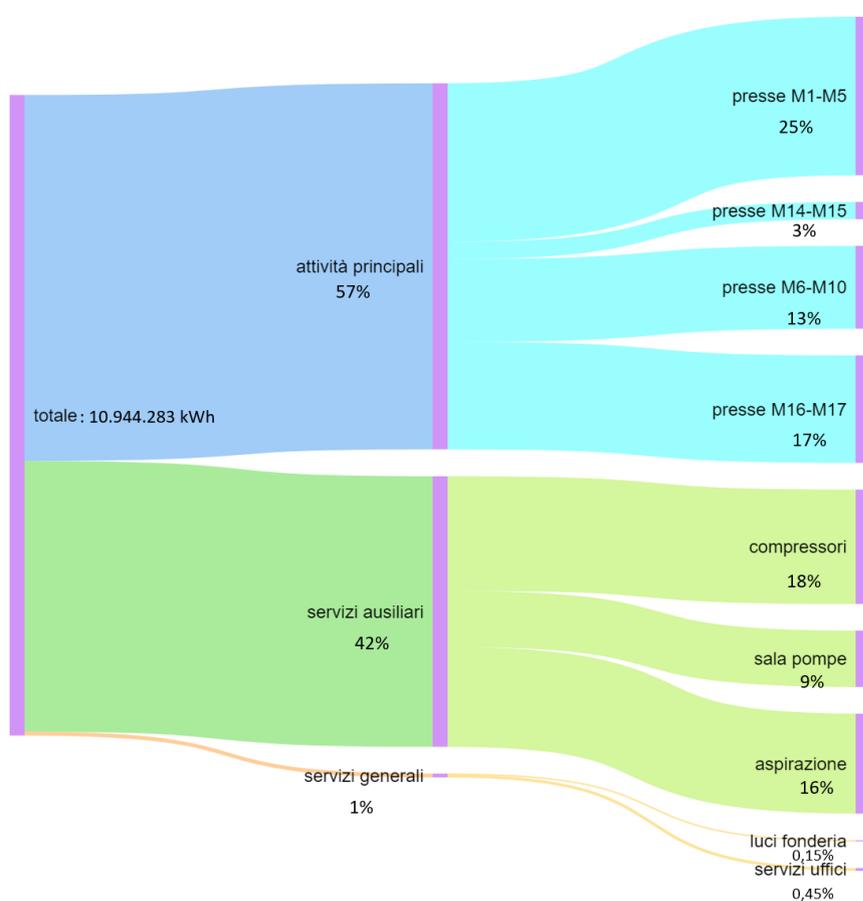


Figura 4.26: Diagramma di Sankey dei consumi.

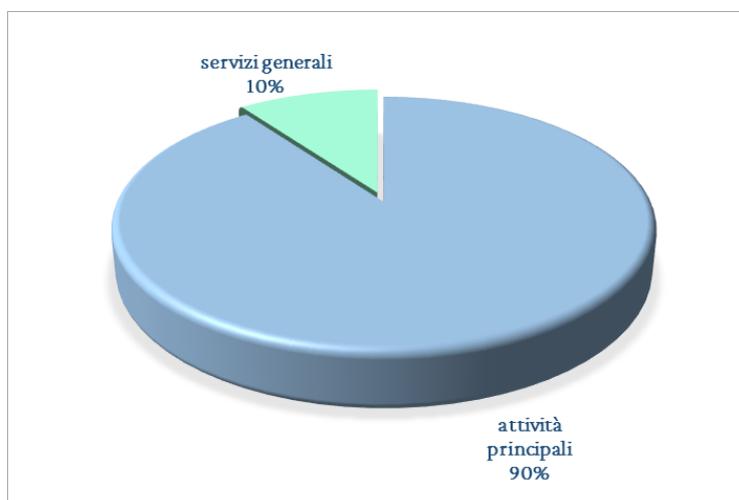


Figura 4.27: Modello GN Sito 1.

4.4.2 Gas naturale

Il gas naturale nello stabilimento viene utilizzato sia per le attività principali, dato che alimenta i forni fusori, sia per i servizi generali per quel che riguarda il riscaldamento degli uffici e dei reparti produttivi. Confrontando i consumi nei mesi in cui è funzionamento l'impianto di riscaldamento e quelli dei mesi in cui non lo è si è calcolata la percentuale del consumo totale destinata alle attività principali, che è risultata pari a 90%. Nella Figura 4.27 viene riportato dunque il modello globale per il gas naturale di questo stabilimento.

4.4.3 Gasolio

Il gasolio nell'azienda viene utilizzato esclusivamente per i trasporti, dunque per l'area funzionale dei servizi generali. È stato dichiarato un consumo al 2018 pari a 61.500 litri, corrispondenti a 52,4 tep.

4.5 Sintesi risultati degli altri stabilimenti

Si riporta in questo paragrafo la sintesi dei risultati relativi agli altri stabilimenti del gruppo; si è deciso per chiarezza e semplicità riportare i grafici e le informazioni più significative riguardanti l'analisi energetica, ovvero l'analisi dei consumi orari riferiti al 2018 di energia elettrica, gli indicatori energetici, la distribuzione elettrica e la suddivisione dei consumi tra le aree funzionali, riportando quindi i modelli energetici finali, mentre le restanti informazioni sugli stabilimenti in esame si trovano in allegato.

La procedura seguita è la stessa utilizzata per il Sito 1.

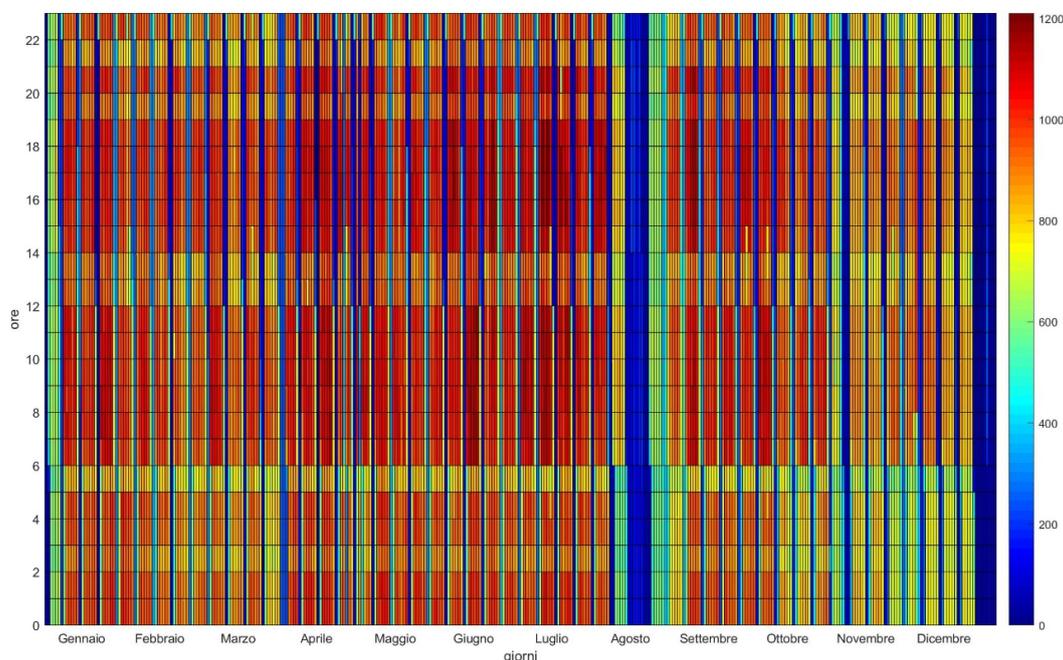


Figura 4.28: Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala completa) Sito2 (POD 054).

4.5.1 Sito 2

Analisi dei consumi storici

Nella Figura 4.28 si riporta il carpet plot dei consumi orari del 2018 di energia elettrica in scala completa per il POD 054; anche per questo sito e questo POD l'andamento risulta essere periodico, seguendo gli orari di lavoro.

Analizzando nel dettaglio la scala dei minimi (Figura 4.29 nella pagina successiva) si evidenzia come i consumi non siano realmente nulli, se non nel mese di Agosto durante la chiusura; nei weekend infatti essi si aggirano intorno ai 150-350 kWh, dimostrando come gli sprechi nello stabilimento siano notevoli. In Figura 4.30 a fronte viene riportata la scala dei massimi; da tale immagine si nota come i consumi più elevati, che raggiungono i 1200 kWh, si concentrino nelle ore centrali della giornata, in particolare dalle 06:00 alle 12:00 e dalle 14:00 alle 19:00, durante i turni di lavoro giornalieri.

Per l'altro POD di cui sono disponibili le curve di carico la situazione è diversa. Già dal carpet plot con scala completa (Figura 4.31 a pagina 76) si nota come l'andamento dei consumi non sia periodico. I consumi maggiori sono concentrati negli ultimi due mesi dell'anno, mentre tra gennaio e aprile essi sono significativamente bassi. Inoltre non sono evidenziati i giorni di chiusura, né del weekend né delle vacanze estive.

Se si osserva il carpet plot con scala minima della Figura 4.32 a pagina 77 appare evidente come i consumi non siano praticamente mai nulli, in particolar modo nelle ore centrali della giornata in cui sembra esserci un consumo costante di circa 750 kWh. Con scala massima (Fi-

4.5. SINTESI RISULTATI DEGLI ALTRI STABILIMENTI

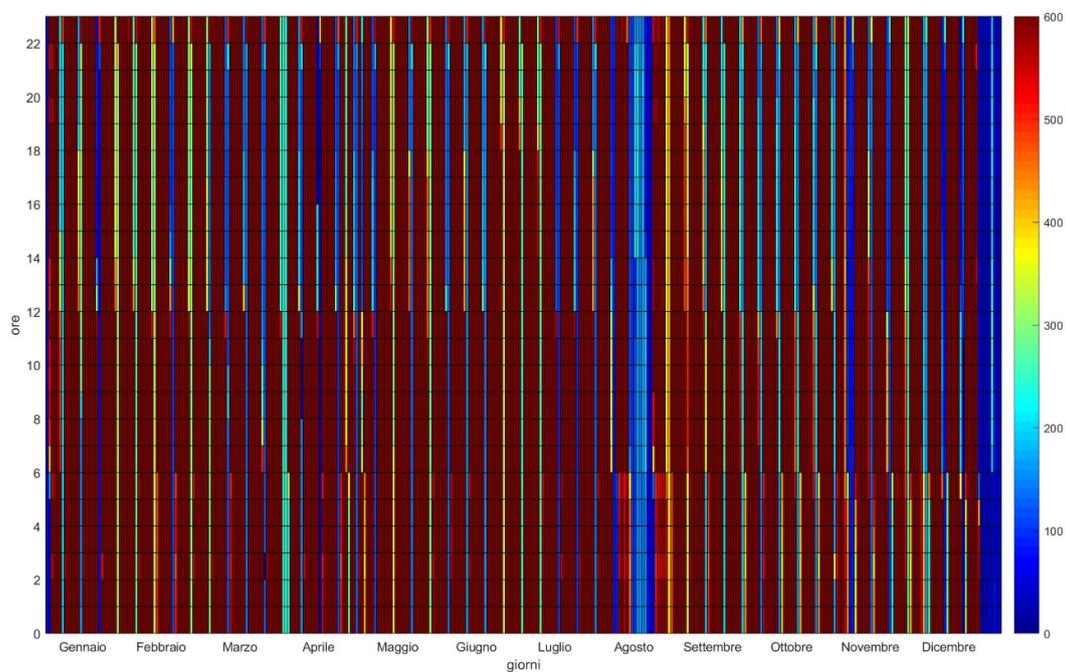


Figura 4.29: Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala dei minimi) Sito 2 (POD 054).

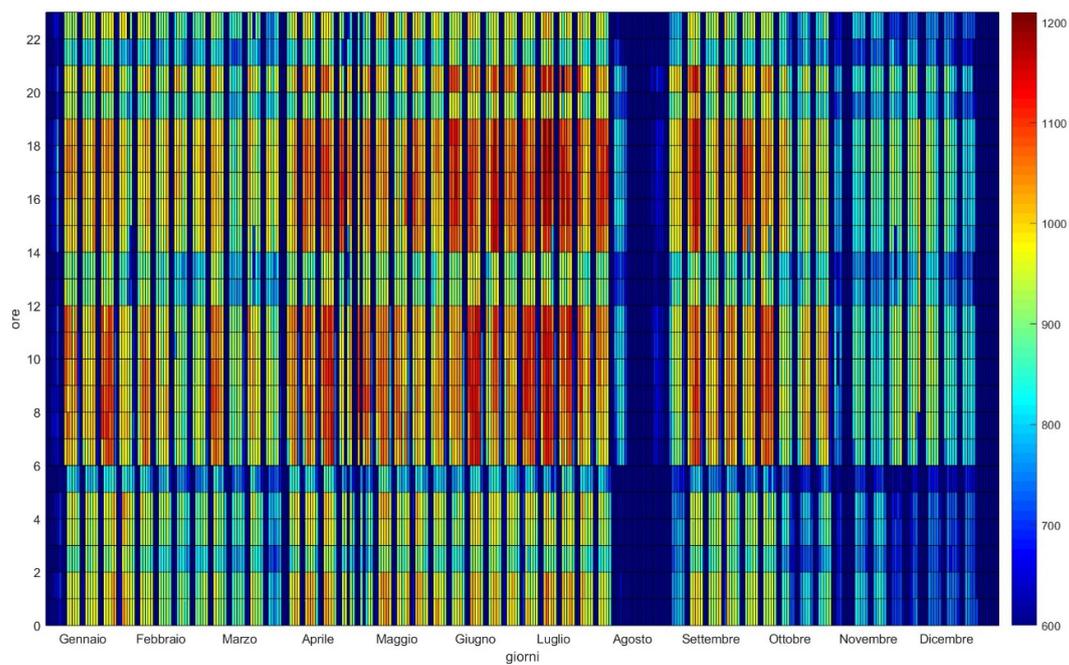


Figura 4.30: Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala dei massimi) Sito 2 (POD 054).

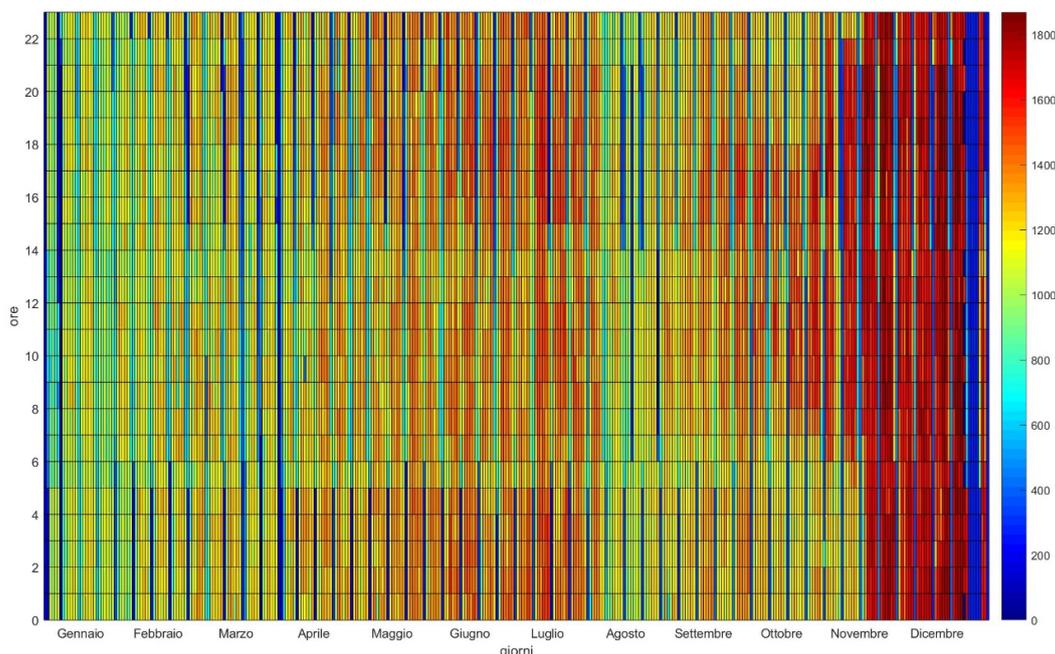


Figura 4.31: Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala completa) Sito2 (POD 145).

gura 4.33 nella pagina successiva) si evidenzia maggiormente l'andamento crescente durante l'anno dei consumi, che partono da gennaio intorno agli 800 *kWh* per terminare con dicembre intorno ai 1800 *kWh*.

Analizzando infine il consumo complessivo di stabilimento dei due POD considerati suddiviso per turni di lavoro (Figura 4.34 a pagina 78 si nota come sui tre turni lavorativi il consumo sia distribuito uniformemente, mentre negli orari fuori produzione risulta parecchio elevato, con un'incidenza sul totale pari al 22%. Tale fenomeno è sintomo di forti sprechi di energia durante le chiusure che vanno a incidere notevolmente sul bilancio globale.

Indicatori energetici

Dall'analisi degli indicatori energetici risulta che l'EnPi medio per il Sito 2 sia pari a 2,19 *kWh/numero di pezzi lavorati*. L'andamento degli indicatori energetici risulta perlopiù costante (Figura 4.35 a pagina 79), fatta eccezione per i mesi di agosto e dicembre in cui risulta parecchio sopra la media; ciò significa che l'energia elettrica consumata in questi mesi sia eccessiva rispetto all'andamento della produzione.

Distribuzione elettrica e monitoraggio

Nella Figura 4.36 a pagina 79, Figura 4.37 a pagina 80 e Figura 4.38 a pagina 80 vengono riportati gli schemi della distribuzione elettrica del Sito 2; lo stabilimento è servito in totale da 3 POD allacciati in media tensione.

4.5. SINTESI RISULTATI DEGLI ALTRI STABILIMENTI

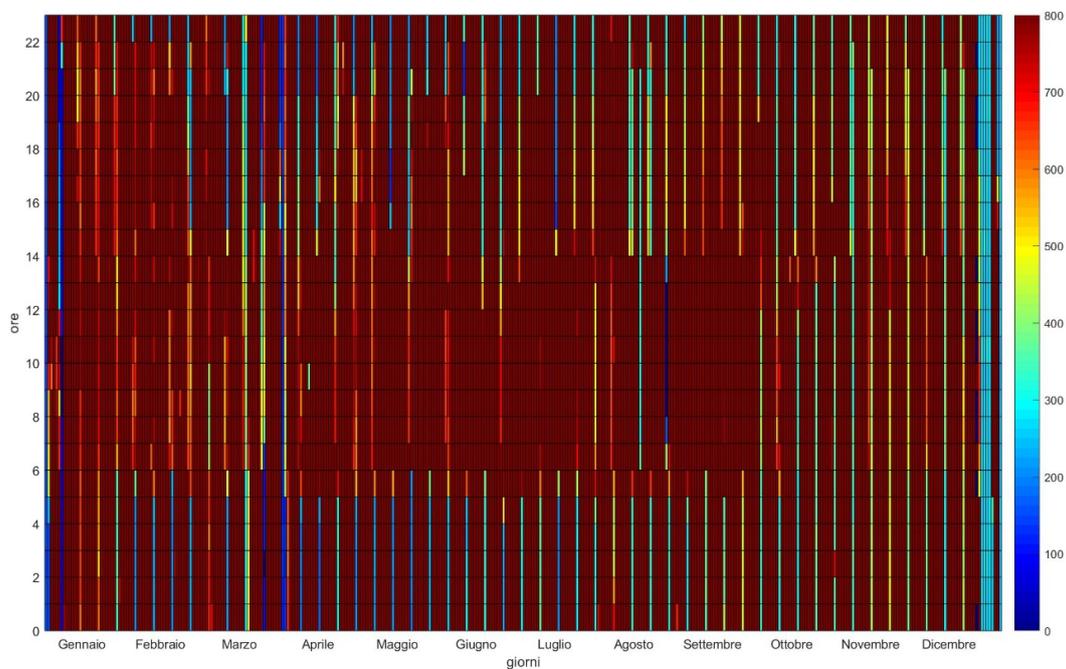


Figura 4.32: Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala dei minimi) Sito2 (POD 145).

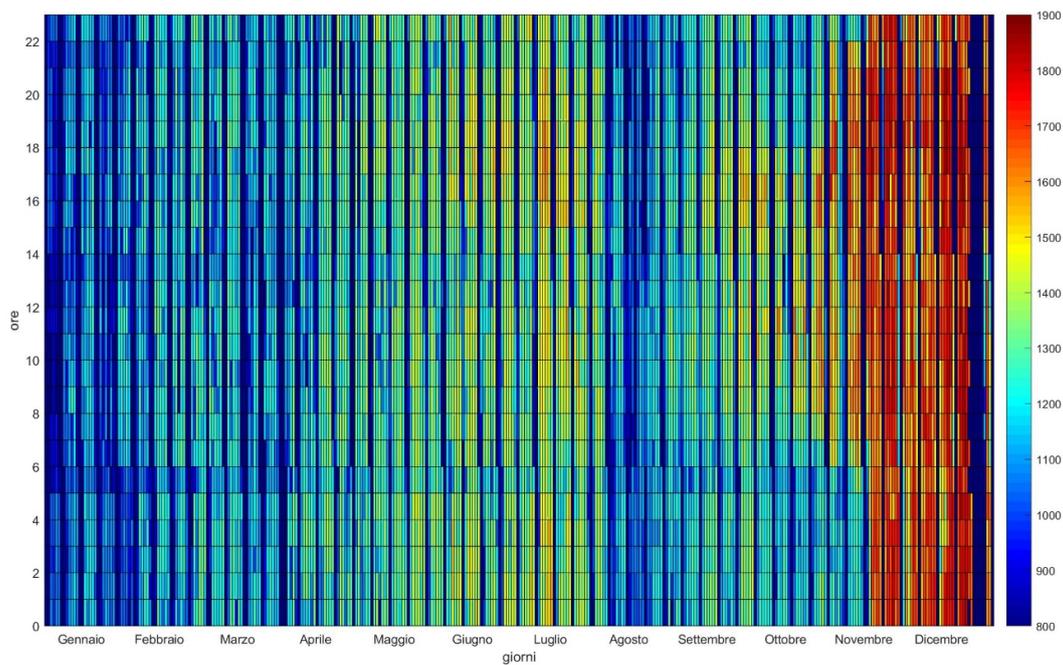


Figura 4.33: Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala dei massimi) Sito2 (POD 145).

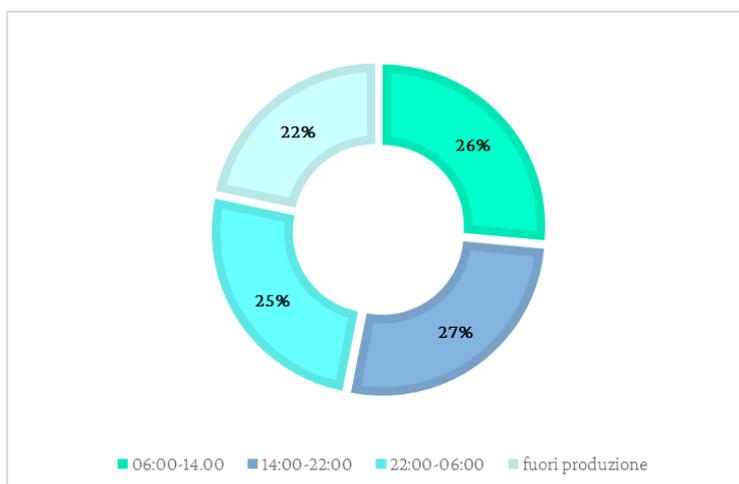


Figura 4.34: Ripartizione dei consumi del 2018 per turni di lavoro Sito 2.

Tabella 4.8: EnPi Sito 2.

Anno 2018	Totale Prelevata [kWh]	Pezzi lavorati [-]	EnPi [kWh/pezzo]
Gennaio	1.239.156	665.896	1,86
Febbraio	1.208.755	562.033	2,15
Marzo	1.306.994	566.339	2,31
Aprile	1.254.429	647.996	1,94
Maggio	1.451.256	771.175	1,88
Giugno	1.427.277	747.952	1,91
Luglio	1.502.728	771.269	1,95
Agosto	1.171.307	429.492	2,73
Settembre	1.392.555	674.683	2,06
Ottobre	1.508.492	675.549	2,23
Novembre	1.500.856	633.500	2,37
Dicembre	1.290.216	446.712	2,89

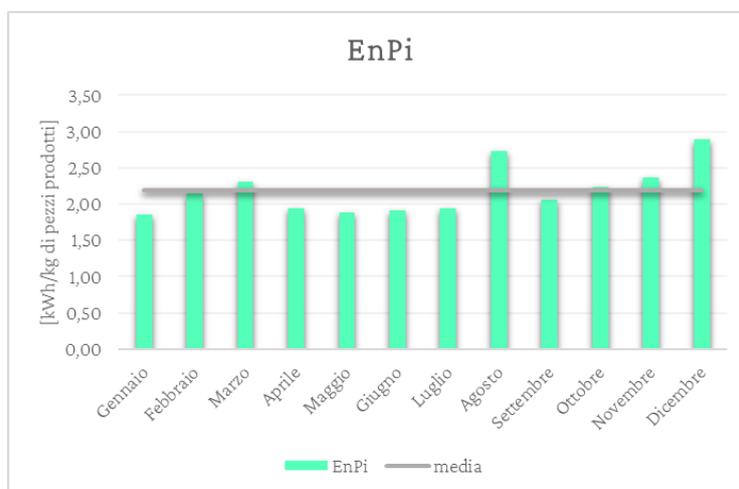


Figura 4.35: EnPi Sito 2.

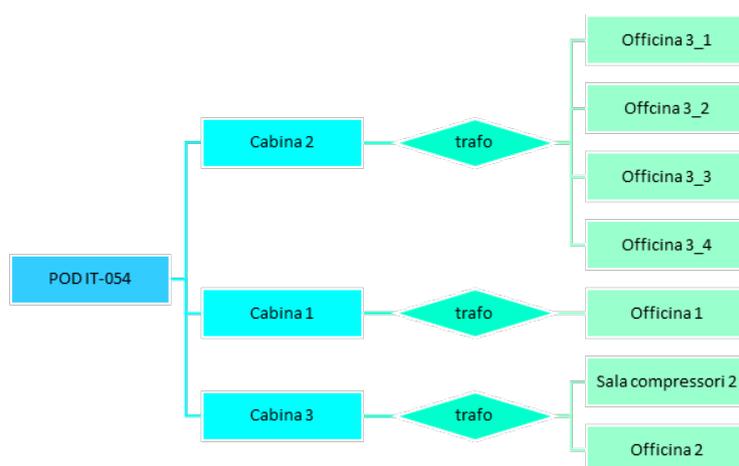


Figura 4.36: Distribuzione elettrica di Sito 2 - POD IT-054.

Sono presenti sistemi di monitoraggio fisso sulle linee denominate Officina 6_3, Officina 6_2 e sala compressori 2; attraverso la campagna di monitoraggio si sono misurate le partenze delle linee Officina 3_1, Officina 3_5, Officina 6_1, Officina 1. I dati relativi alle restanti linee sono stati dedotti attraverso calcoli o dalla lettura dei multimetri presenti nei quadri elettrici. Grazie alla campagna di misure eseguita si sono riuscite a ricoprire le percentuali previste da ENEA in materia di monitoraggio.

Modelli energetici

Energia elettrica Il modello elettrico per Sito 2 è riportato in Figura 4.39 nella pagina successiva; il 61% dei consumi totali è destinato alle attività principali, il 31% ai servizi ausiliari e l'8% a quelli generali.

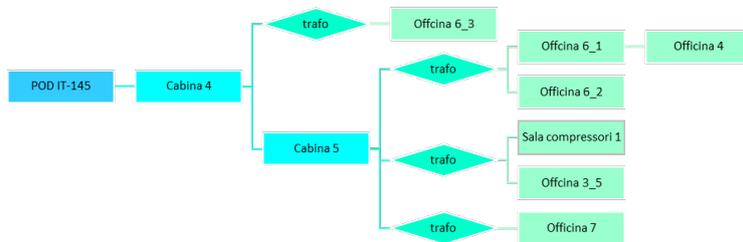


Figura 4.37: Distribuzione elettrica di Sito 2 - POD IT-145.

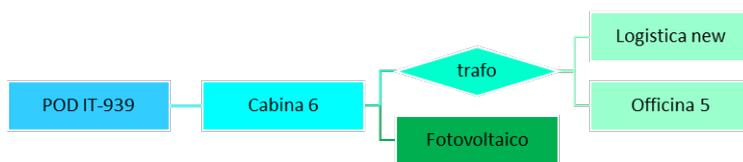


Figura 4.38: Distribuzione elettrica di Sito 2 - POD IT-939.

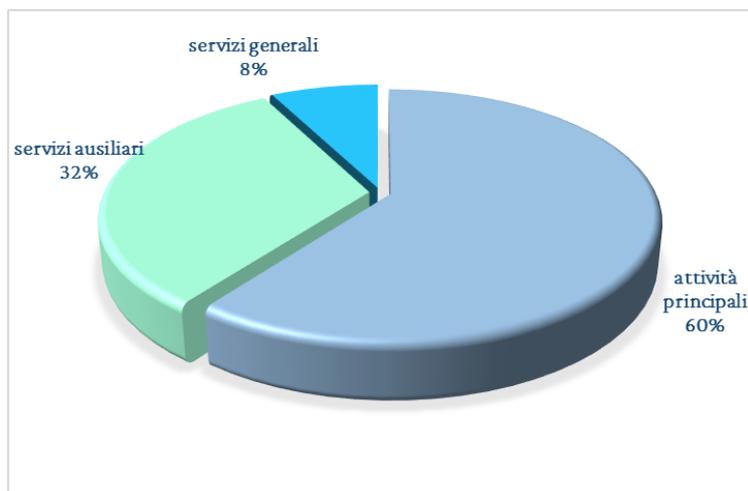


Figura 4.39: Modello EE Sito 2.

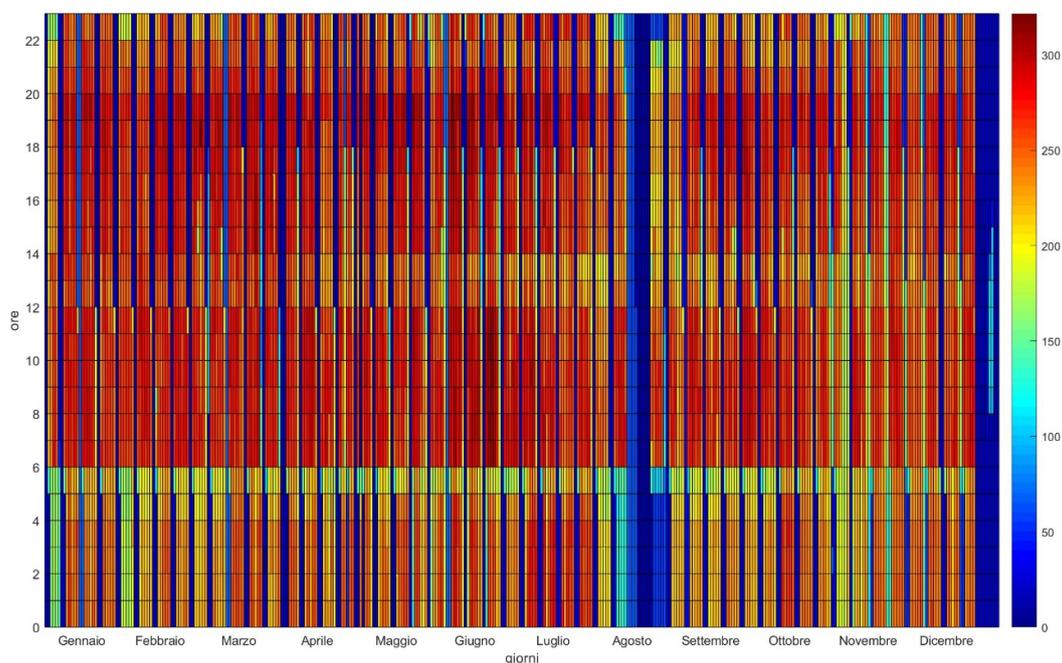


Figura 4.40: Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala completa) Sito 3.

Gas naturale Il gas naturale nello stabilimento di Sito 2 viene utilizzato esclusivamente per la produzione di acqua calda sanitaria e per il riscaldamento nei mesi invernali; tale comportamento risulta evidente osservando la Figura A.20 a pagina 129 e la Figura A.21 a pagina 129 in cui sono riportati gli andamenti giornalieri del consumo di gas naturale. Risulta quindi che il consumo totale sia destinato ai servizi generali.

4.5.2 Sito 3

Analisi dei consumi storici

Nella Figura 4.40 è riportato il carpet plot dei consumi del Sito 3 di energia elettrica per il 2018; anche per questo stabilimento l'andamento risulta periodico seguendo i turni di lavoro e le chiusure aziendali. Dall'analisi dei dati con scala minima (Figura 4.41 nella pagina successiva) risulta evidente come in questo caso i consumi siano pressoché nulli nei weekend e nei periodi di ferie. Dalla Figura 4.42 nella pagina seguente si evidenzia invece come il valore massimo dei consumi, che è circa 340 kWh , si abbia solamente in alcune ore centrali della giornata; da questo grafico si nota anche la differenza dei consumi tra turni di giorno e il turno di notte, che presenta consumi ridotti.

La suddivisione dei consumi per turni di lavoro è illustrata nella Figura 4.43 a pagina 83; i due turni di lavoro diurni presentano la stessa percentuale sul totale dei consumi, mentre il turno di notte ha qualche punto percentuale in meno. L'incidenza dei consumi negli orari di fuori produzione è pari al 16%.

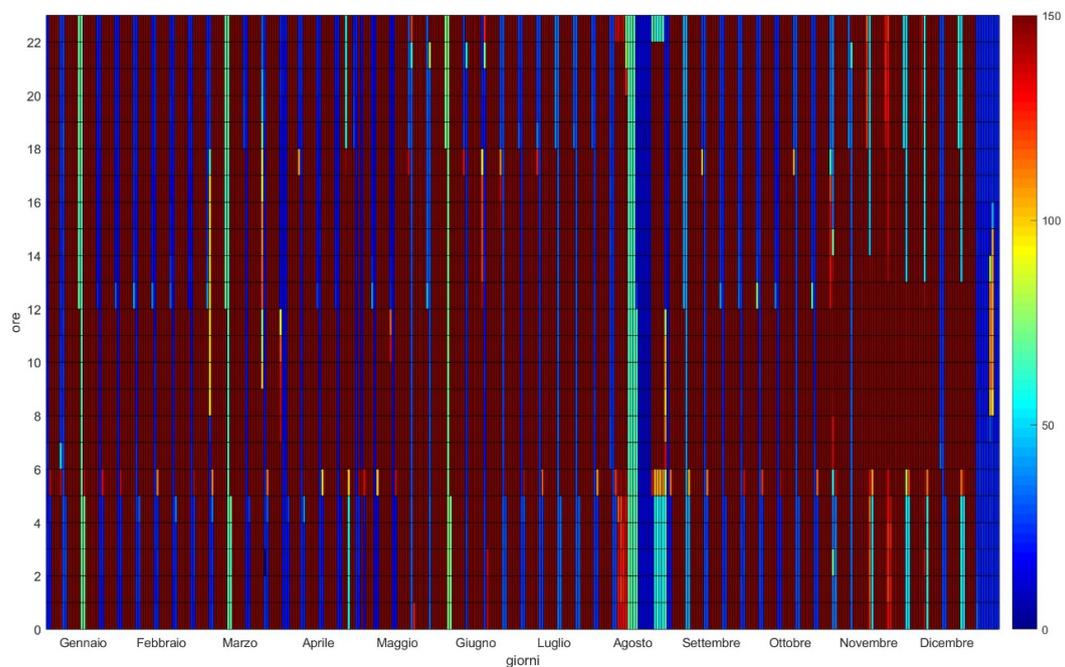


Figura 4.41: Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala dei minimi) Sito 3.

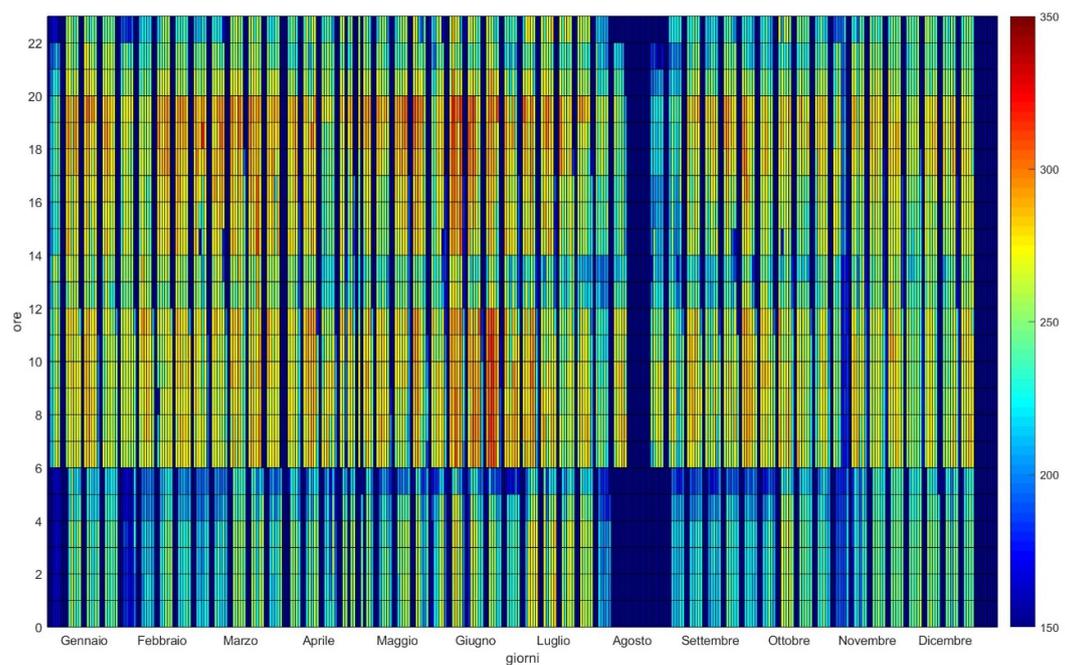


Figura 4.42: Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala dei massimi) Sito 3.

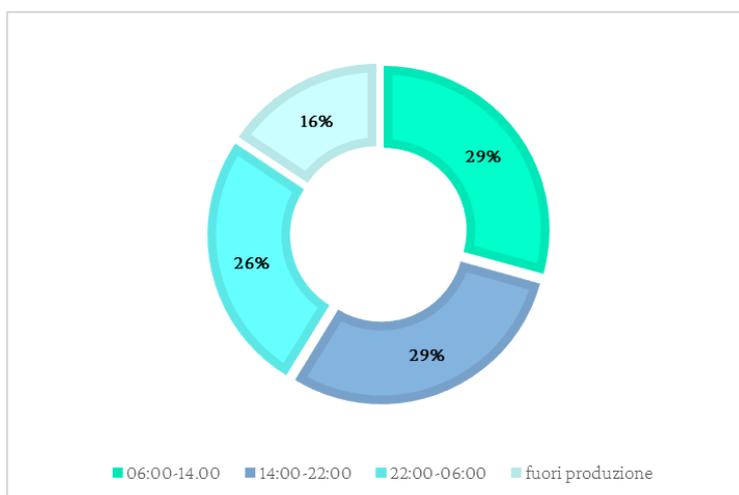


Figura 4.43: Ripartizione dei consumi del 2018 per turni di lavoro Sito 3.

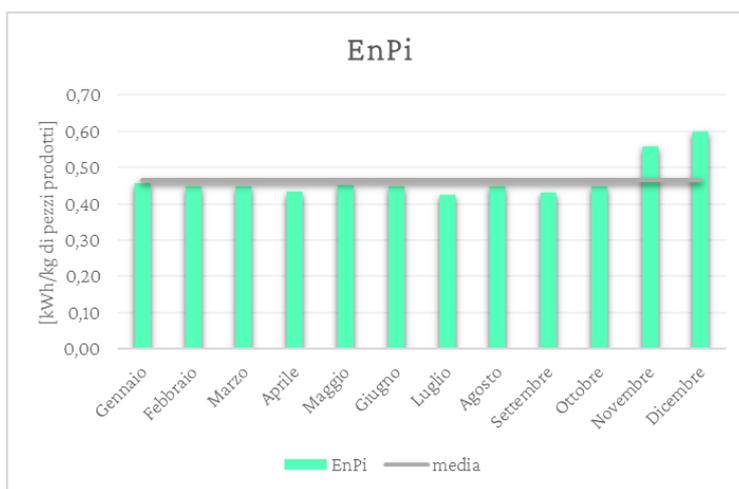


Figura 4.44: EnPi Sito 3.

Indicatori energetici

Dall'analisi degli indicatori energetici risulta che l'EnPi medio del Sito 3 sia pari a 0,47 kWh/numero di pezzi prodotti; l'andamento di tale dato risulta costante nei mesi dell'anno, tranne per novembre e dicembre che presentano valori al di sopra della media: il consumo in questi mesi è parecchio elevato in rapporto alla produzione.

Distribuzione elettrica e monitoraggio

Nella Figura 4.45 a pagina 85 è riportato lo schema della distribuzione elettrica per il Sito 3; durante la campagna di monitoraggio si sono misurate direttamente le linee denominate Ricarica muletti, Quadro luce magazzino, Spogliatoi e servizi, Blindo 2, Blindo 1, Ufficio logistica, Blindo 4 e Compressori. Si è verificato insieme all'elettricista che le restanti linee risultassero

Tabella 4.9: EnPi Sito 3.

Anno 2018	Totale Prelevata [kWh]	Pezzi lavorati [-]	EnPi [kWh/pezzo]
Gennaio	139.304	304.668	0,46
Febbraio	129.397	288.252	0,45
Marzo	151.033	337.697	0,45
Aprile	128.802	297.110	0,43
Maggio	146.192	324.057	0,45
Giugno	152.322	340.551	0,45
Luglio	149.557	350.872	0,43
Agosto	97.652	218.254	0,45
Settembre	133.017	308.943	0,43
Ottobre	147.827	330.996	0,45
Novembre	152.387	272.523	0,56
Dicembre	110.444	184.138	0,6

perlopiù scariche o percorse da corrente con valori di amperaggio poco significativi. Grazie alla campagna di misure è stato possibile rispettare le percentuali di copertura dei consumi previste da ENEA.

Modelli energetici

Energia elettrica Grazie alla campagna di monitoraggio e ai calcoli svolti si è riuscito a raggiungere la quasi totalità di copertura dei consumi di energia elettrica per lo stabilimento. Le attività principali ricoprono il 44% dei consumi totali, i servizi ausiliari il 39% e quelli generali il 17%. Il modello elettrico è riportato in Figura 4.46 nella pagina successiva.

Gas naturale Il consumo totale di gas naturale nello stabilimento di Sito 4 è destinato alla produzione di acqua calda sanitaria e riscaldamento nei mesi invernali; anche in questo caso la totalità di gas naturale è impiegata nei servizi generali. L'andamento dei consumi giornalieri per il 2018 è riportato in Figura B.17 a pagina 140.

4.5.3 Sito 4

Analisi dei consumi storici

Dall'analisi dei consumi storici del 2018 di energia elettrica si sono ricavati carpet plot riportati in Figura 4.47 a pagina 86, Figura 4.48 a pagina 87 e Figura 4.49 a pagina 87. L'andamento dei consumi rispetta quello dei turni di lavoro, con un notevole abbassamento dei valori durante i fine settimana e durante le ferie estive. Analizzando nel dettaglio la scala sui minimi (Figura 4.48 a pagina 87) si nota come il consumo non sia mai realmente nullo, se non durante la chiusura estiva, ma che anche nei weekend esso sia compreso tra i 400 e i 600 kWh. Tale fenomeno è da

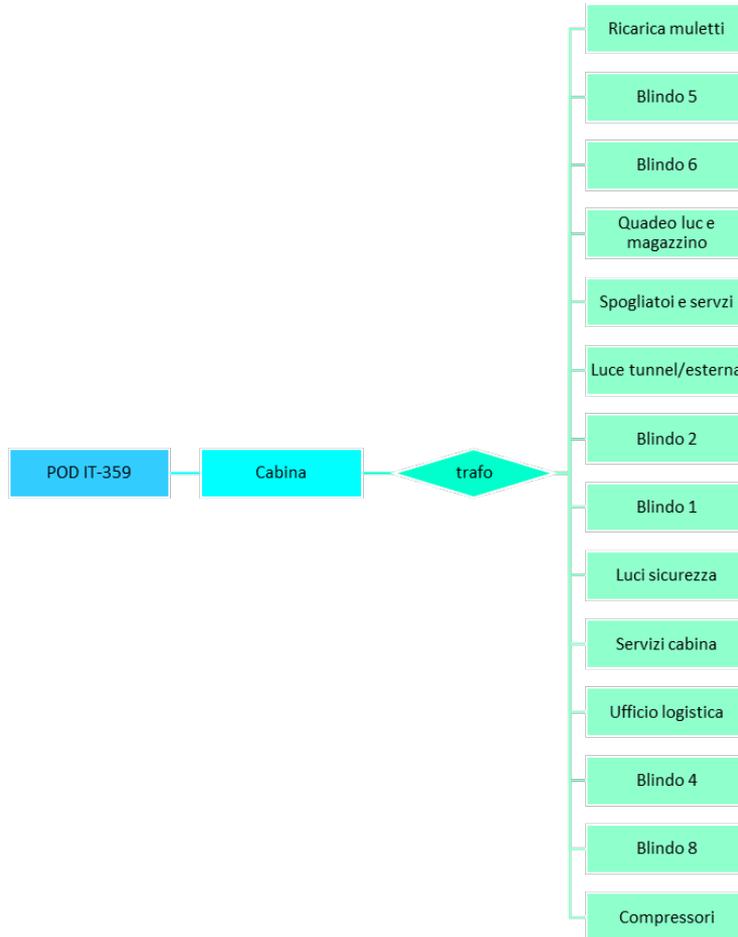


Figura 4.45: Distribuzione elettrica Sito 3.

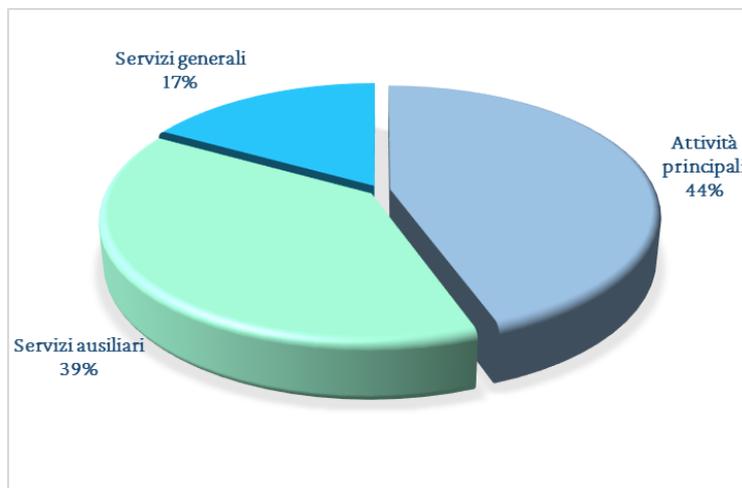


Figura 4.46: Modello EE Sito 3.

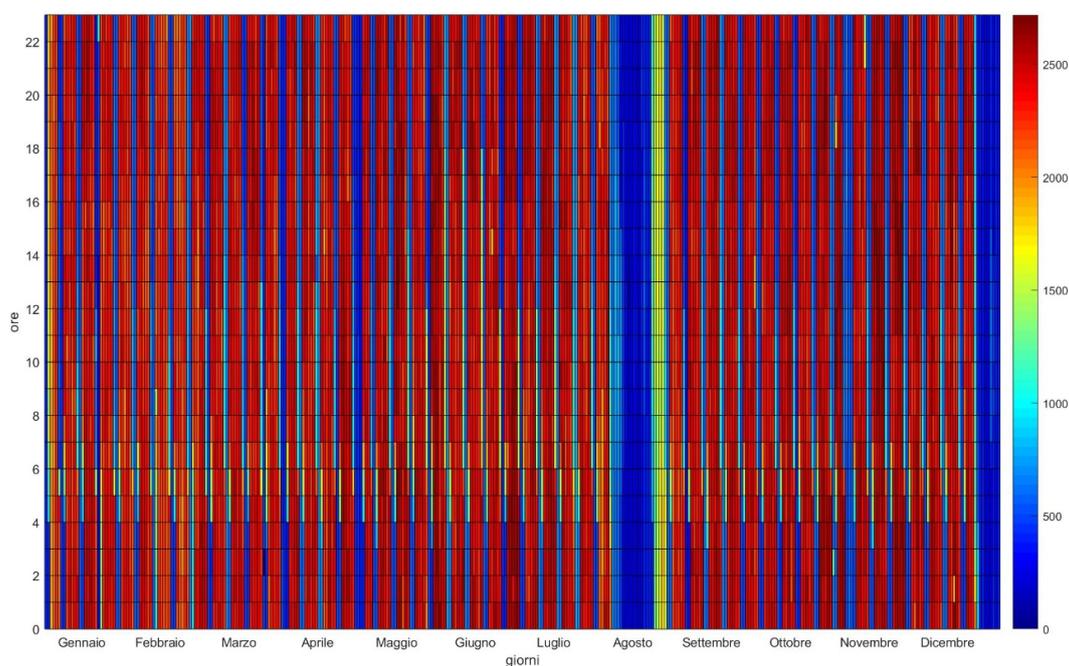


Figura 4.47: Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala completa) Sito 4.

imputare alla non corretta gestione degli impianti, che probabilmente continuano a essere in funzione anche quando la fabbrica è chiusa.

Focalizzandosi, invece, sulla scala dei massimi nella Figura 4.49 nella pagina successiva si nota come nella prima parte dell'anno i consumi siano contenuti, tra i 2000 e i 2450 kWh , mentre a partire da marzo i valori crescano fino a toccare il massimo pari a 2650 kWh .

Quanto detto riguardo al consumo nei fine settimana può essere verificato anche dal grafico riportato in Figura 4.50 a pagina 88: il consumo nei giorni di chiusura fuori dall'orario di produzione rappresenta infatti il 14% del consumo totale dell'anno 2018. Tale dato non è trascurabile poiché è sintomo di un grande spreco di energia, che può essere evitato attraverso semplici cambiamenti comportamentali. La distribuzione risulta invece omogenea sui tre turni di lavoro settimanali.

Indicatori energetici

Analizzando ora gli indicatori energetici risulta che il valor medio dell'EnPi di questo stabilimento è pari a 1,04 $kWh/kg_{pezzi\ prodotti}$. I valori però di ogni singolo mese non seguono in modo costante la media; in particolare nei mesi di gennaio, febbraio e marzo l'energia elettrica consumata risulta eccessiva rispetto all'andamento della produzione, nonostante essa sia comunque più bassa rispetto alla restante parte dell'anno (vedi Analisi dei consumi storici, Figura 4.49 nella pagina successiva). Anche nel mese di agosto e dicembre il valore risulta superiore alla media, giustificabile però dalla minor produzione causata dalle chiusure estive e natalizie, durante le quali i consumi non sono mai veramente nulli.

4.5. SINTESI RISULTATI DEGLI ALTRI STABILIMENTI

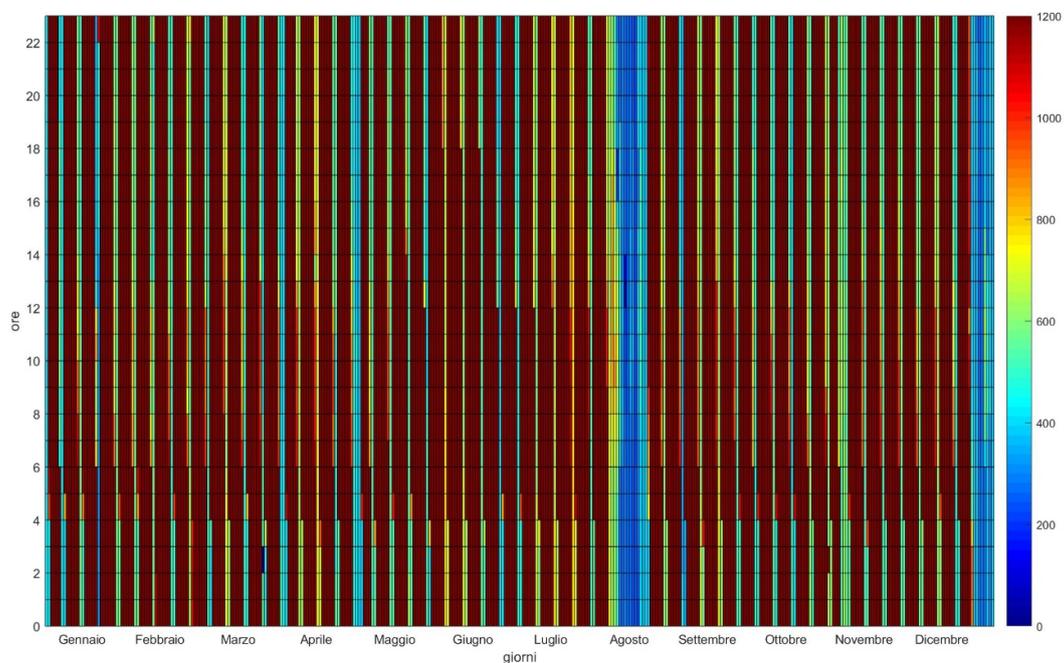


Figura 4.48: Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala dei minimi) Sito 4.

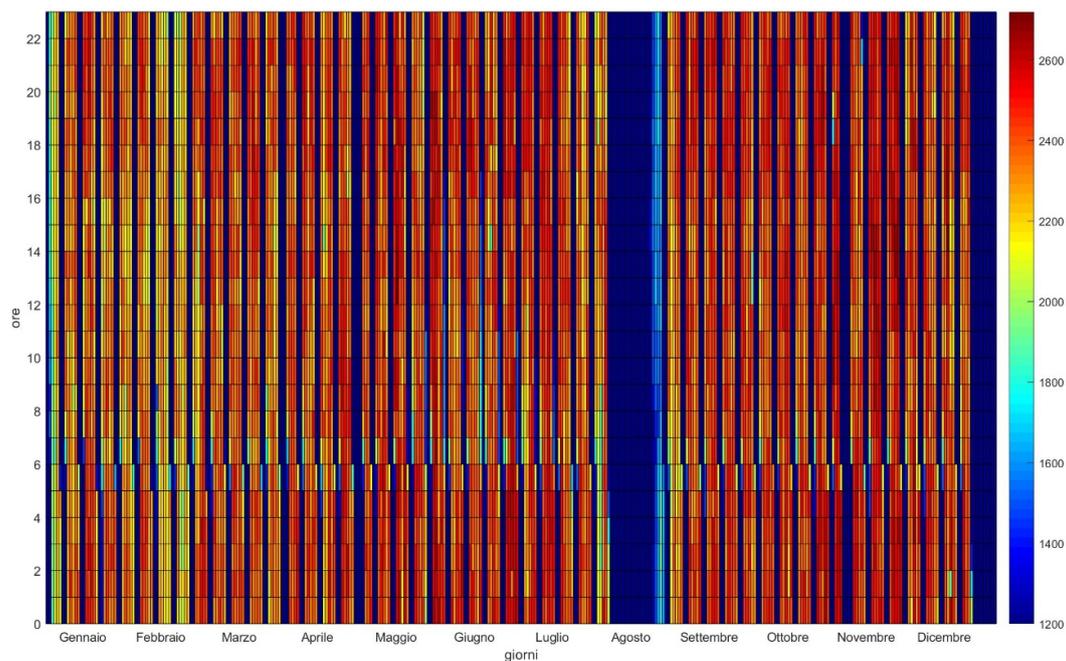


Figura 4.49: Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala dei massimi) Sito 4.

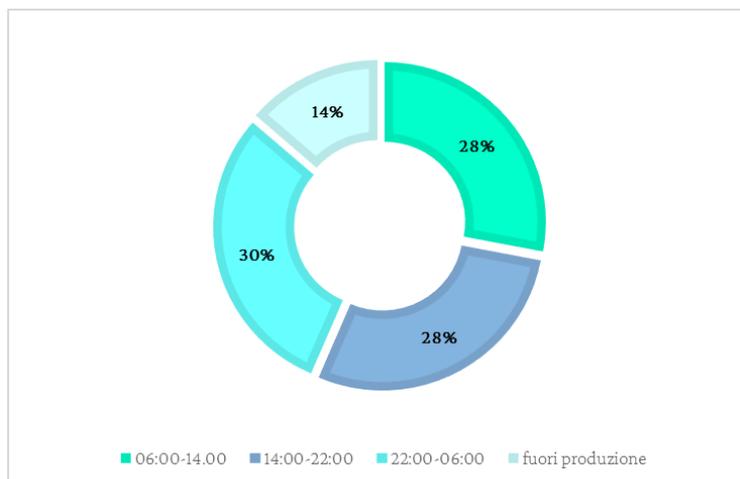


Figura 4.50: Ripartizione dei consumi del 2018 per turni di lavoro Sito 4.

Tabella 4.10: EnPi Sito 4.

Anno 2018	Totale Prelevata [kWh]	Pezzi prodotti [kg]	EnPi [kWh/pezzo]
Gennaio	1.305.530	1.091.477	1,2
Febbraio	1.200.239	905.457	1,33
Marzo	1.386.551	900.540	1,54
Aprile	1.239.217	1.504.750	0,82
Maggio	1.397.244	1.616.425	0,86
Giugno	1.391.904	1.454.628	0,96
Luglio	1.401.055	1.560.181	0,9
Agosto	815.898	629.519	1,3
Settembre	1.313.690	1.573.637	0,83
Ottobre	1.446.362	1.861.326	0,78
Novembre	1.315.808	1.52.8578	0,86
Dicembre	1.007.081	876.573	1,15

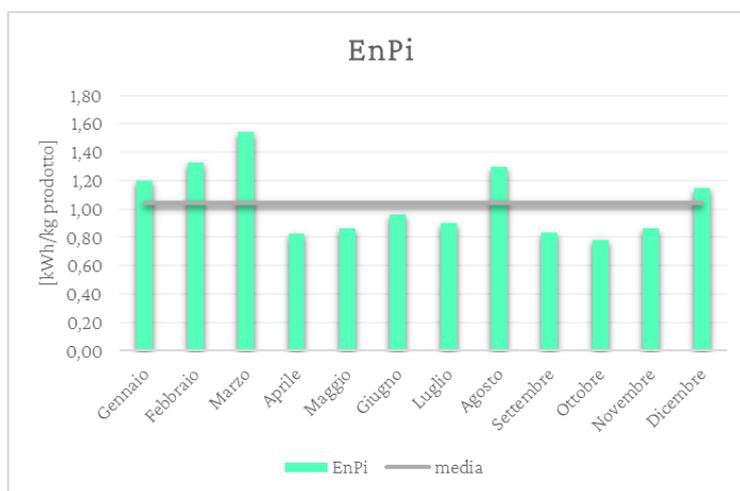


Figura 4.51: EnPi Sito 4.

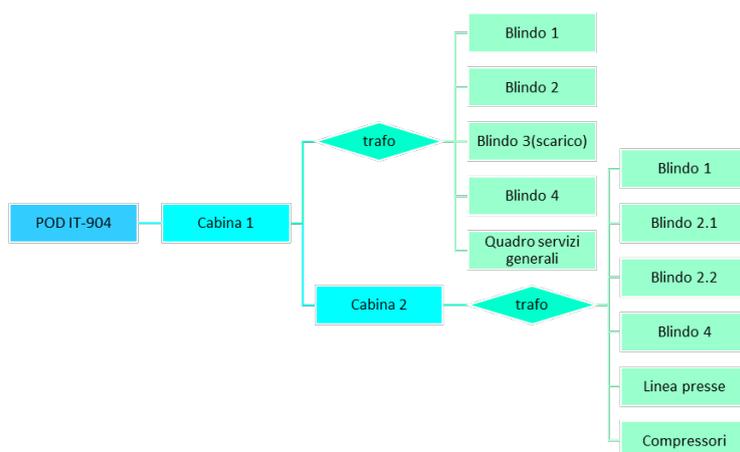


Figura 4.52: Distribuzione elettrica Sito 4.

Distribuzione elettrica e monitoraggio

La distribuzione elettrica dello stabilimento è riportata nella Figura 4.52: vi è un unico POD che alimenta in media tensione la Cabina 1 alla quale sono allacciate le utenze del reparto A della fabbrica (C.1 a pagina 142) e la Cabina 2, che alimenta il reparto B di più recente costruzione. Durante la campagna di monitoraggio si sono misurati i consumi di Blindo 1, Blindo 2, Blindo 4 (Cabina 1) e Blindo 2.1, Blindo 2.2, Blindo 4, Linea presse e Compressori (Cabina 2). Per quel che riguarda i servizi generali si sono misurate le partenze dei quadri di bassa tensione che alimentano i due piani di uffici e la sala metrologica, poiché risultava impossibile installare strumenti di misura nella partenza in Cabina 1 per motivi di sicurezza. Grazie alla campagna di monitoraggio si è riuscita a coprire la percentuale richiesta da ENEA.

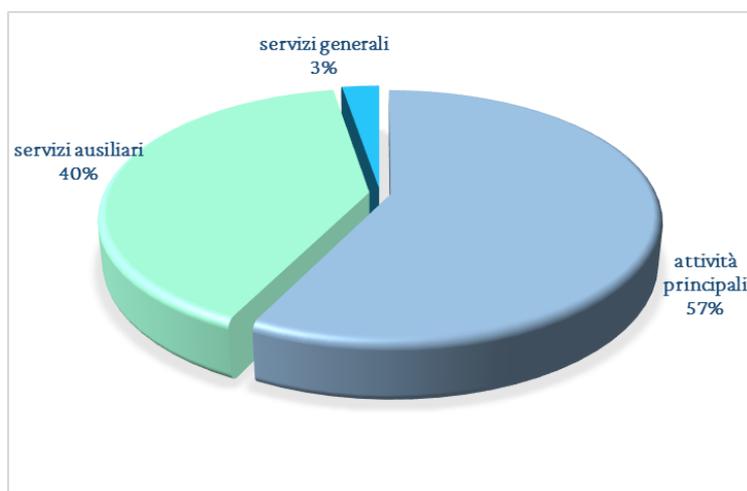


Figura 4.53: Modello EE Sito 4.

Modelli energetici

Energia elettrica Grazie al monitoraggio di linee specifiche e al confronto con le curve di carico si è potuto ricostruire il modello elettrico di stabilimento. Esso è riportato in Figura 4.53; le attività principali ricoprono il 57% dei consumi, i servizi ausiliari il 40% e quelli generali il 3%.

Gas naturale Per quel che riguarda il gas naturale si sono scorporati dal consumo totale i consumi destinati alla produzione (attività principali) grazie alle relazioni di analisi e verifica dei consumi per la non sottoposizione delle accise sul gas naturale. Da tali relazioni risulta che per questo stabilimento l'84,54% del consumo ($2.596.498 \text{ Sm}^3$) sia destinato alla produzione (forni fusori, forni di mantenimento a bordo isola) e il restante 15,46% (corrispondente a 474.826 Sm^3) ai servizi ausiliari e generali (riscaldamento dei locali, acqua sanitaria e produzione acqua calda per impianto evaporatore sottovuoto). Tale modello è riportato in Figura 4.54 nella pagina successiva.

4.5.4 Sito 5

Analisi dei consumi storici

Anche per il Sito 5 si nota dal carpet plot dei consumi orari (Figura 4.55 a fronte) che gli andamenti seguono i turni di lavoro durante l'anno. Focalizzandosi sul carpet plot con scala minima (Figura 4.56 a pagina 92) si nota come nei weekend il consumo sia parecchio basso tranne per il periodo che va dalle 06:00 alle 12:00, sia di sabato sia di domenica, in cui si aggira intorno ai 250 kWh . La natura di tale fenomeno è da imputarsi probabilmente all'accensione automatica di alcune utenze, che entrano in funzione in quell'orario indipendentemente dal giorno della settimana.

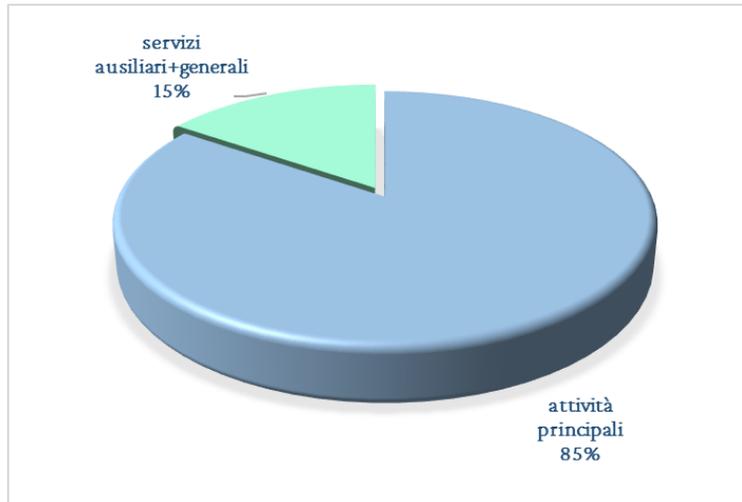


Figura 4.54: Modello GN Sito 4.

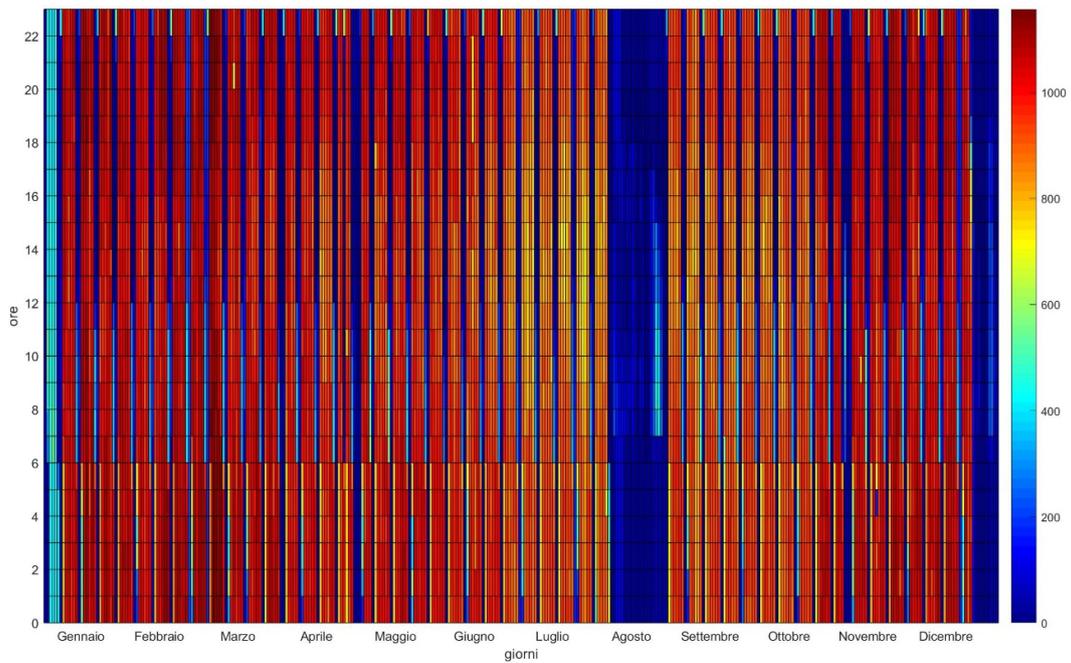


Figura 4.55: Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala completa) Sito 5.

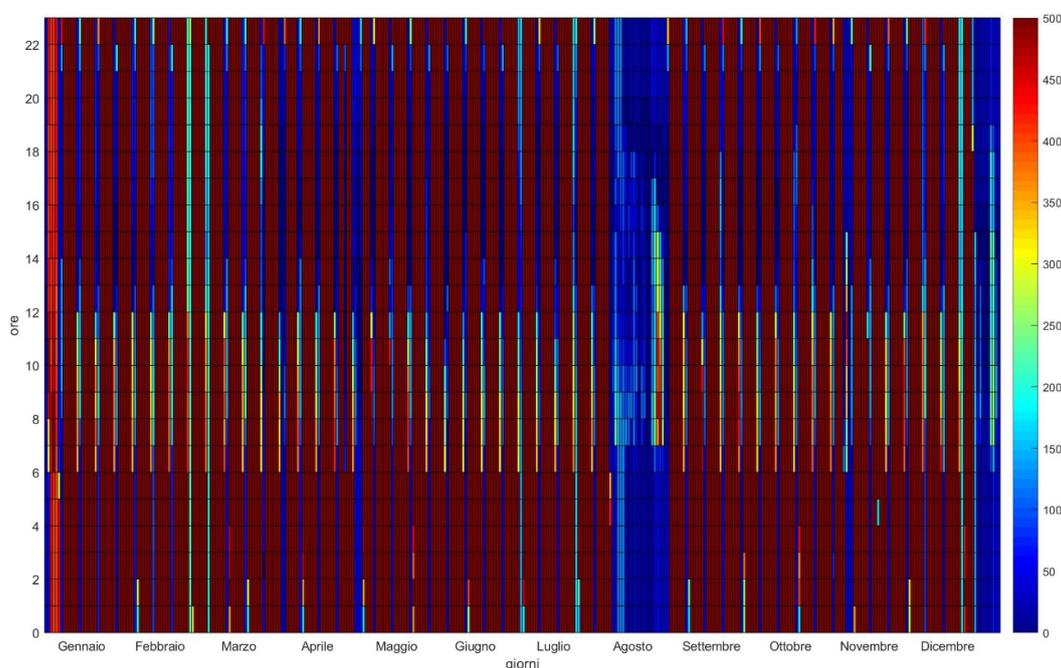


Figura 4.56: Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala dei minimi) Sito 5.

Analizzando invece la scala dei massimi (Figura 4.57 a fronte) si nota come i prelievi di energia elettrica dalla rete, nel periodo giugno-ottobre 2018, siano notevolmente inferiori rispetto ai restanti mesi dell'anno; tale fenomeno è giustificabile con la presenza di un impianto fotovoltaico a servizio dello stabilimento che probabilmente è riuscito a soddisfare i fabbisogni della fabbrica.

Anche in questo caso la suddivisione dei consumi per turni di lavoro (Figura 4.58 nella pagina successiva) risulta equilibrata, con la presenza dell'11% di consumi durante i periodi di fuori produzione, in linea con quanto detto sopra.

Indicatori energetici

L'andamento degli indicatori energetici del Sito 5 è molto simile a quello del Sito 4 (sezione 4.5.3 a pagina 86). Anche in questo caso nei primi tre mesi dell'anno si hanno valori di EnPi largamente superiori alla media (pari a $1,38 \text{ kWh/kg}_{\text{pezzi prodotti}}$): la produzione, infatti, è stata notevolmente bassa a discapito di un consumo di energia elettrica in linea con gli altri mesi. (Figura 4.59 a pagina 94).

Distribuzione elettrica e monitoraggio

La distribuzione elettrica è riportata nella Figura 4.60 a pagina 95. Il POD è unico e serve in media tensione le due cabine elettriche di stabilimento; è bene sottolineare come l'impianto elettrico sia vecchio e poco lineare: ciò ha portato a difficoltà durante la campagna di monitoraggio. Spesso, infatti, non si è avuta la certezza di quali utenze fossero allacciate alle partenze

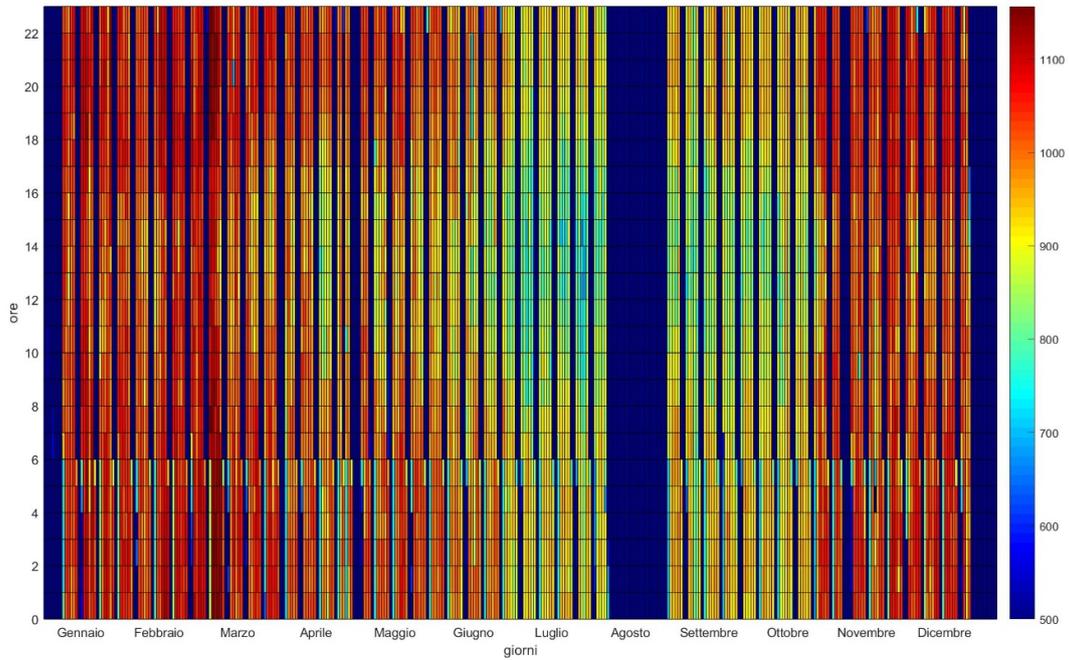


Figura 4.57: Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala dei massimi) Sito 5.

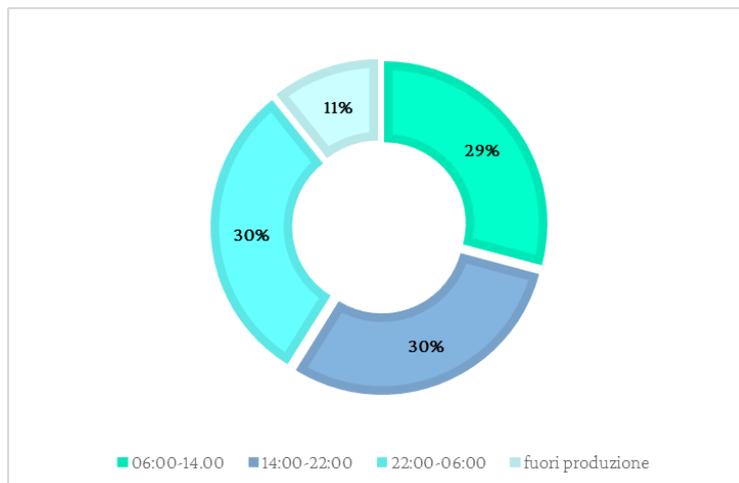


Figura 4.58: Ripartizione dei consumi del 2018 per turni di lavoro Sito 5.

Tabella 4.11: EnPi Sito 5.

Anno 2018	Totale Prelevata [kWh]	Pezzi prodotti [kg]	EnPi [kWh/pezzo]
Gennaio	520.551	274.883	1,89
Febbraio	537.851	252.407	2,13
Marzo	593.226	309.202	1,92
Aprile	462.548	528.894	0,87
Maggio	553.027	550.236	1,01
Giugno	509.006	539.452	0,94
Luglio	493.813	429.127	1,15
Agosto	207.564	137.515	1,51
Settembre	470.212	375.131	1,25
Ottobre	553.004	536.723	1,03
Novembre	524.968	394.732	1,33
Dicembre	384.017	247.711	1,55

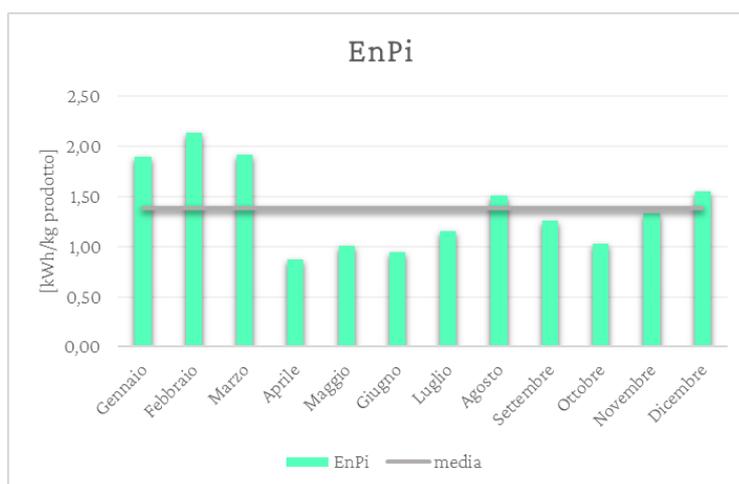


Figura 4.59: EnPi Sito 5.

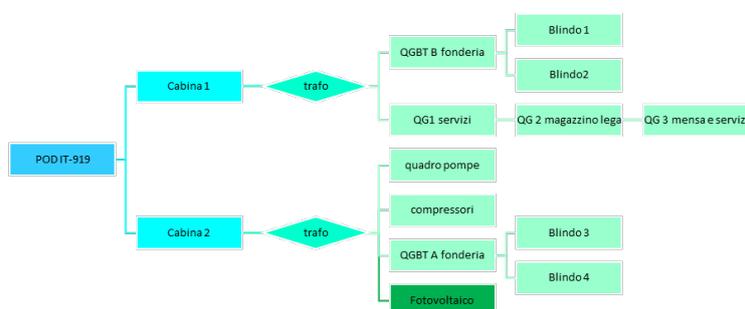


Figura 4.60: Distribuzione elettrica Sito 5.

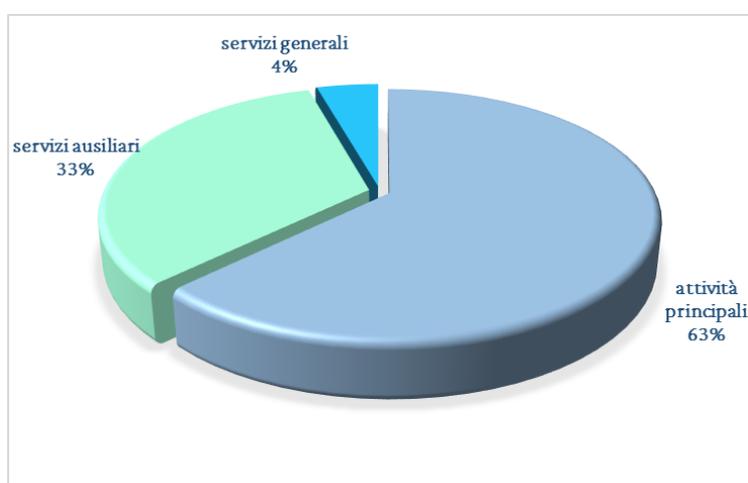


Figura 4.61: Modello EE Sito 5.

in cabina, ma grazie ai sopralluoghi e al personale tecnico si è riuscito a definire la distribuzione elettrica. Si sono misurate le partenze di QGBT fonderia, QG1 servizi, il generale del quadro QG2 magazzino lega, la partenza di QG3 mensa e servizi, Compressori, Pompe e QGBT A fonderia. Attraverso lo scorporo di alcune utenze (ad esempio gli aspiratori) dai vari Blindo si è potuto ricostruire il modello energetico e soddisfare i requisiti imposti da ENEA in materia di monitoraggio. L'impianto fotovoltaico installato è allacciato alla Cabina 2.

Modelli energetici

Energia elettrica Grazie alla campagna di monitoraggio e ai calcoli svolti si è riuscito a raggiungere la quasi totalità di copertura dei consumi di energia elettrica per lo stabilimento. Le attività principali ricoprono il 63% dei consumi totali, i servizi ausiliari il 33% e quelli generali il 4%. Il modello elettrico è rappresentato in Figura 4.61.

Gas naturale Per lo stabilimento di Sito 5, come per Sito 3, lo scorporo delle percentuali destinate alle attività principali di gas naturale è avvenuto grazie alle relazioni e analisi per la non sottoposizione delle accise sul gas naturale. Da tali analisi risulta che per il PDR 260 il

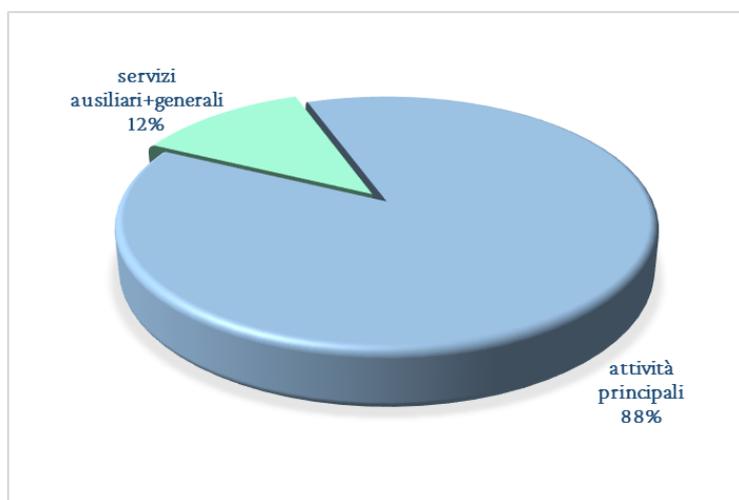


Figura 4.62: Modello GN Sito 5.

100% dei consumi (corrispondente a 126.694 Sm^3) sia destinato a servizi ausiliari e generali (riscaldamento dei locali, acqua sanitaria e produzione acqua calda per impianto evaporatore sottovuoto), mentre per il PDR 426 si è calcolato che il 97,29 % dei consumi ($1.135.312 \text{ Sm}^3$) sia destinato alle attività principali (forni fusori, forni di mantenimento a bordo isola) mentre il restante 2,71% (31.624 Sm^3) ai servizi generali (riscaldamento dei locali). Il modello energetico per il gas naturale è riportato in Figura 4.62.

4.5.5 Sito 6

Analisi dei consumi storici

Il Sito 6 è servito da tre diversi POD, due (805 e 806) alimentano le cabine in media tensione e il terzo (324) in bassa tensione. Per tutti e tre i POD, attraverso le curve di carico, si sono costruiti i carpet plot dei consumi orari per l'anno 2018 in scala completa, dei valori minimi e di quelli massimi.

Per il POD 805 appare evidente dalla Figura 4.63 nella pagina successiva che l'andamento dei consumi segua quello dei turni di lavoro della fabbrica. Analizzando la scala dei valori minimi presente nella Figura 4.63 a fronte si nota che il consumo sia pressoché nullo durante le chiusure domenicali e festive; nei weekend si notano valori maggiori durante le ore notturne, intorno ai 60 kWh , dovuti probabilmente all'accensione automatica delle luci anche nei periodi di fermo impianto. Per quel che riguarda invece la scala dei valori massimi (Figura 4.64 nella pagina successiva) si nota come i maggiori valori di consumo di energia elettrica siano presenti nei mesi di giugno e luglio, mesi più caldi in cui lo stabilimento ha lavorato. L'elevato consumo può essere dovuto al massiccio utilizzo dei gruppi frigo che servono per raffreddare le acque di processo e dai chiller presenti nello stabilimento. Negli ultimi due mesi dell'anno invece i consumi sono parecchio ridotti.

4.5. SINTESI RISULTATI DEGLI ALTRI STABILIMENTI

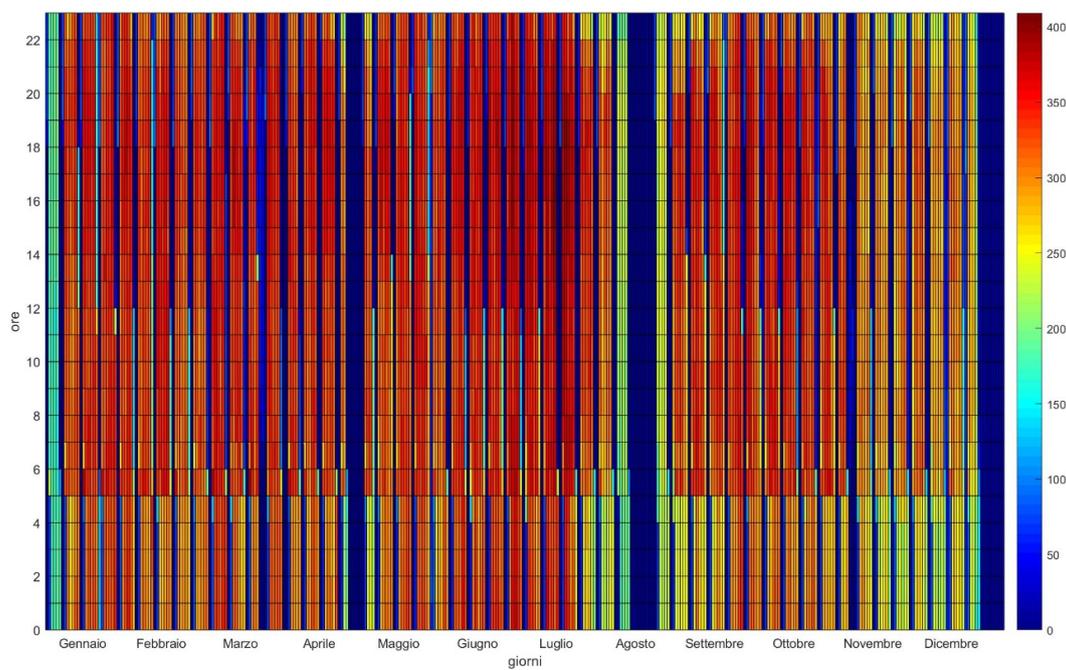


Figura 4.63: Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala completa) Sito 6 (POD 805).

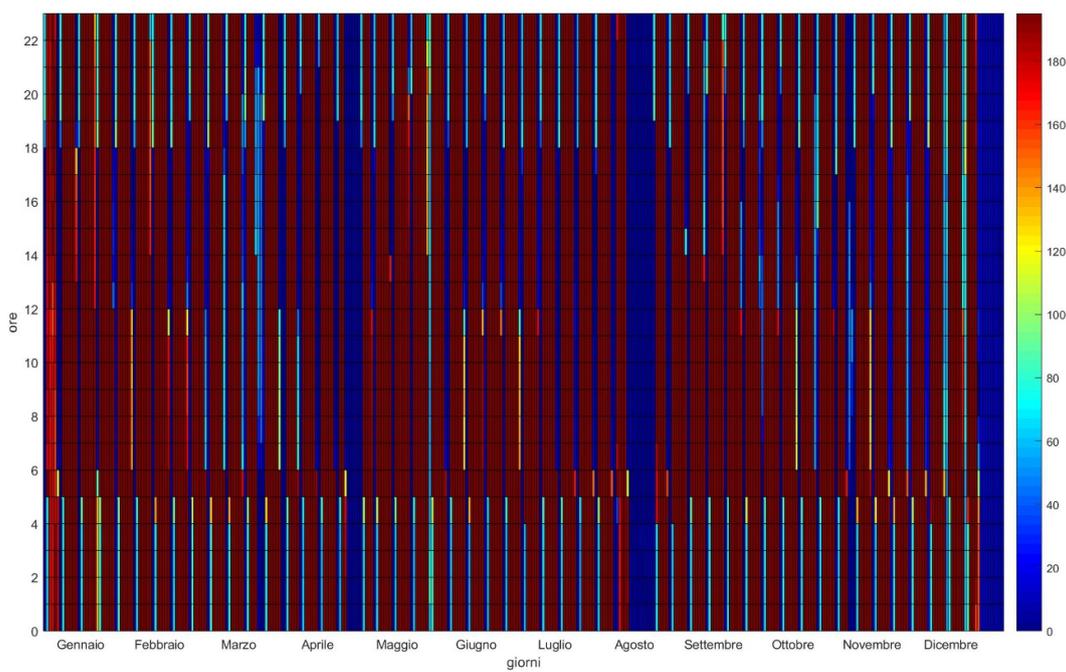


Figura 4.64: Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala dei minimi) Sito 6 (POD 805).

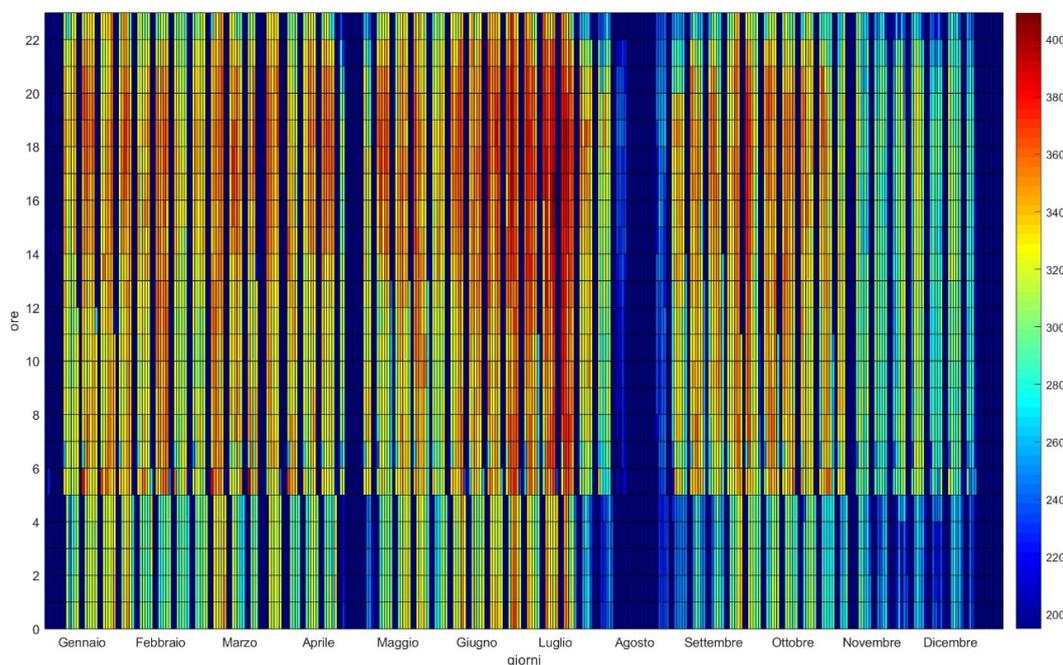


Figura 4.65: Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala dei massimi) Sito 6 (POD 805).

L'andamento dei consumi del POD 806 è riportato nella Figura 4.66 a fronte; anche in questo caso il trend segue i turni di lavoro della fabbrica. Da una prima analisi sul carpet plot a scala completa si nota come nelle ore del turno di notte (dalle 22:00 alle 06:00) il consumo sia inferiore rispetto alle ore diurne. Anche in questo caso analizzando la scala dei valori minimi (Figura 4.67 nella pagina successiva) si nota come durante i fermi del fine settimana il consumo sia tendenzialmente nullo, tranne nelle ore notturne, a causa appunto dell'accensione automatica dell'impianto di illuminazione. Dall'analisi dei consumi su scala dei valori massimi (Figura 4.68 a pagina 100) appare evidente che i consumi nelle ore diurne della maggior parte dell'anno si aggirano intorno ai 350-450 kWh, mentre solamente a cavallo tra giugno e luglio si sono raggiunti picchi di circa 550 kWh, a causa appunto dell'utilizzo dei gruppi frigo presenti nello stabilimento. Anche in questo caso i consumi del turno di notte sono nettamente inferiori rispetto a quelli dei turni di giorno (250-300 kWh). Si riportano infine i carpet plot per il POD 324 che alimenta in bassa tensione il quadro elettrico del reparto dedicato all'assemblaggio. Dal grafico che riporta i consumi con scala completa (Figura 4.68 a pagina 100) e ancor più in dettaglio da quello con scala dei valori minimi (Figura 4.69 a pagina 101) si nota come il consumo sia nullo per la maggior parte dell'anno nelle ore notturne, raggiungendo al massimo valori pari a 25 kWh durante alcune giornate. Dall'analisi sulla scala dei massimi (Figura 4.70 a pagina 101) si nota come il consumo orario si aggiri intorno a valori di circa 40-45 kWh per la maggior parte delle ore dell'anno, raggiungendo i 50-55 kWh durante le ore centrali di alcune settimane. I valori massimi della scala (circa 80 kWh) si presentano durante poche decine di ore annue. In tutti e tre i grafici appaiono evidenti delle anomalie nei mesi di gennaio e febbraio. Visualizzando la

4.5. SINTESI RISULTATI DEGLI ALTRI STABILIMENTI

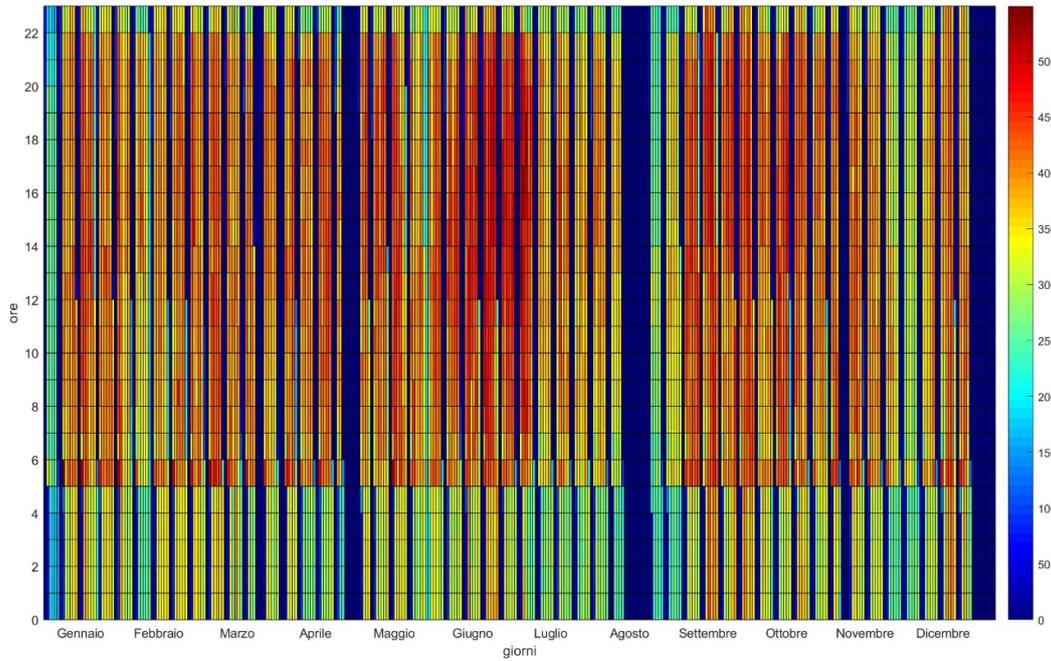


Figura 4.66: Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala completa) Sito 6 (POD 806).

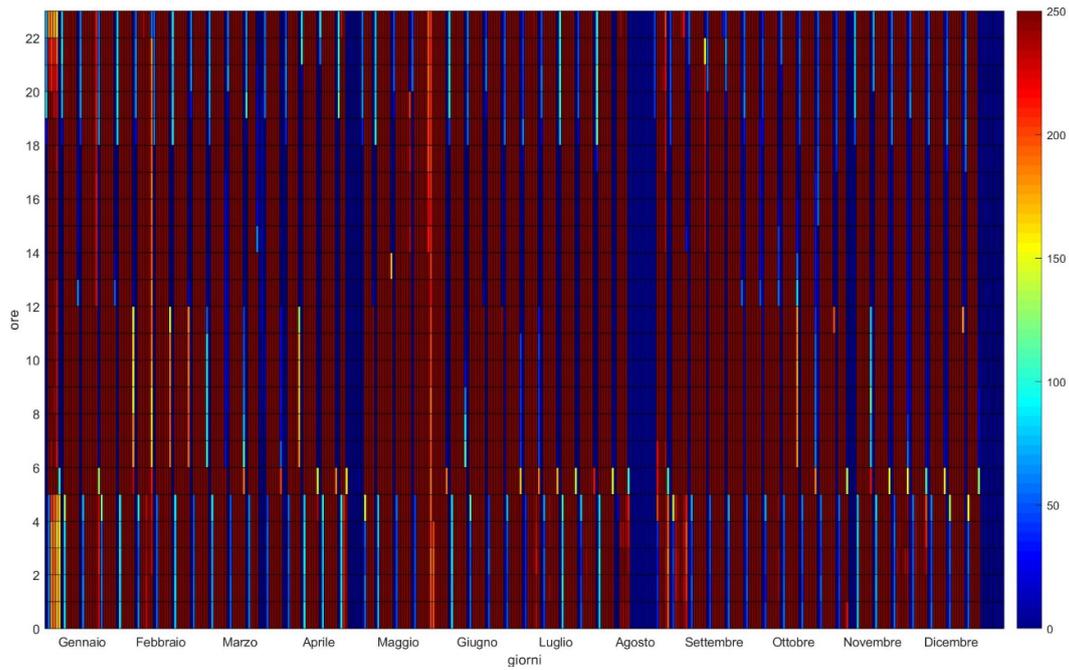


Figura 4.67: Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala dei minimi) Sito 6 (POD 806).

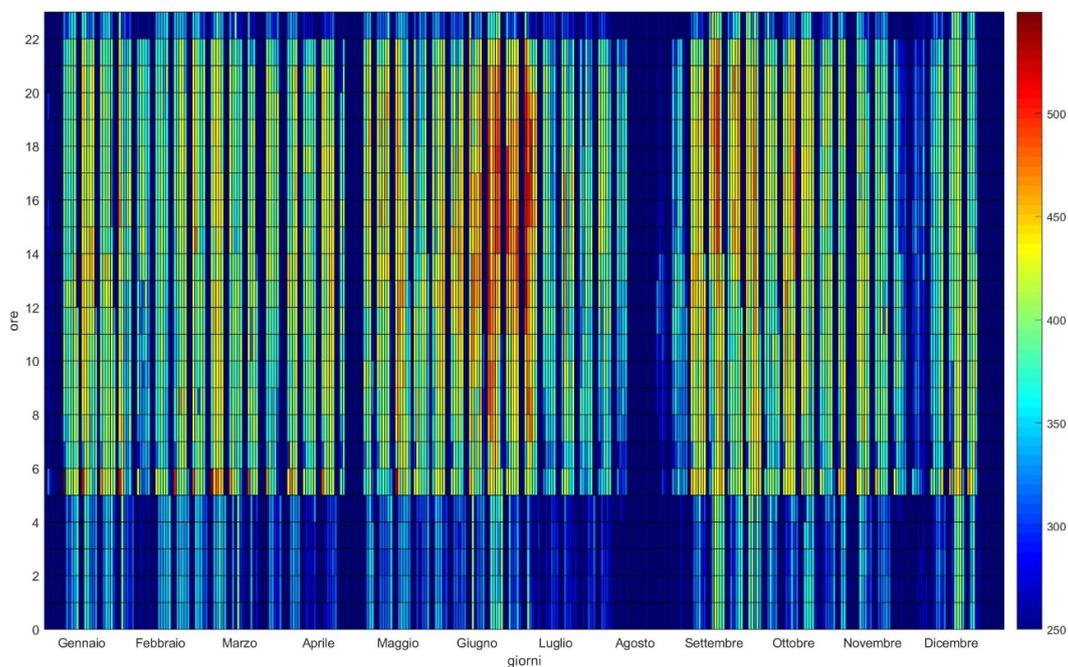


Figura 4.68: Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala dei massimi) Sito 6 (POD 806).

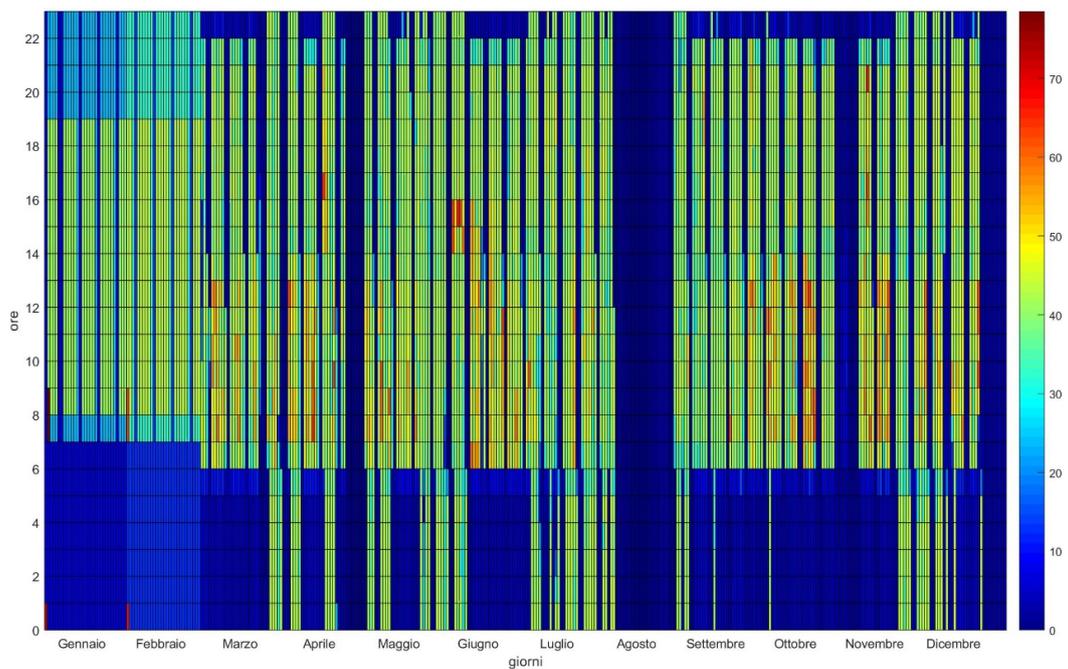


Figura 4.69: Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala completa) Sito 6 (POD 324).

4.5. SINTESI RISULTATI DEGLI ALTRI STABILIMENTI

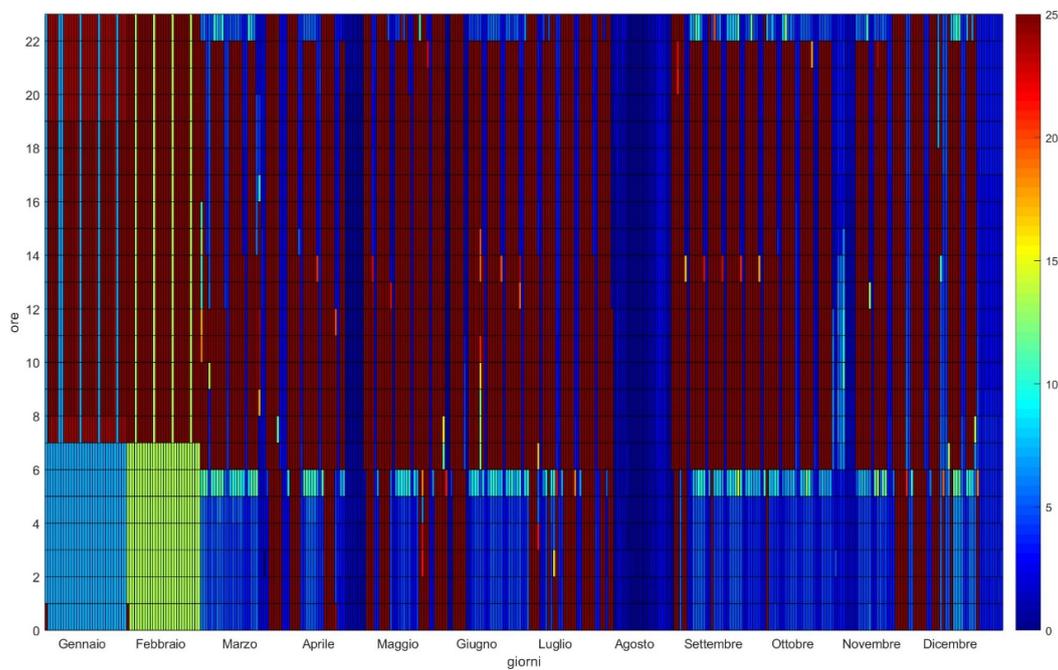


Figura 4.70: Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala dei minimi) Sito 6 (POD 324).

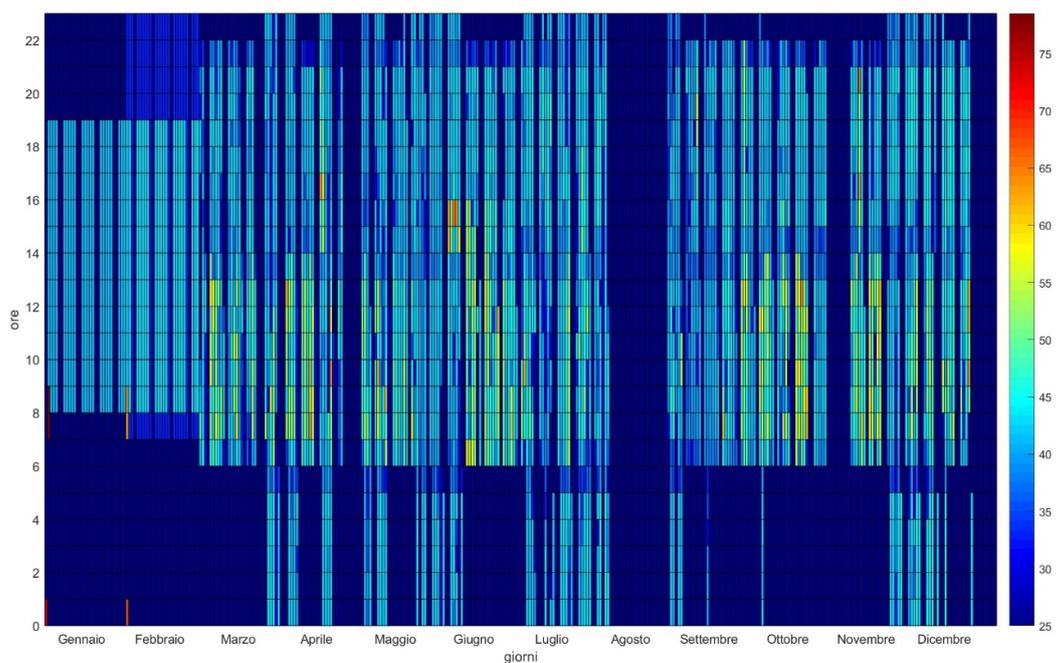


Figura 4.71: Carpet plot consumi EE orari 2018 (scala dei massimi) Sito 6 (POD 324).

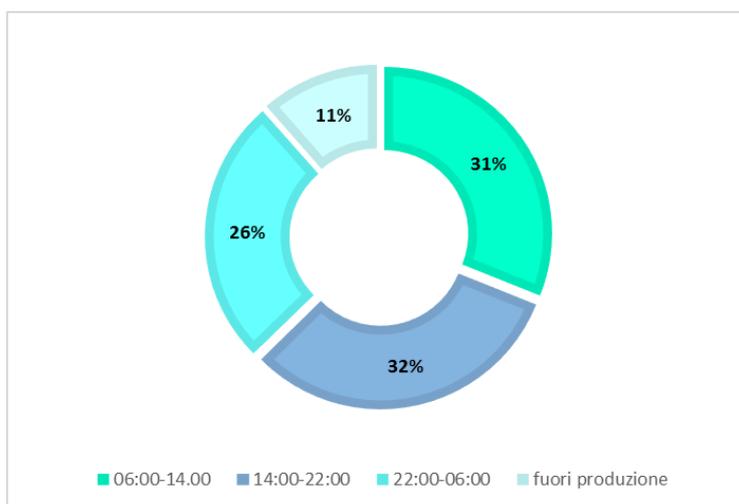


Figura 4.72: Ripartizione dei consumi del 2018 per turni di lavoro Sito 6.

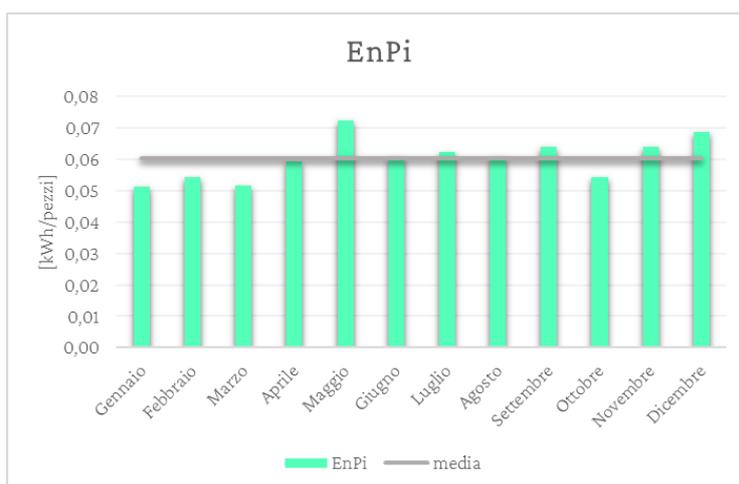


Figura 4.73: EnPi Sito 6.

suddivisione dei consumi dei tre POD sopra descritti sui tre turni di lavoro (Figura 4.72 a pagina 102) si nota come il turno di notte abbia 5-6 punti percentuale in meno di consumo rispetto a quelli diurni, come già accennato in precedenza. Il consumo durante i giorni di chiusura e di fermo impianto si attesta intorno all'11% del totale.

Indicatori energetici

I valori degli indicatori energetici per questo sito sono molto inferiori rispetto a quelli degli altri stabilimenti (Figura 4.73 a pagina 103 e Tabella 4.12 a pagina 103). La produzione e lavorazione di componenti in plastica risulta dunque essere un'attività molto meno energivora. Il valore medio dell'EnPi è di 0,06 kWh/pezzo. Nei mesi di maggio e dicembre tale valore viene superato notevolmente, mentre per gli altri mesi rimane vicino alla media o si allontana di poco.

Tabella 4.12: EnPi Sito 6.

Anno 2018	Totale Prelevata [kWh]	Pezzi lavorati [-]	EnPi [kWh/pezzo]
Gennaio	390.305	7.597.976	0,05
Febbraio	367.571	6.763.629	0,05
Marzo	380.058	7.387.118	0,05
Aprile	287.486	4.851.633	0,06
Maggio	427.930	5.930.363	0,07
Giugno	413.092	6.815.414	0,06
Luglio	395.651	6.353.537	0,06
Agosto	232.043	3.835.291	0,06
Settembre	404.969	6.324.065	0,06
Ottobre	418.298	7.705.167	0,05
Novembre	327.003	5.104.655	0,06
Dicembre	246.365	3.592.684	0,07

Distribuzione elettrica e monitoraggio

La distribuzione elettrica del Sito 6 è riportata in Figura 4.74 a pagina 104; tale schema è stato ricostruito durante i sopralluoghi in campo, grazie all'aiuto del personale dello stabilimento. Durante la campagna di monitoraggio si sono misurate le linee Blindo 1, Blindo 2, Blindo 3 e Blindo 4 nella cabina elettrica 1, le linee Ausiliari e quadro luci, Linea 3 (420 II/V), Linea 3 (420 III/IV), Linea forni e Linea A nella cabina 2, mentre nel quadro di bassa tensione si sono misurate le partenze del compressore e essiccatore e del granulatore. Grazie a tali misura si sono rispettate le percentuali di monitoraggio imposte da ENEA.

Modelli energetici

Energia elettrica Grazie alla campagna di monitoraggio e ai sopralluoghi svolti, durante i quali si sono raccolte informazioni sulle utenze presenti nello stabilimento, si è riuscito a ricostruire il modello energetico dello stabilimento per l'energia elettrica (Figura 4.75). Appare evidente come in confronto ai restanti stabilimenti il contributo dei servizi ausiliari sia estremamente basso, rispetto alle attività principali: l'energia elettrica è quindi impiegata per il 93% nel processo di produzione.

Gas naturale e gasolio Il gas naturale e il gasolio nel Sito 6 vengono impiegati solamente per il riscaldamento invernale degli uffici, che avviene attraverso caldaie tradizionali; il consumo di entrambi i vettori energetici fa quindi parte dell'area funzionale dei servizi generali.

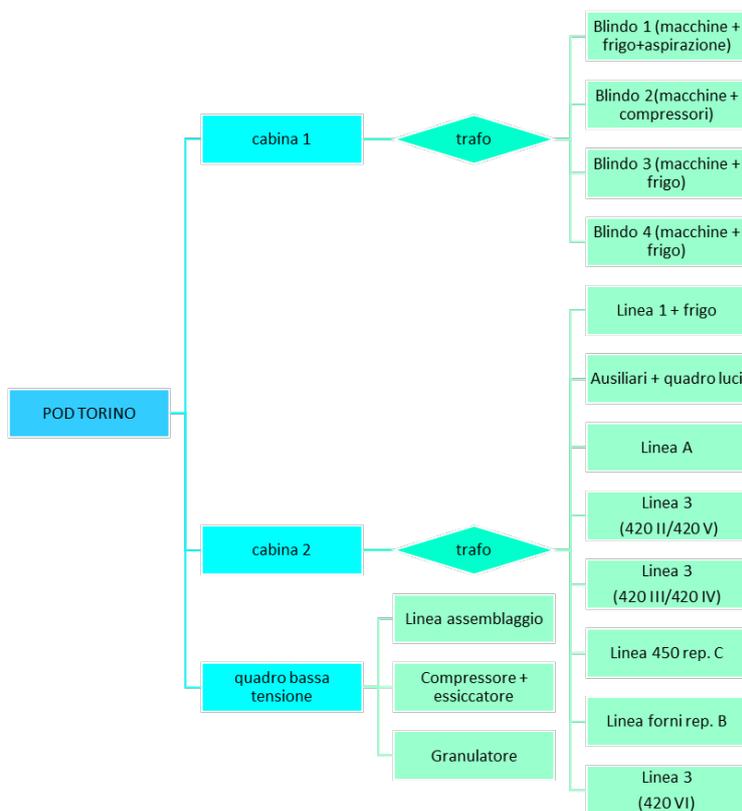


Figura 4.74: Distribuzione elettrica Sito 6.

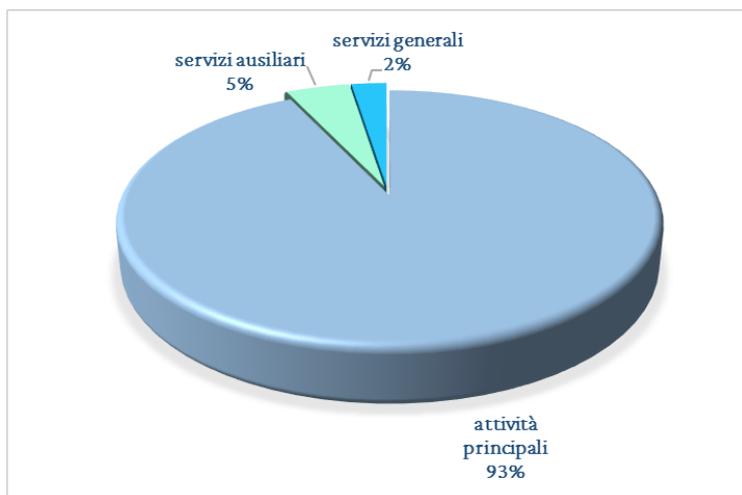


Figura 4.75: Modello EE Sito 6.

Capitolo 5

Interventi di risparmio energetico

Uno degli obiettivi della Diagnosi energetica è quello di individuare possibili interventi di risparmio energetico che possano essere di beneficio all'azienda. Per ogni tipologia di intervento verranno proposte, ove possibile, valutazioni tecnico/economiche frutto dell'attività di analisi e modellizzazione che è stata condotta. Per quanto riguarda i costi di investimento degli interventi si vuole ricordare che i valori riportati non sono frutto di quotazioni ad hoc; devono quindi essere considerati indicativi dell'ordine di grandezza più che del valore preciso, soprattutto considerando la variabilità del prezzo di alcuni interventi a seconda delle caratteristiche tecniche scelte e dell'eventuale scontistica applicata dal fornitore.

Nello specifico, per "tipologia intervento" si distinguono le seguenti categorie:

- *Tecnologico*: intervento che prevede la modifica impiantistica di una o più utenze tramite un investimento in tecnologia.
- *Gestionale*: intervento che prevede la possibilità di modifica della modalità di funzionamento di una o più utenze senza un investimento in tecnologia.
- *Procedure*: intervento relativo all'adozione di procedure orientate all'implementazione di un sistema di gestione dell'energia.

In questo capitolo gli interventi mirano tutti a cercare di ridurre gli sprechi e le inefficienze attraverso piccole modifiche che non vanno a impattare in modo significativo gli impianti.

5.1 Adozione di un sistema di monitoraggio fisso

Un aspetto fondamentale nella gestione dell'energia nelle grandi aziende è il monitoraggio fisso dei consumi energetici. Attualmente, infatti, la conoscenza del consumo energetico delle aziende (fatta eccezione per due linee del Sito 2) si limita ai consumi totali desunti da bollette e fatture energetiche. Un monitoraggio costante e in continuo rivelerebbe possibili consumi indesiderati o consentirebbe di valutare una migliore gestione degli stessi (appiattimento dei picchi, programmazione delle accensioni, ecc.).

Tabella 5.1: *Analisi tecnico-economica sistema di monitoraggio fisso.*

	Spesa annua	Saving	Risparmio annuo	Investimento	Payback time [anni]
<i>Sito 1</i>	1.361.519 €	4%	54.461 €	68.000 €	1,2
<i>Sito 2</i>	1.920.737 €	4%	76.829 €	82.000 €	1,1
<i>Sito 3</i>	210.511 €	4%	8.420 €	12.000 €	1,4
<i>Sito 4</i>	1.440.184 €	4%	57.607 €	65.000 €	1,1
<i>Sito 5</i>	720.265 €	4%	28.811 €	41.000 €	1,4
<i>Sito 6</i>	622.589 €	4%	24.904 €	33.000 €	1,3
TOTALE	6.275.805 €		251.032 €	301.000 €	1,2

Per questo motivo un sistema di gestione e controllo dell'energia rappresenta un'importante opportunità per affrontare con successo gli aspetti energetici all'interno della propria realtà. Permette di avere un approccio sistemico nella definizione di obiettivi energetici e nell'individuazione degli strumenti adatti al loro raggiungimento, identificando in modo univoco le opportunità di miglioramento.

Poter controllare in tempo reale i consumi dello stabilimento permette quindi di individuare nell'immediato eventuali inefficienze e/o mal funzionamenti; in particolare il monitoraggio energetico è utile per:

- Valutare quali sono i consumi energetici di un singolo ciclo produttivo
- Valutare quali sono i consumi energetici di alcune aree aziendali
- Verificare se gli impianti aziendali consumano più di quanto dovrebbero
- Controllare quali sono i consumi energetici dell'impianto aziendale
- Verificare le performance dei macchinari
- Confrontare i propri KPI con quelli del Benchmark di settore
- Individuare eventuali sprechi di energia (impianti attivi anche quando non sono realmente operativi) o anomalie
- Redigere report periodici.

Si stima che, attraverso un sistema fisso di monitoraggio, le industrie possano ottenere circa il 4% di saving medio annuo; sulla base di questo dato è stata eseguita, per ogni sito, l'analisi tecnico economica riguardante tale intervento. Come si può evincere dalla Tabella 5.1 tale investimento, per ogni sito, presenta un payback inferiore ai due anni. Risulta quindi conveniente attuare questo intervento di risparmio. Per il Sito 2 è bene sottolineare che su due linee di produzione (6_2 e 6_3) è già presente un sistema fisso di monitoraggio, l'investimento dunque consiste nell'implementare tale sistema su tutte le restanti linee dello stabilimento.

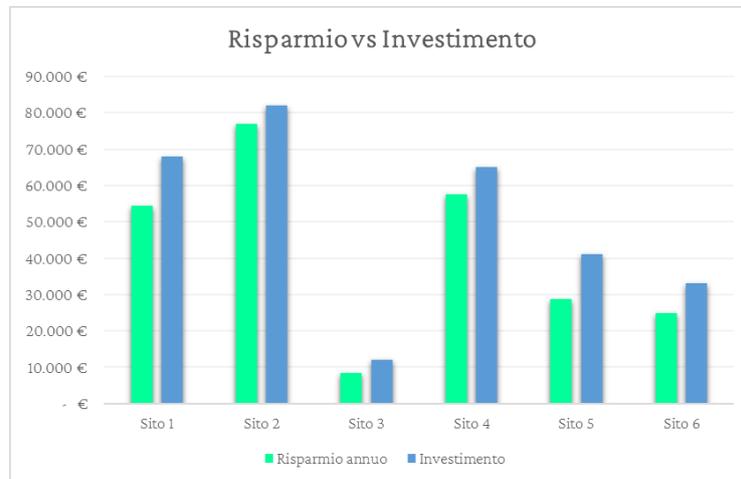


Figura 5.1: Risparmio annuo vs investimento- sistema di monitoraggio fisso.

5.2 Bonifica delle perdite sulla rete di aria compressa

Nel campo dell'industria manifatturiera le perdite dovute alle fughe di aria compressa sono responsabili, generalmente, del 20-50% dei consumi totali della sala compressori. La maggior parte delle fughe non sono udibili ad orecchio umano (risultano udibili solo quelle con frequenza tra 0 e 20 kHz, quelle a frequenza maggiore non sono percepite). Per la rilevazione delle perdite si procede quindi con un rilevatore di ultrasuoni: il principio di funzionamento si basa sul fatto che una fuga di gas (aria) con sovrappressione Δp rispetto all'ambiente esterno provoca un flusso del gas che, a una certa velocità, assume un carattere di turbolenza e una formazione spontanea di onde acustiche con frequenze comprese tra pochi Hz sino a diverse decine di kHz. Con un rilevatore a ultrasuoni è possibile rilevare le perdite nei circuiti di aria compressa perché si localizza il punto preciso della fuga per un immediato intervento. Le utenze principali che utilizzano l'aria compressa, e che quindi vedono le maggiori perdite, nelle industrie sono:

- Raccorderia;
- Filettature;
- Regolatori di pressione;
- Elettrovalvole;
- Pistole ad aria compressa;
- Maniglie;
- Scaricatori di condensa;
- Tubazioni in plastica all'interno dei macchinari.

Tabella 5.2: Analisi perdite rete aria compressa.

	Perdita energetica [kWh]	Perdita economica	Percentuale sul totale
Sito 1	440.092	70.415 €	25%
Sito 2	1.408.094	225.295 €	39%
Sito 3	172.793	27.647 €	47%
Sito 4	899.701	143.952 €	40%
Sito 5	124.027	19.844 €	20%
Sito 6	30.934	4.949 €	25%



Figura 5.2: Stima annua delle perdite nella rete dell'aria compressa.

Nel caso dei siti analizzati si è proceduto a calcolare la stima delle perdite a partire dai dati raccolti con il monitoraggio dei consumi: è apparso evidente che nei giorni di chiusura e fermo impianto la sala compressori avesse comunque consumi notevoli, anche se, teoricamente, l'aria compressa non avrebbe dovuto essere utilizzata da nessuna utenza (si veda ad esempio la Figura C.12 a pagina 148). Attraverso sopralluoghi sul campo si è verificata personalmente la presenza di tali perdite.

Si è ipotizzato che la quota di energia sprecata nei giorni feriali sia pari al 30% di quella dei giorni festivi. Attraverso tali calcoli si è raggiunta una percentuale di spreco che si aggira intorno al 25% del consumo totale impiegato per la produzione di aria compressa. In Tabella 5.2 si riportano i risultati per ogni stabilimento; per il sito 1 e per il sito 6 si è verificato che nei giorni festivi i consumi legati alla produzione di aria compressa sono nulli, per cui la stima delle perdite è stata fissata al 25% del totale del consumo destinato alla produzione di aria compressa. È interessante notare come per lo stabilimento del Sito 2 le perdite siano circa il 39% del totale dell'energia utilizzata per la produzione di aria compressa; tale fenomeno è da attribuirsi alla vasta estensione dello stabilimento e alle sue continue modifiche ed espansioni: ciò comporta la formazione di fori e fessure nelle reti di distribuzione.

5.3. CORRETTO UTILIZZO DEGLI IMPIANTI DI ASPIRAZIONE

Tabella 5.3: Analisi tecnico-economica gestione impianto di aspirazione.

	Perdita energetica [kWh/anno]	Perdita economica annua	Percentuale sul totale	Investimento	Payback time [anni]
Sito 1	118.996	19.039 €	8%	22.000 €	1,2
Sito 2	277.786	44.445 €	18%	50.000 €	1,1
Sito 4	249.912	39.985 €	32%	40.000 €	1
Sito 5	230.630	36.900 €	32%	45.000 €	1,2

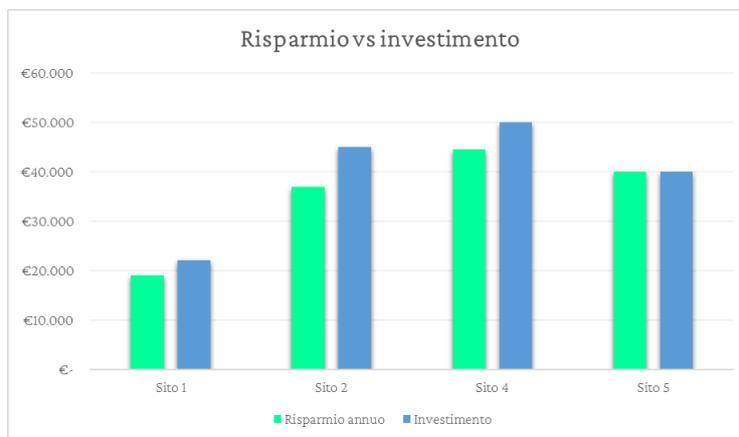


Figura 5.3: Gestione impianto di aspirazione.

5.3 Corretto utilizzo degli impianti di aspirazione

Sempre dall'analisi svolta in seguito al monitoraggio dei consumi e dai sopralluoghi effettuati sul campo si è verificato che gli impianti di aspirazione risultano sempre accesi, anche quando negli stabilimenti non c'è produzione (si veda ad esempio la Figura C.13 a pagina 148). Tale aspetto è molto negativo ed è indice di una cattiva gestione dell'impianto; con un semplice cambiamento gestionale si può quindi riuscire a risparmiare un'importante quantità di energia. La soluzione che si è pensato di proporre come intervento di risparmio è l'installazione di un semplice nodo relè che con regolazione di tipo on/off vada a gestire le accensioni e gli spegnimenti degli impianti di aspirazione seguendo il calendario della produzione; attraverso un piccolo investimento si riesce dunque a risparmiare energia e denaro. Come si può evincere dalla Tabella 5.3 il payback time semplice dell'investimento è inferiore all'anno per tutti i siti analizzati; l'analisi non è stata svolta per i siti 3 e 6 poiché in essi non è presente un impianto di aspirazione.

5.4 Rifasamento elettrico

Per rifasamento si intende quella pratica che permette di supplire allo sfasamento introdotto nella linea da un carico reattivo (solitamente di natura prettamente induttivo). Il parametro

più significativo è lo sfasamento ϕ tra la corrente elettrica e la tensione di alimentazione. Rifasare vuol dire fornire in loco, tutta (rifasamento totale) o parte (rifasamento parziale) della potenza reattiva elettrica necessaria al carico. Si definisce rifasamento qualsiasi provvedimento adoperato per aumentare il fattore di potenza ($\cos\phi$, ovvero il coseno dell'angolo compreso tra il valore della tensione e quello della corrente) di un dato carico, allo scopo di ridurre, a pari potenza attiva assorbita, il valore della corrente che circola nell'impianto. Lo scopo del rifasamento è soprattutto quello di diminuire le perdite d'energia e di ridurre l'assorbimento di potenza reattiva proporzionalmente ai macchinari e alle linee esistenti in un sito industriale. Il rifasamento degli impianti ha acquistato importanza poiché l'ente distributore dell'energia elettrica ha imposto clausole contrattuali attraverso i provvedimenti tariffari del CIP¹ (n° 12/1984 e n° 26/1989), e recentemente attraverso quelli dell'AEEG² (delibera n. 654/2015/R/eel del 23 dicembre 2015) che obbligano l'utente a rifasare il proprio impianto, pena il pagamento di una penale. Nelle utenze industriali, la maggior parte dei carichi è costituita da motori e trasformatori, che generano un campo magnetico. Questo fatto introduce uno sfasamento tra tensione e corrente, causando il consumo di potenza reattiva (espressa in $kVAR$). Questa potenza concorre al consumo di energia reattiva, misurata in $kVARh$ dall'ente erogatore. La sola potenza "utile" (in grado, cioè, di trasformare l'energia elettrica in lavoro meccanico) è quella attiva. La potenza reattiva non solo non può essere trasformata in lavoro meccanico, ma causa anche il transito in rete di una maggiore corrente efficace rispetto a quella che si avrebbe consumando sola potenza attiva. Poiché le perdite per effetto Joule lungo i cavi elettrici sono proporzionali al quadrato della corrente circolante, un aumento di quest'ultima, dovuto all'assorbimento di potenza reattiva, introduce una maggiore perdita di energia, a parità di potenza attiva fornita. La potenza reattiva-induttiva, quindi, costituisce un carico supplementare per i generatori, i trasformatori e le linee di trasporto e distribuzione, impegnando il fornitore di energia a sovradimensionare i propri generatori a scapito del rendimento e provocando altresì una maggiore caduta di tensione in linea, che si traduce in ulteriori perdite di potenza attiva. Per ovviare a questo problema, si inseriscono in parallelo ai motori delle batterie di condensatori (carichi capacitivi) che contrastano l'effetto dei carichi induttivi, tendendo a riportare in "fase" tensione e corrente. Proprio per questo motivo tale operazione viene detta "rifasamento". Per gli impianti in bassa tensione e con potenza impegnata maggiore di 15 kW:

- quando il fattore di potenza medio mensile è inferiore a 0,7 l'utente è obbligato a rifasare l'impianto
- quando il fattore di potenza medio mensile è compreso tra 0,7 e 0,95 non c'è l'obbligo di rifasare l'impianto ma l'utente paga una penale per l'energia reattiva

¹ Comitato Interministeriale dei Prezzi, Deliberazione 22 novembre 1989, su gazzettaufficiale.it.

² Autorità per l'energia elettrica il gas e il sistema idrico, DELIBERAZIONE 23 dicembre 2015, Regolazione tariffaria dei servizi di trasmissione, distribuzione e misura dell'energia elettrica, per il periodo di regolazione 2016-2023, su autorita.energia.it.

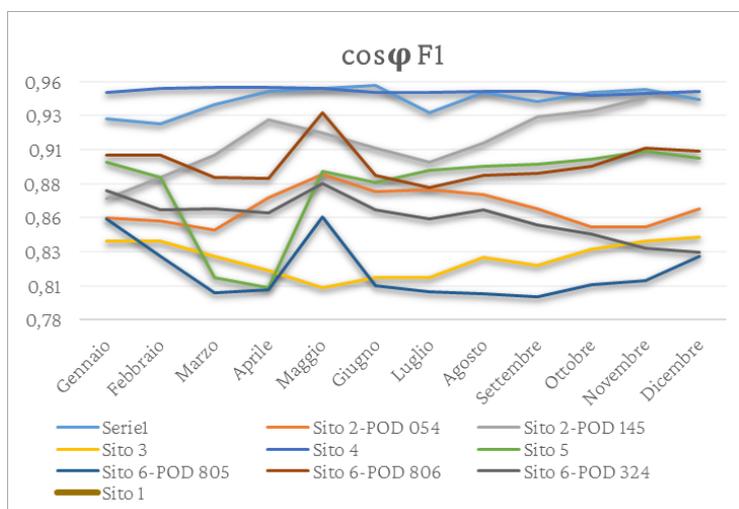


Figura 5.4: Andamento fattore di potenza fascia 1.

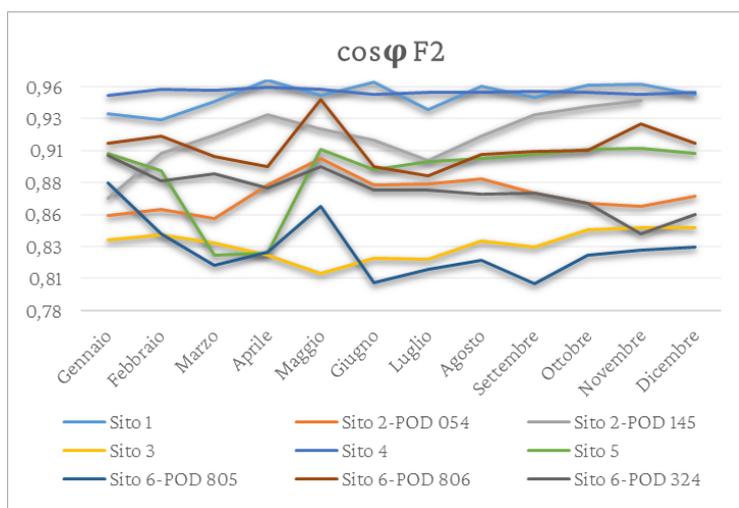


Figura 5.5: Andamento fattore di potenza fascia 2.

- quando il fattore di potenza medio mensile è superiore a 0,95 (e quindi, anche inferiore a 1) non c'è l'obbligo di rifasare l'impianto e non si paga nessuna quota d'energia reattiva.[2]

Per gli stabilimenti dei siti analizzati si è dunque calcolata la penale pagata per il valore medio di $\cos\phi$ medio mensile letto in bolletta che non sempre rispetta i valori stabiliti dalla normativa. Si riportano innanzitutto i grafici con gli andamenti medi mensili del fattore di potenza per ogni stabilimento e per ogni fascia oraria nella Figura 5.4, Figura 5.5 e Figura 5.6 nella pagina seguente. Nella Figura 5.7 nella pagina successiva si riporta invece la penale pagata da ogni stabilimento nel 2018 a causa della penale sul fattore di potenza.

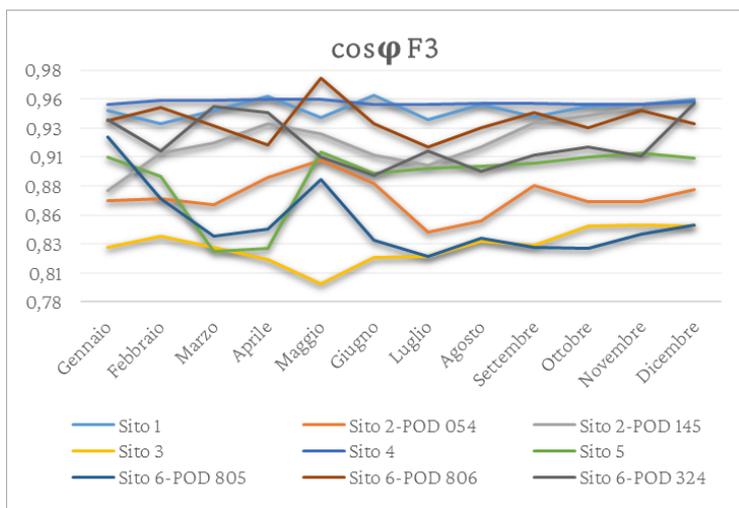


Figura 5.6: Andamento fattore di potenza fascia 3.

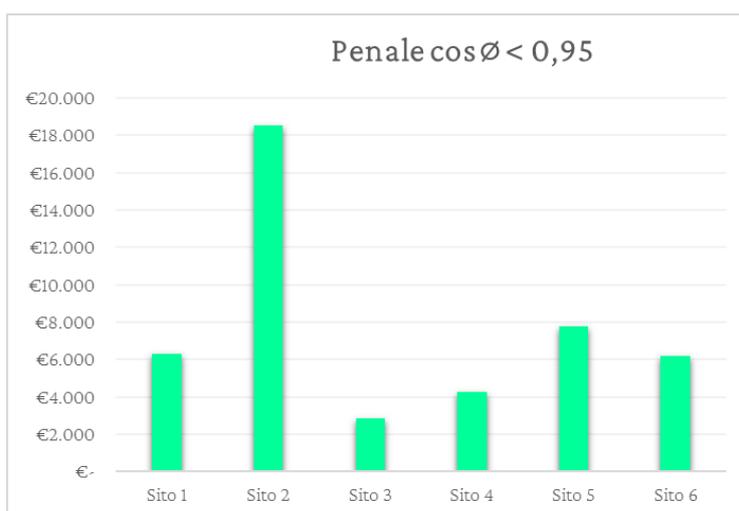


Figura 5.7: Penale $\cos\phi < 0,95$.

Capitolo 6

Conclusioni

Alla luce dei risultati ottenuti attraverso questo lavoro si possono fare diverse considerazioni.

Innanzitutto, attraverso il monitoraggio e l'analisi dei consumi storici degli stabilimenti in esame, risulta evidente come, nelle grandi aziende, il tema dell'efficienza energetica sia ancora poco sentito. Gli sprechi sono dovuti principalmente a una gestione degli impianti non ottimizzata, infatti l'obiettivo principale delle industrie è spesso quello di massimizzare la produzione, anche a discapito del risparmio e dell'efficienza energetica. Si è visto come, attraverso semplici cambiamenti gestionali, i risparmi conseguibili siano significativi sia dal punto di vista energetico sia economico: la sensibilizzazione al tema dell'efficienza energetica è fondamentale per poter "guadagnare" energia attraverso la riduzione degli sprechi.

Un altro aspetto critico è la difficoltà nel cercare di raggiungere una conoscenza completa e approfondita degli impianti elettrici: essi sono spesso obsoleti e strutturati in maniera poco organizzata; di conseguenza, si sono trovati ostacoli anche nella ricostruzione della struttura energetica aziendale. Un passo sicuramente importante da muovere in tale senso è compiere un'analisi approfondita degli impianti in questione; in seguito, risulta sicuramente utile e ormai indispensabile, installare un sistema di monitoraggio fisso dei consumi. I benefici di tale intervento, già illustrati nel paragrafo 5.1, sono fondamentali per poter consentire agli Energy Manager di gestire al meglio l'energia, individuando in tempo reale le inefficienze e gli sprechi; dall'analisi dei dati che vengono raccolti attraverso il monitoraggio è inoltre possibile pianificare ulteriori interventi di risparmio energetico specifici per ogni area funzionale.

L'analisi svolta nel Capitolo 5 punta a ridurre gli sprechi attraverso interventi poco invasivi che non impattino e compromettano il ritmo della produzione. È difficile infatti che in tali contesti si accetti di introdurre modifiche impiantistiche non strettamente necessarie che potrebbero bloccare o rallentare la produzione. Si è dunque cercato di sottolineare come attraverso piccoli accorgimenti e interventi i cui investimenti rientrano facilmente in meno di due anni, si riescano a raggiungere ottimi risultati.

I maggiori consumi si hanno per le attività principali connesse direttamente alla produzione; durante i periodi di fermo vengono spente le macchine produttive, ma le utenze a esse

collegate risultano comunque in funzione. Gli interventi proposti mirano infatti a ridurre gli sprechi delle utenze ausiliare che costituiscono in media il 20% del consumo totale; se di tale 20% si riuscisse anche solo a risparmiarne il 50%, estendendo la stima ai consumi del settore industriale dell'intero Paese, si conseguirebbero risparmi di circa 2,5 *Mtep* di energia annui che corrispondono all'1,5% del consumo complessivo nazionale. Tale risparmio si traduce nella riduzione di emissioni di CO₂ pari a 6.871.657 tonnellate all'anno (equivalenti a piantare annualmente 572.638 alberi) e in un ingente guadagno anche dal punto di vista economico; gli investimenti analizzati rientrano in tempi inferiori ai due anni e permettono di risparmiare il 10% del consumo annuo in bolletta, pari a diverse centinaia di migliaia di euro che possono essere investiti, ad esempio, in nuove tecnologie che portano al miglioramento del processo produttivo.

Tutti i ragionamenti descritti nascono grazie all'analisi approfondita degli stabilimenti: la Diagnosi Energetica è il punto di partenza necessario per poter muovere i primi passi verso la riduzione di sprechi e l'ottimizzazione degli usi finali di energia. Essa permette infatti di individuare le azioni che permettono un miglioramento della sostenibilità ambientale, di migliorare l'efficienza e la qualità delle trasformazioni energetiche, di riqualificare il sistema energetico sotto indagine. Appare dunque evidente come la Diagnosi Energetica sia lo strumento necessario per poter individuare le azioni e gli interventi da svolgere col fine di creare un sistema energetico più sostenibile, in grado di ridurre in maniera consistente l'impatto ambientale causato dalle attività umane.

Bibliografia

- [1] Uni cei/tr 11428: diagnosi energetiche di qualità. URL <http://uni.com>.
- [2] Rifasamento. URL it.wikipedia.org/wiki/Rifasamento.
- [3] Portoraro A. Appunti delle lezioni.
- [4] Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana. *Decreto legislativo n. 102 del 4luglio 2014*, 2014.
- [5] Ministero dello Sviluppo Economico. *Chiarimenti in materia di diagnosi energetica nelle imprese ai sensi dell'articolo 8 del Decreto legislativo n. 102 del 2014*. MISE, 2016.
- [6] Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea. *Direttiva 2006/32/CE del parlamento europeo e del consiglio*, 2006.
- [7] Dipartimento Unità Efficienza Energetica. *Diagnosi Energetiche art 8 del D.Lgs. 102/2014. Linee Guida e Manuale Operativo: clusterizzazione, il rapporto di diagnosi e il piano di monitoraggio*. ENEA, 2019.
- [8] IEA. *World Energy Balances: Overview*. International Energy Agency, 2018.
- [9] Dipartimento Unità l'Efficienza Energetica. *Analisi e risultati delle policy di efficienza energetica del nostro paese*, 2019.

Appendice A

Sito 2



Figura A.1: Planimetria stabilimento Sito 2.

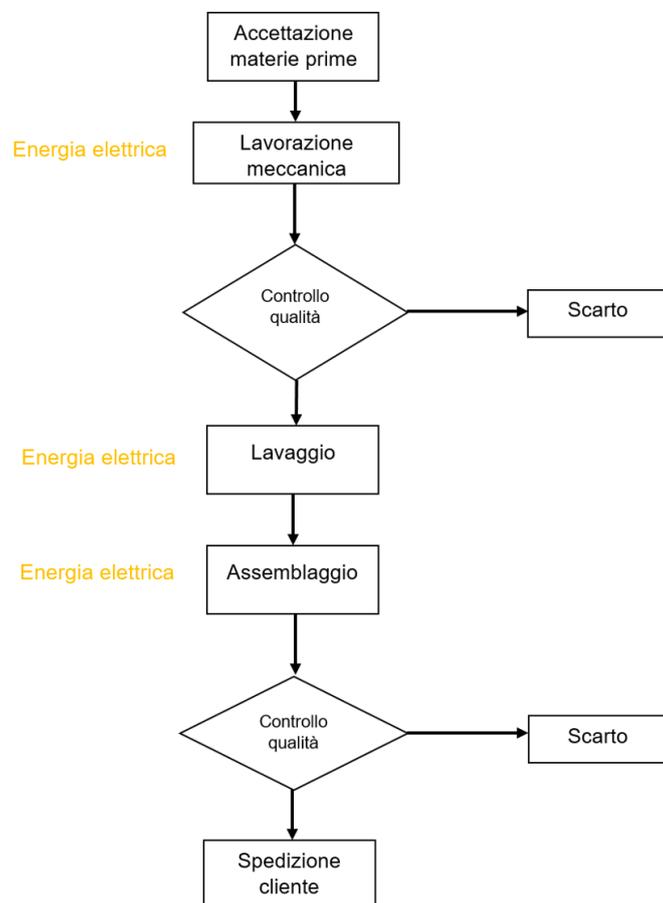


Figura A.2: Processo produttivo Sito 2.

Tabella A.1: Consumi storici GN e EE (2016, 2017 e 2018) Sito 2.

Mese	Energia elettrica [kWh]			Gas Naturale [Sm ³]		
	2018	2017	2018	2017	2016	2018
Gennaio	1.239.156	1.037.776	806.744	81.137	118.769	70.310
Febbraio	1.208.755	1.044.529	986.929	71.166	64.145	45.470
Marzo	1.306.994	1.104.534	1.067.504	45.950	30.359	43.035
Aprile	1.254.429	932.053	1.029.282	10.006	11.374	9.565
Maggio	1.451.256	1.145.215	1.125.916	643	3.182	2.780
Giugno	1.427.277	1.099.794	1.027.781	20	133	91
Luglio	1.502.728	1.213.192	1.042.875	20	24	10
Agosto	1.171.307	886.983	735.234	20	75	10
Settembre	1.392.555	1.243.108	1.059.567	93	239	348
Ottobre	1.508.492	1.253.344	901.775	3.550	11.320	13.335
Novembre	1.500.856	1.029.212	1.024.467	52.019	67.974	43.001
Dicembre	1.290.216	1.091.467	1.046.694	114.605	116.436	81.784
TOTALE	16.254.021	13.081.207	11.854.768	379.229,00	424.029,72	309.738,50
TOTALE [tep]	3.040	2.446	2.217	313	350	256

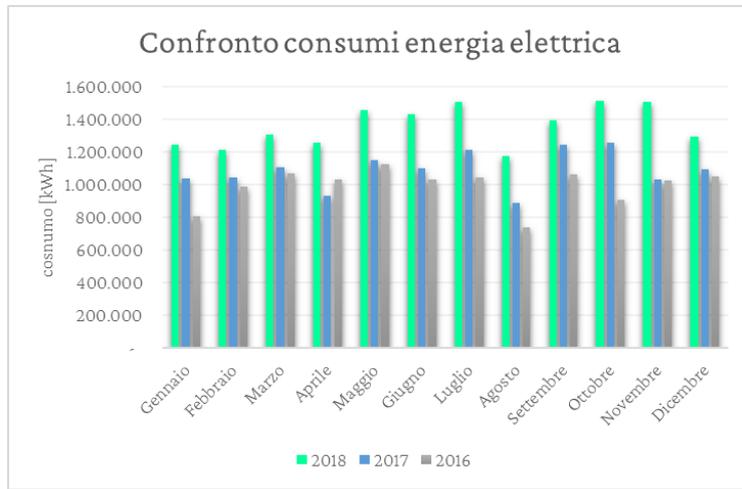


Figura A.3: Analisi energia elettrica Sito 2.

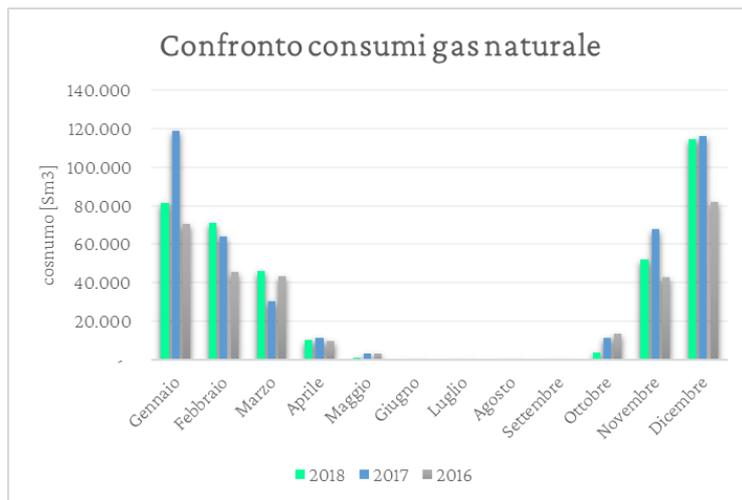


Figura A.4: Analisi gas naturale Sito 2.

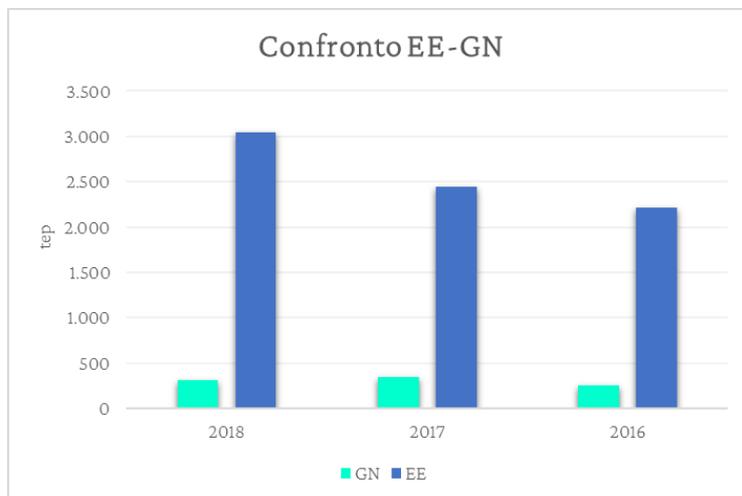


Figura A.5: Confronto EE-GN (tep) Sito 2.

Tabella A.2: Attività principali Sito 2.

	Blindo 1 [kWh]		Blindo 3 [kWh]		Blindo 4 [kWh]		Lavatrice [kWh]		Blindo 250 [kWh]	
	<i>feriale</i>	<i>festivo</i>	<i>feriale</i>	<i>festivo</i>	<i>feriale</i>	<i>festivo</i>	<i>feriale</i>	<i>festivo</i>	<i>feriale</i>	<i>festivo</i>
<i>Lunedì</i>	1.004		1.943		1.980		2.037		198	
<i>Martedì</i>	949		2.000		2.030		2.017		215	
<i>Mercoledì</i>	1.001		1.963		1.991		2.204		208	
<i>Giovedì</i>	1.059		2.050		2.082		2.359		202	
<i>Venerdì</i>	1.074		2.068		2.109		2.344		147	
<i>Sabato</i>		118		755		795		376		74
<i>Domenica</i>		222		1.592		1.605		531		173
media	1.017	170	2.005	1.174	2.039	1.200	2.192	454	194	124
min	949	118	1.943	755	1.980	795	2.017	376	147	74
max	1.074	222	2.068	1.592	2.109	1.605	2.359	531	215	173

Tabella A.3: Servizi ausiliari Sito 2.

	Linea trasporto pezzi [kWh]		Refrigerazione acq.emuls. [kWh]		Impianto acq. emuls. [kWh]	
	<i>feriale</i>	<i>festivo</i>	<i>feriale</i>	<i>festivo</i>	<i>feriale</i>	<i>festivo</i>
<i>Lunedì</i>	420		618		1.256	
<i>Martedì</i>	383		656		1.281	
<i>Mercoledì</i>	430		649		1.269	
<i>Giovedì</i>	453		668		1.319	
<i>Venerdì</i>	457		699		1.326	
<i>Sabato</i>		166		315		684
<i>Domenica</i>		194		540		1.069
media	428	180	658	428	1.290	876
min	383	166	618	315	1.256	684
max	457	194	699	540	1.326	1.069

Tabella A.4: Servizi generali Sito 2.

	Quadro ausiliari [kWh]		Illuminazione [kWh]		Quadro luci e uffici [kWh]	
	feriale	festivo	feriale	festivo	feriale	festivo
Lunedì	770		340		82	
Martedì	775		342		81	
Mercoledì	809		350		83	
Giovedì	824		346		78	
Venerdì	784		337		75	
Sabato		627		239		66
Domenica		516		232		78
media	792	572	343	236	80	72
min	770	516	337	232	75	66
max	824	627	350	239	83	78

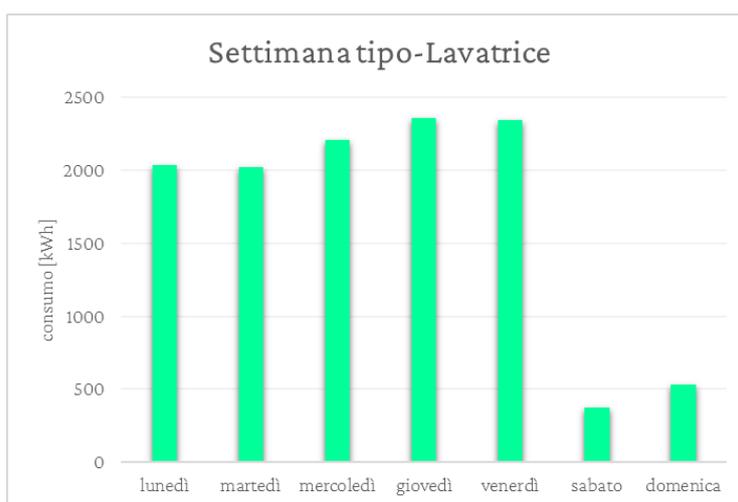


Figura A.6: Settimana tipo Lavatrice Sito 2.

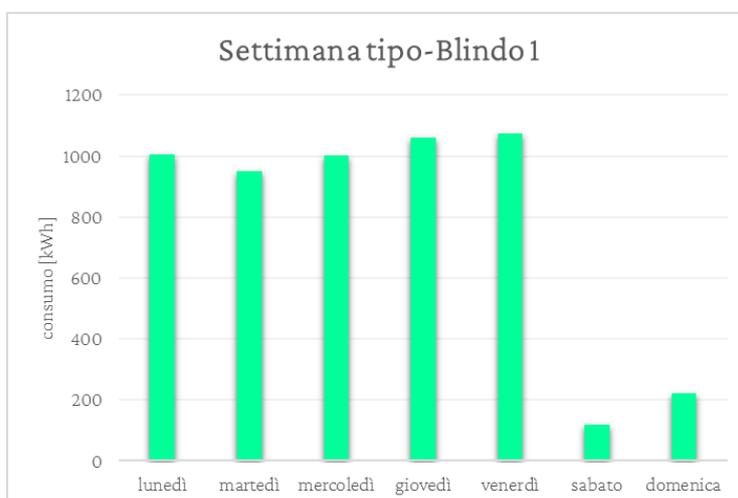


Figura A.7: Settimana tipo Blindo 1 Sito 2.

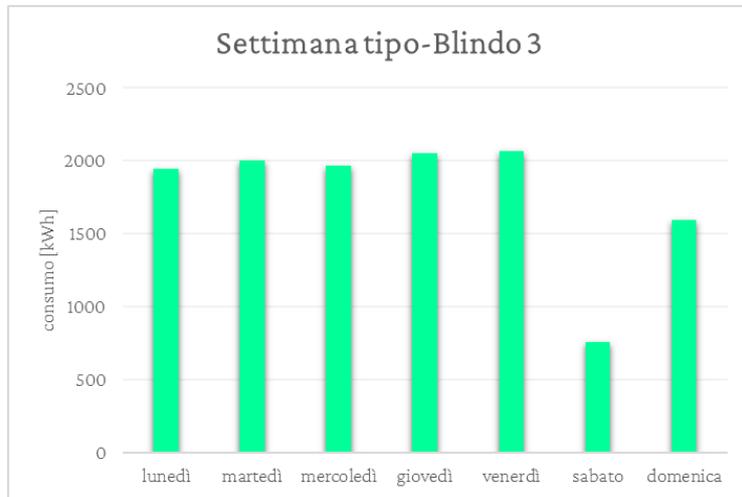


Figura A.8: Settimana tipo Blindo 3 Sito 2.

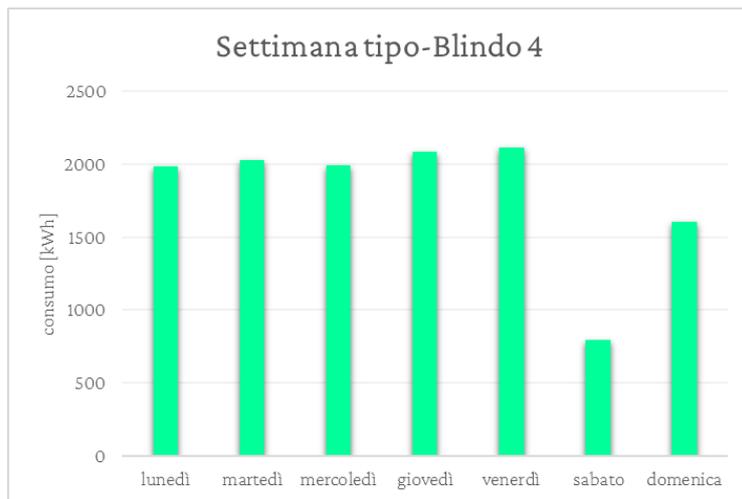


Figura A.9: Settimana tipo Blindo 4 Sito 2.

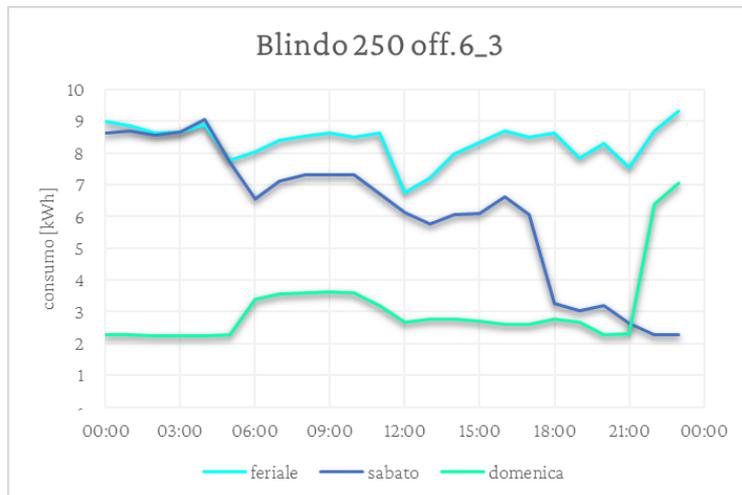


Figura A.10: Andamento orario Blindo 250 off. 6_3 Sito 2.

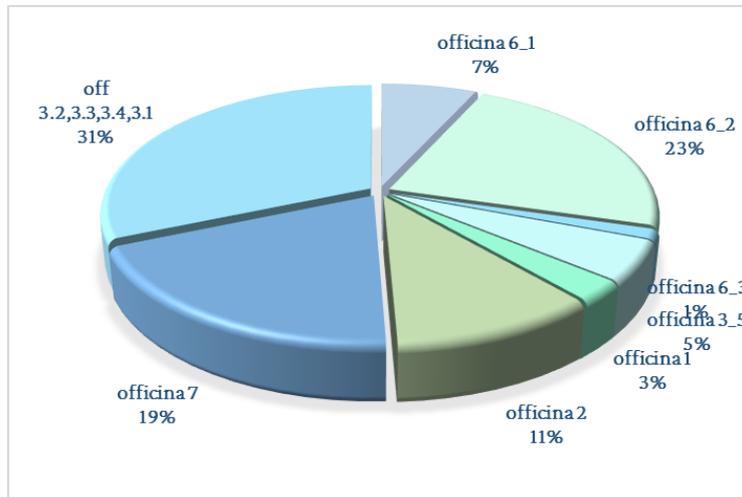


Figura A.11: *Suddivisione consumi attività principali Sito 2.*

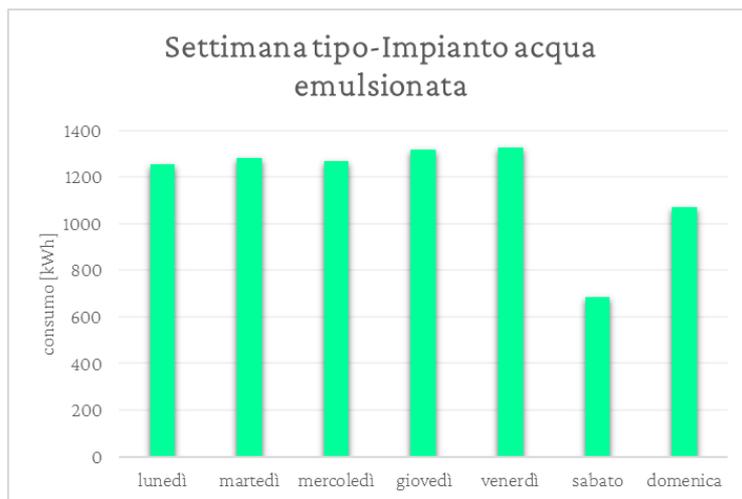


Figura A.12: *Settimana tipo Impianto acqua emulsionata Sito 2.*

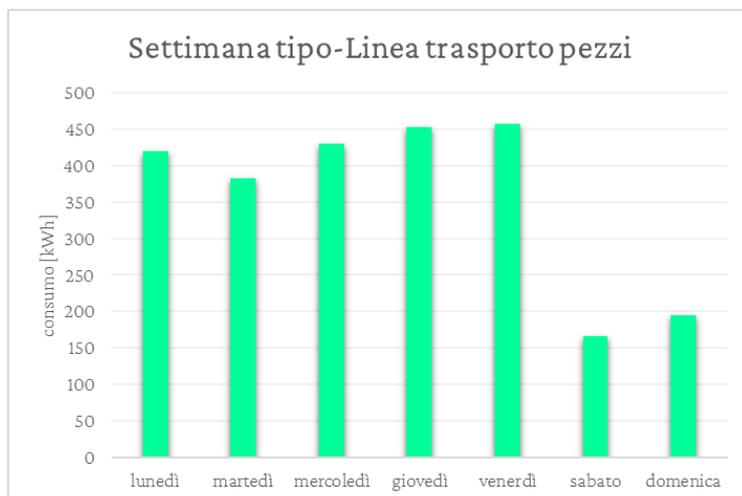


Figura A.13: *Settimana tipo Linea trasporto pezzi Sito 2.*

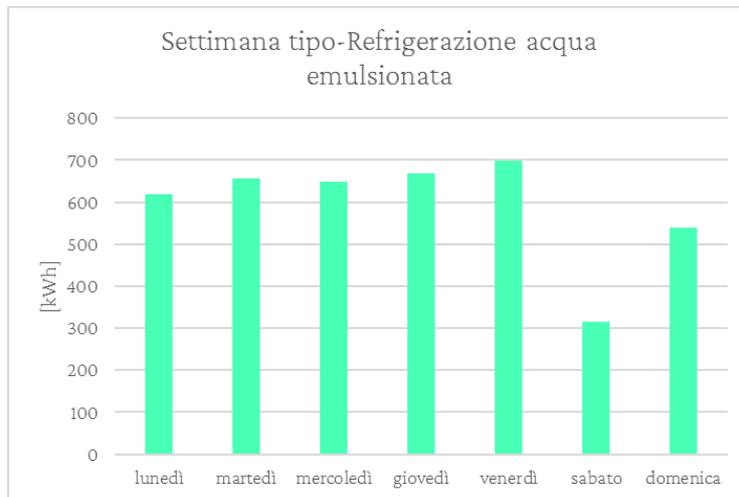


Figura A.14: Settimana tipo Refrigerazione acqua emulsionata Sito 2.

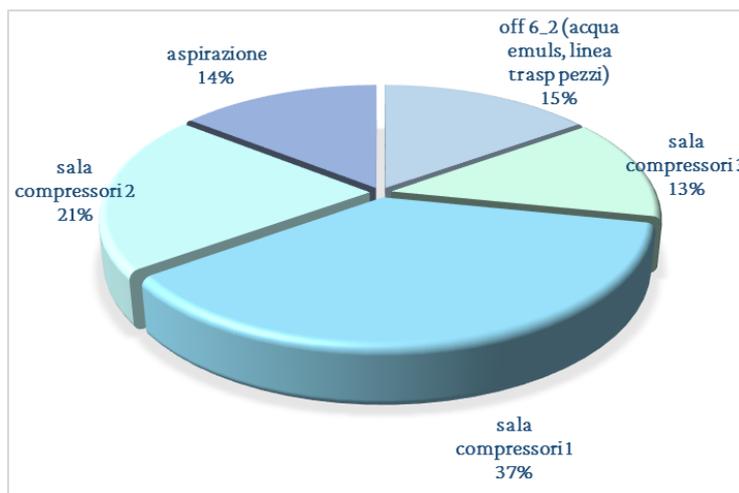


Figura A.15: Suddivisione consumi servizi ausiliari Sito 2.

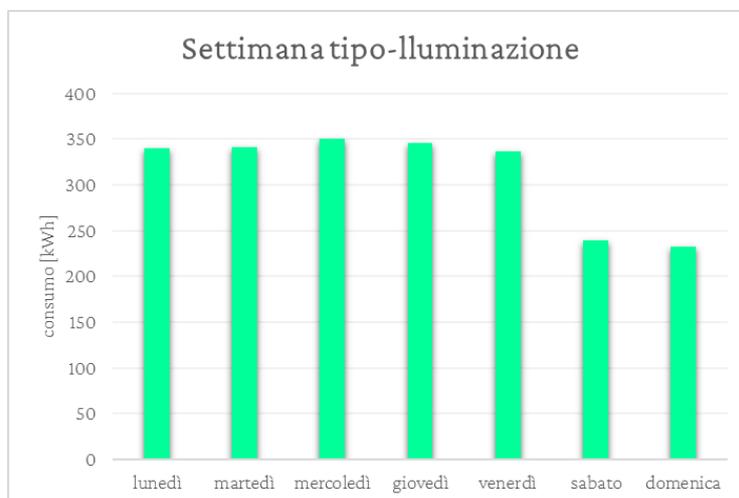


Figura A.16: Settimana tipo Illuminazione Sito 2.

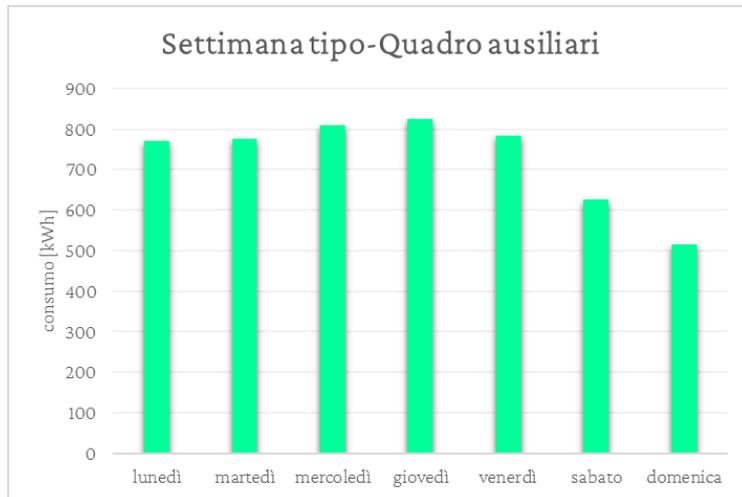


Figura A.17: Settimana tipo Quadro ausiliari Sito 2.

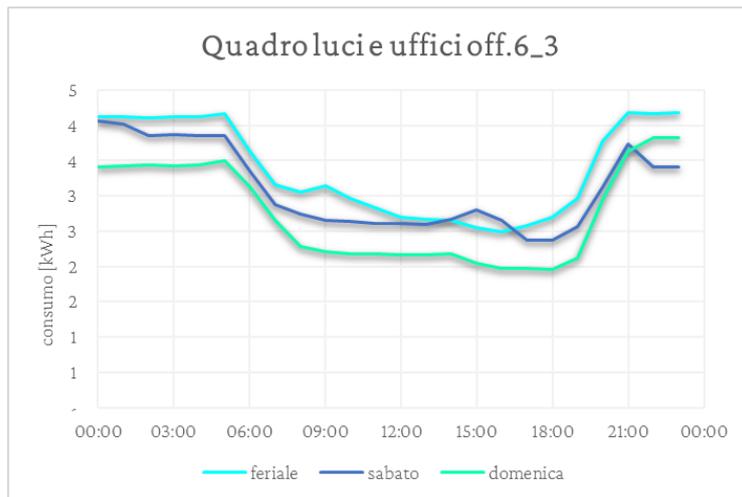


Figura A.18: Andamento orario quadro luci e uffici off.6_3. Sito 2

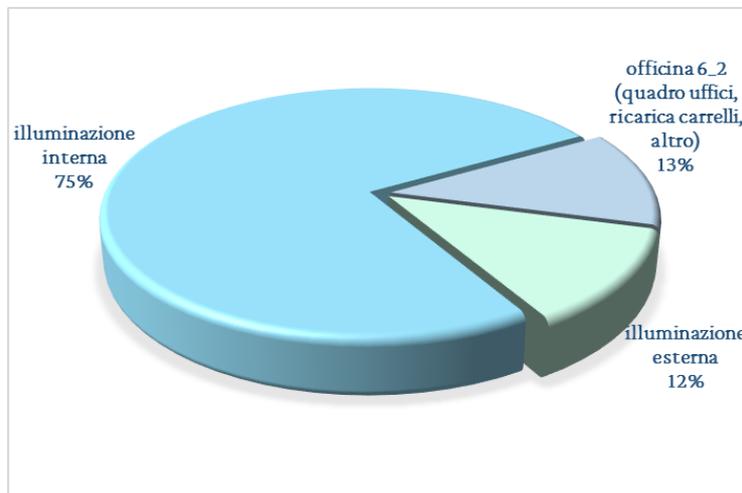


Figura A.19: Suddivisione consumi servizi generali Sito 2.

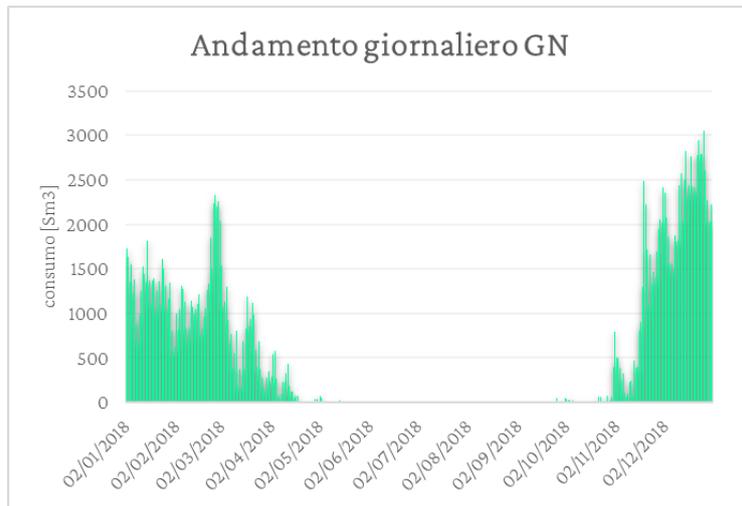


Figura A.20: *Andamento giornaliero consumi GN 2018, PDR 700 Sito 2.*

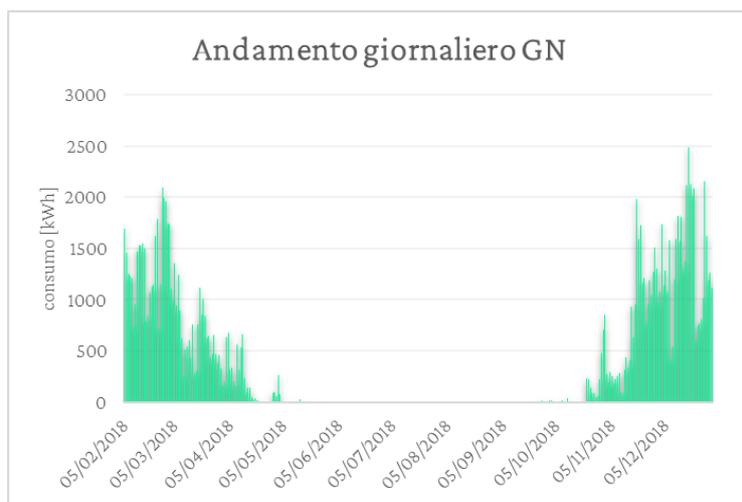


Figura A.21: *Andamento giornaliero consumi GN 2018, PDR 826 Sito 2.*

Appendice B

Sito 3

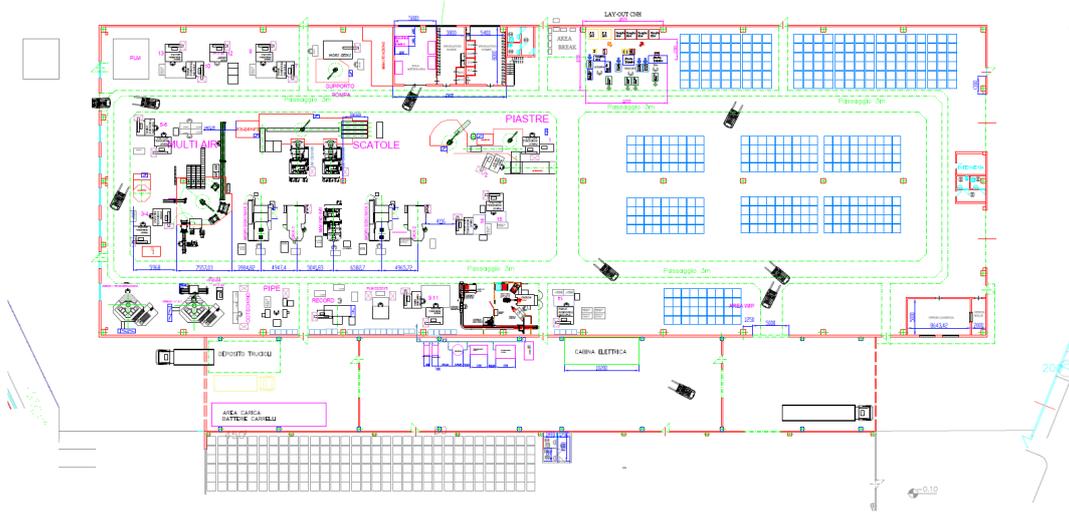


Figura B.1: Planimetria stabilimento Sito 3.

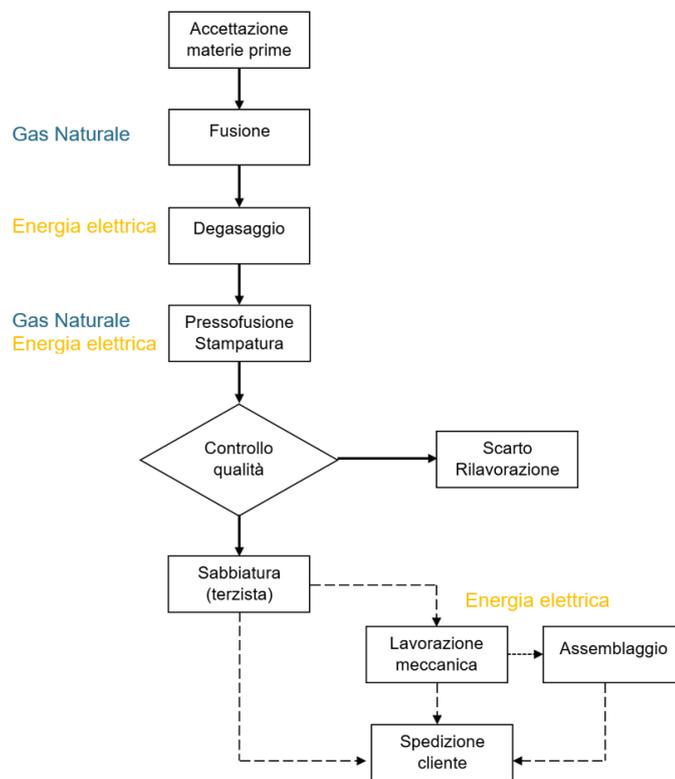


Figura B.2: Processo produttivo Sito 3 e 4.

Tabella B.1: Consumi storici GN e EE (2016, 2017 e 2018) Sito 3.

Mese	Energia elettrica [kWh]			Gas Naturale [Sm ³]		
	2018	2017	2018	2017	2016	2018
Gennaio	139.304	126.361	98.216	13.656	20.752	13.995
Febbraio	129.397	131.940	105.971	13.695	12.344	9.484
Marzo	151.033	147.170	110.664	5.657	4.958	4.662
Aprile	128.802	126.847	97.267	950	1.252	80
Maggio	146.192	137.197	106.265	112	812	24
Giugno	152.322	131.050	103.062	42	47	21
Luglio	149.557	136.532	116.424	30	47	15
Agosto	97.652	85.986	79.095	17	38	9
Settembre	133.017	134.601	128.172	33	155	32
Ottobre	147.827	142.662	119.305	74	704	186
Novembre	152.387	146.144	127.724	7.267	8.494	6.014
Dicembre	110.444	111.852	22.077	9.898	17.976	17.309
TOTALE	1.637.933	1.558.342	1.214.242	51.431	67.579	51.831
TOTALE [tep]	306	291	227	42	56	43

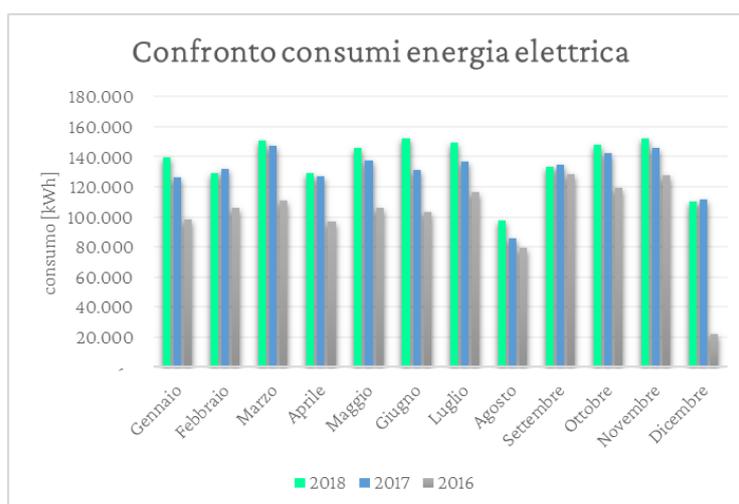


Figura B.3: Analisi energia elettrica Sito 3.

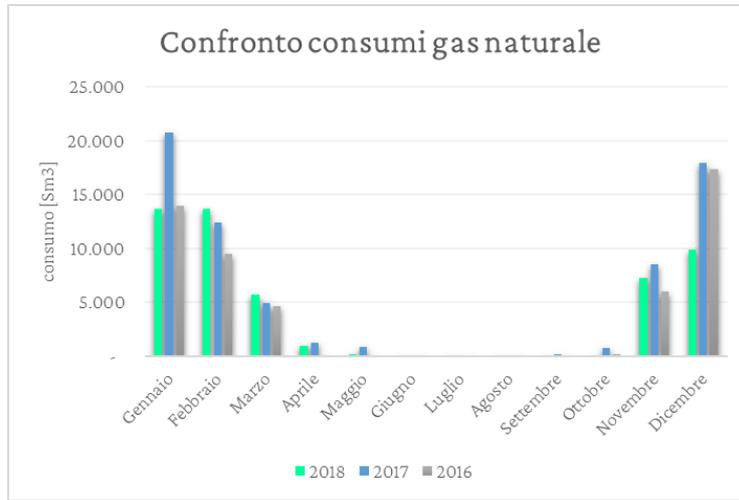


Figura B.4: Analisi gas naturale Sito 3.

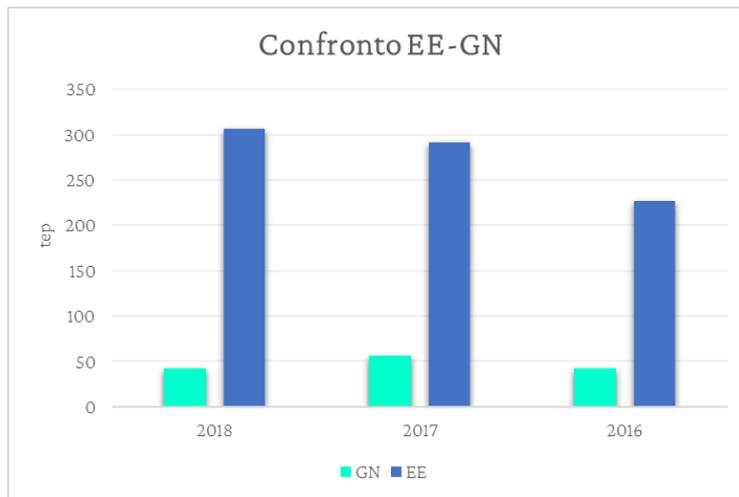


Figura B.5: Confronto EE-GN (tep) Sito 3.

Tabella B.2: Attività principali Sito 3.

	Blindo 1 [kWh]		Blindo 2 [kWh]		Blindo 4 [kWh]	
	feriale	festivo	feriale	festivo	feriale	festivo
Lunedì	605		1.764		294	
Martedì	691		2.031		374	
Mercoledì	642		2.070			
Giovedì	670		1.960			
Venerdì	670		1.831			
Sabato		542		2.820		214
Domenica		19		138		48
media	656	280	1.931	1.479	334	131
min	605	19	1.764	138	294	48
max	691	542	2.070	2.820	374	214

Tabella B.3: Servizi ausiliari Sito 3.

	Compressori [kWh]		Ricarica muletti [kWh]	
	<i>feriale</i>	<i>festivo</i>	<i>feriale</i>	<i>festivo</i>
<i>Lunedì</i>	1.877		84	
<i>Martedì</i>	2.210		114	
<i>Mercoledì</i>	2.220			
<i>Giovedì</i>	2.007			
<i>Venerdì</i>	2.184			
<i>Sabato</i>		1.591		61
<i>Domenica</i>		216		5
media	2.099	903	99	33
min	1.877	216	84	5
max	2.220	1.591	114	61

Tabella B.4: Servizi generali Sito 3.

	Ufficio logistica [kWh]		Luce magazzino [kWh]		Ufficio logistica [kWh]	
	<i>feriale</i>	<i>festivo</i>	<i>feriale</i>	<i>festivo</i>	<i>feriale</i>	<i>festivo</i>
<i>Lunedì</i>	74		270		0,32	
<i>Martedì</i>	101		388		2	
<i>Mercoledì</i>	101					
<i>Giovedì</i>	77					
<i>Venerdì</i>	61					
<i>Sabato</i>		19		428		0,09
<i>Domenica</i>		3		81		0,03
media	83	11	329	254	1	0,06
min	61	3	270	81	0,32	0,03
max	101	19	388	428	2	0,09

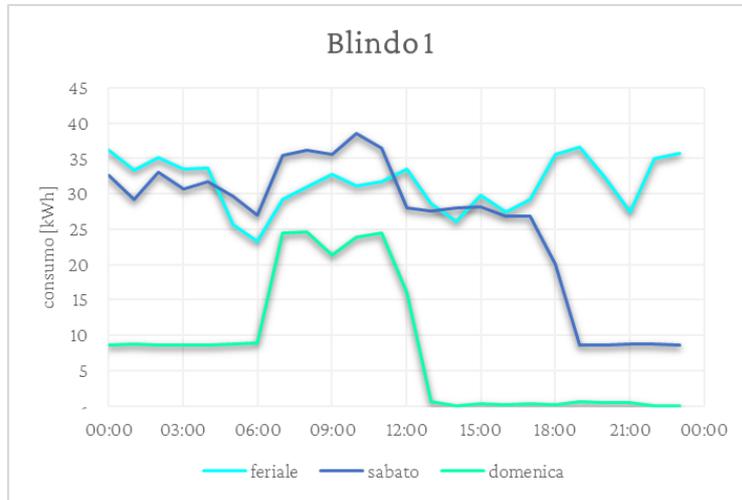


Figura B.6: Andamento orario Blindo 1 Sito 3.

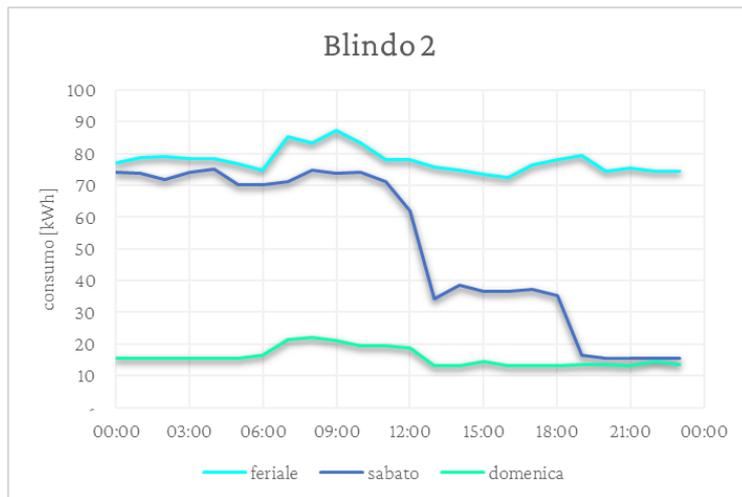


Figura B.7: Andamento orario Blindo 2 Sito 3.

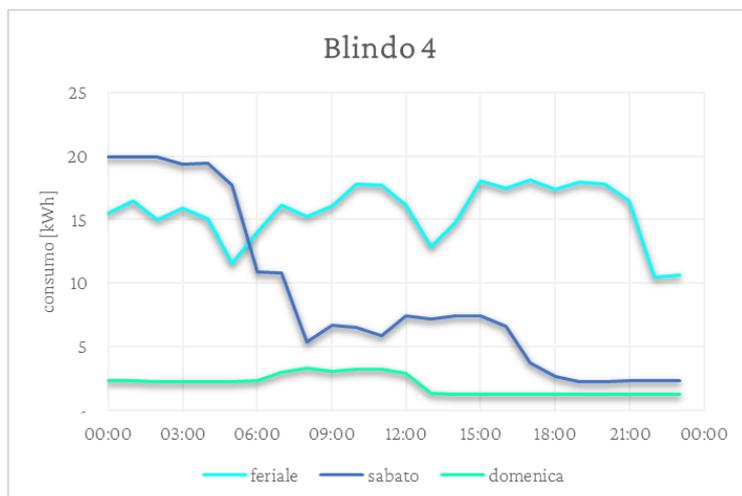


Figura B.8: Andamento orario Blindo 4 Sito 3.

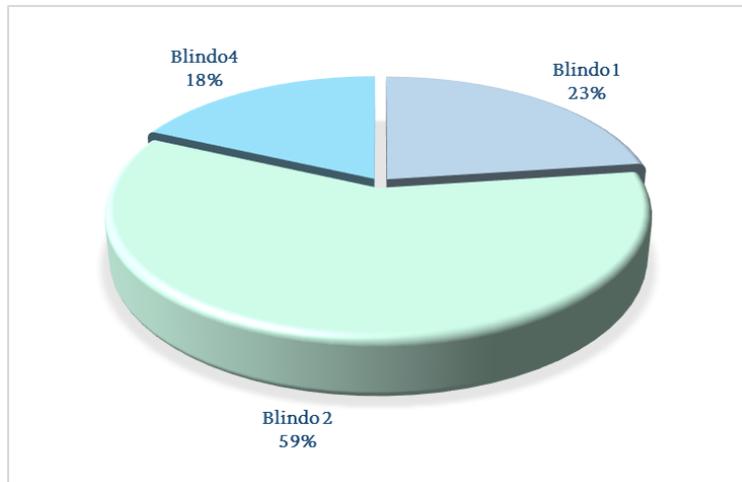


Figura B.9: *Suddivisione consumi attività principali Sito 3.*

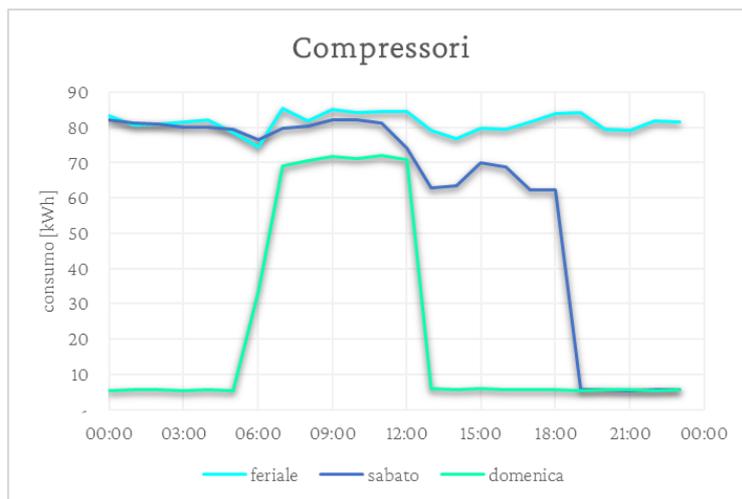


Figura B.10: *Andamento orario Compressori Sito 3.*

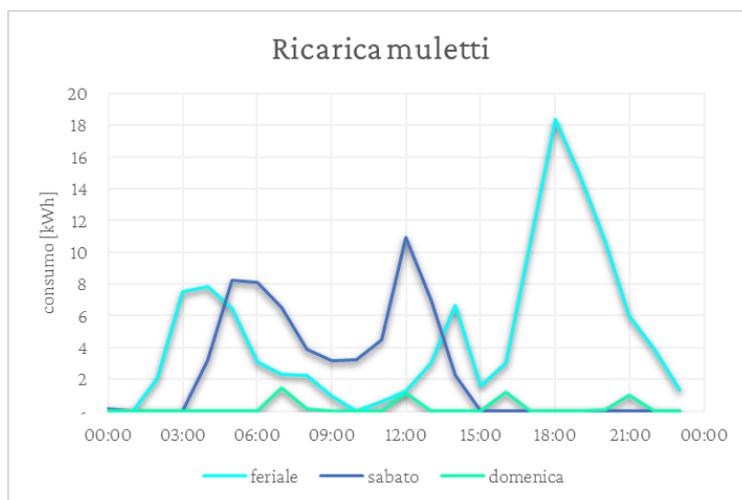


Figura B.11: *Andamento orario Ricarica muletti Sito 3.*

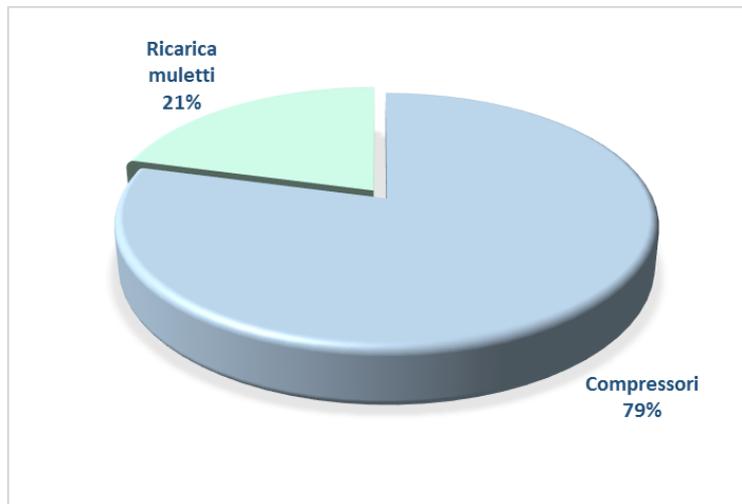


Figura B.12: *Suddivisione consumi servizi ausiliari Sito 3.*

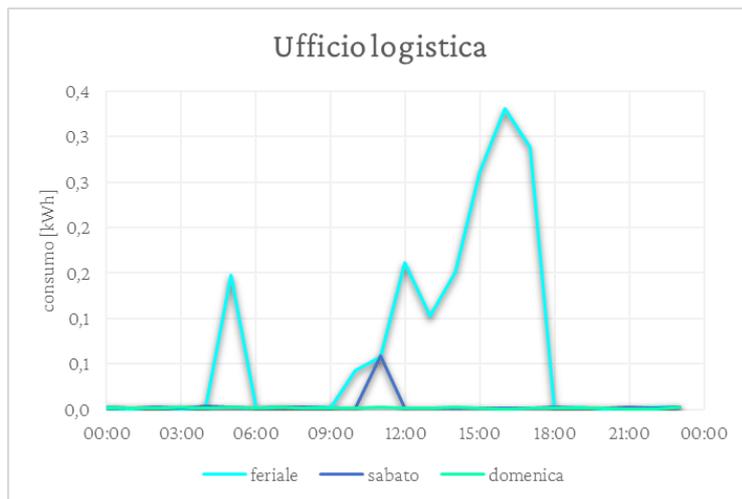


Figura B.13: *Andamento orario Ufficio logistica Sito 3.*



Figura B.14: *Andamento orario Luce magazzino Sito 3.*

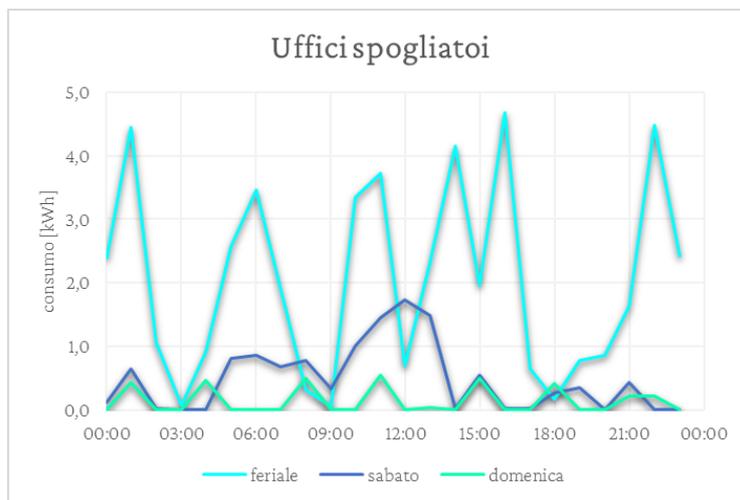


Figura B.15: Andamento orario Uffici spogliatoi Sito 3.

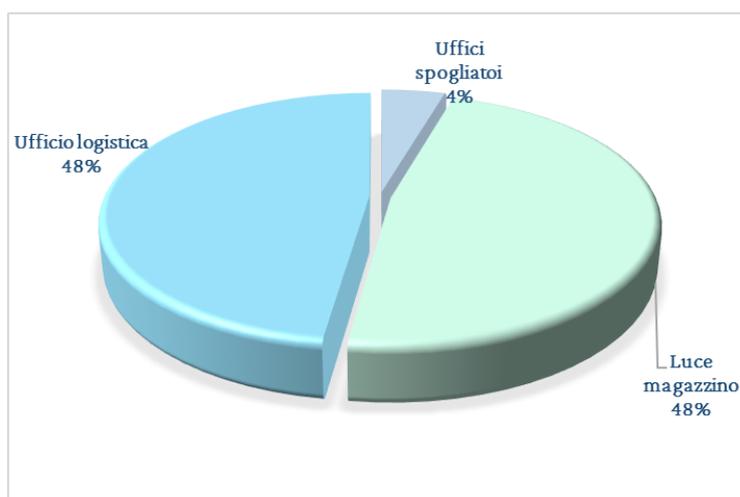


Figura B.16: Suddivisione consumi servizi generali Sito 3.



Figura B.17: *Andamento giornaliero consumi GN 2018 Sito 3.*

Appendice C

Sito 4

Tabella C.1: Consumi storici GN e EE (2016, 2017 e 2018) Sito 4.

Mese	Energia elettrica [kWh]			Gas Naturale [Sm ³]		
	2018	2017	2018	2017	2016	2018
Gennaio	1.305.530	1.015.637	753.259	304.798	227.523	191.520
Febbraio	1.200.239	1.163.661	988.867	274.846	230.413	198.920
Marzo	1.386.551	1.267.176	1.061.623	303.229	234.066	197.997
Aprile	1.239.217	1.122.318	1.030.064	253.651	204.757	174.904
Maggio	1.397.244	1.231.317	1.186.259	266.622	219.298	208.771
Giugno	1.391.904	1.258.600	1.216.208	258.661	216.745	205.761
Luglio	1.401.055	1.220.155	1.201.555	262.759	219.686	207.549
Agosto	815.898	950.231	796.713	129.250	152.666	134.001
Settembre	1.313.690	1.199.512	1.240.806	249.542	208.934	212.961
Ottobre	1.446.362	1.232.564	1.175.548	293.065	216.016	205.343
Novembre	1.315.808	1.264.345	1.041.952	262.220	267.836	219.870
Dicembre	1.007.081	1.017.569	1.085.393	228.214	267.286	226.677
TOTALE	15.220.580	13.943.085	12.778.247	3.086.857	2.665.226	2.384.274
TOTALE [tep]	2.846	2.607	2.390	2.547	2.199	1.967

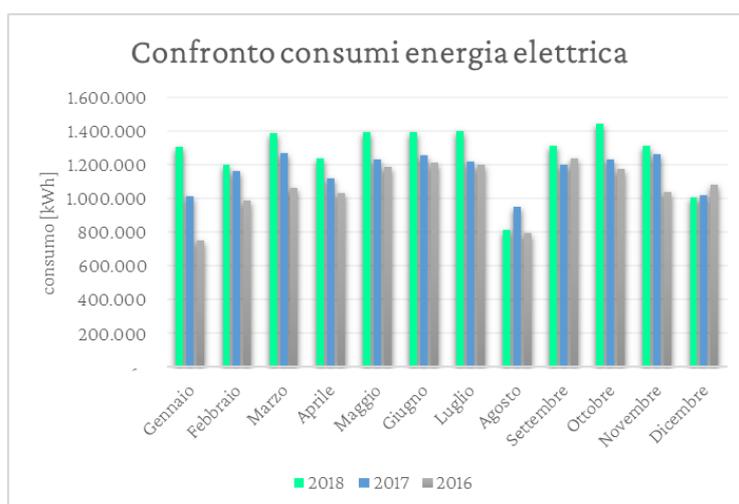


Figura C.2: Analisi energia elettrica Sito 4.

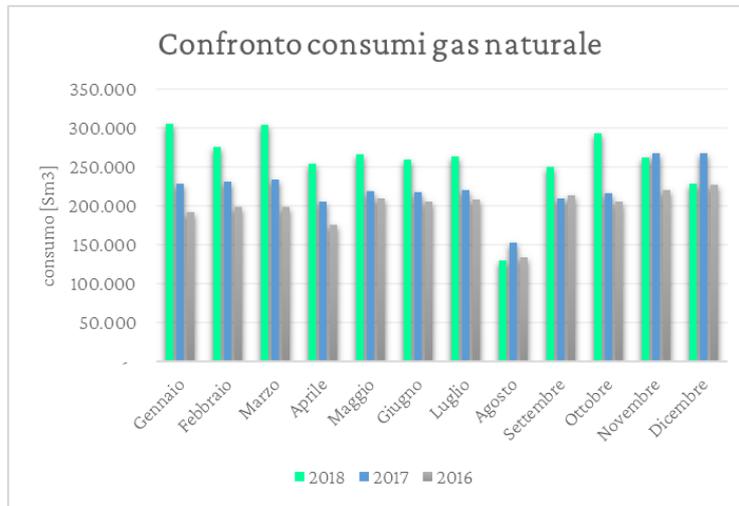


Figura C.3: Analisi gas naturale Sito 4.

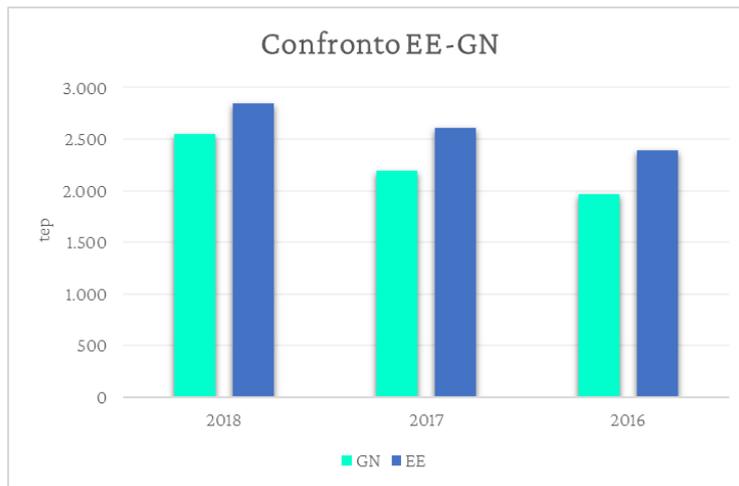


Figura C.4: Confronto EE-GN (tep) Sito 4.

Tabella C.2: Attività principali Sito 4.

	Blindo 1 [kWh]		Blindo 2 [kWh]		Linea presse [kWh]		Blindo 2_1 [kWh]	
	feriale	festivo	feriale	festivo	feriale	festivo	feriale	festivo
Lunedì	3.481		3.432		467		1.724	
Martedì	4.349		4.230		570		147	
Mercoledì	4.286		4.243		577		2.788	
Giovedì	4.523		4.110		657		3.810	
Venerdì	4.239		4.278		577		2.740	
Sabato		1.513		1.618		286		3.064
Domenica		211		228		47		3.759
media	4.176	862	4.059	923	570	166	2.242	3.411
min	3.481	211	3.432	228	467	47	147	3.064
max	4.523	1.513	4.278	1.618	657	286	3.810	3.759

Tabella C.3: Attività principali e servizi ausiliari Sito 4.

	Blindo 2_2 [kWh]		Blindo 4_c2 [kWh]		Compressori [kWh]		Aspirazione [kWh]	
	<i>feriale</i>	<i>festivo</i>	<i>feriale</i>	<i>festivo</i>	<i>feriale</i>	<i>festivo</i>	<i>feriale</i>	<i>festivo</i>
<i>Lunedì</i>	3.284		3.541		8.608		3.371	
<i>Martedì</i>	3.612		4.183		10.406		3.616	
<i>Mercoledì</i>	4.027		3.599		10.416		3.637	
<i>Giovedì</i>	4.450		3.782		10.532		3.620	
<i>Venerdì</i>	4.834		4.420		10.557		3.623	
<i>Sabato</i>		2.251		1.991		6.411		3.204
<i>Domenica</i>		577		548		3.574		577
media	4.041	1.414	3.905	1.269	10.104	4.992	3.573	1.891
min	3.284	577	3.541	548	8.608	3.574	3.371	577
max	4.834	2.251	4.420	1.991	10.557	6.411	3.637	3.204

Tabella C.4: Servizi generali Sito 4.

	Uffici piano terra [kWh]		Uffici primo piano [kWh]		Sala metrologica [kWh]	
	<i>feriale</i>	<i>festivo</i>	<i>feriale</i>	<i>festivo</i>	<i>feriale</i>	<i>festivo</i>
<i>Lunedì</i>	114		72		86	
<i>Martedì</i>	128		88		160	
<i>Mercoledì</i>	142		96		169	
<i>Giovedì</i>	-		-		-	
<i>Venerdì</i>	-		-		-	
<i>Sabato</i>		130		75		80
<i>Domenica</i>		116		75		93
media	128	123	85	75	138	87
min	114	116	72	75	86	80
max	142	130	96	75	169	93

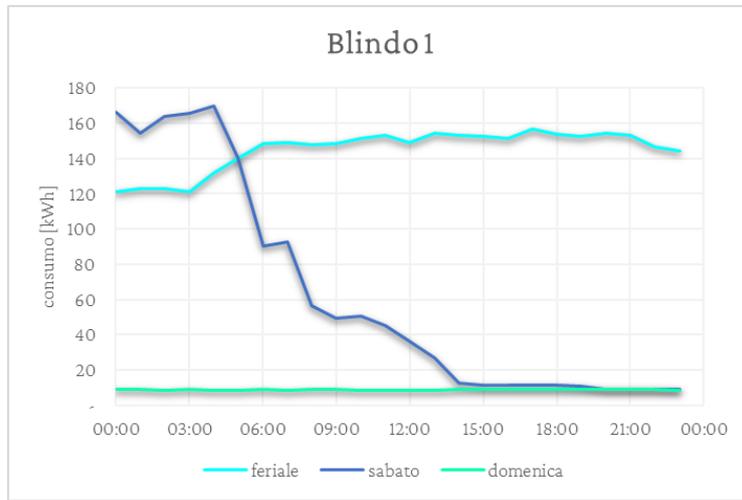


Figura C.5: Andamento orario Blindo 1 Sito 4.

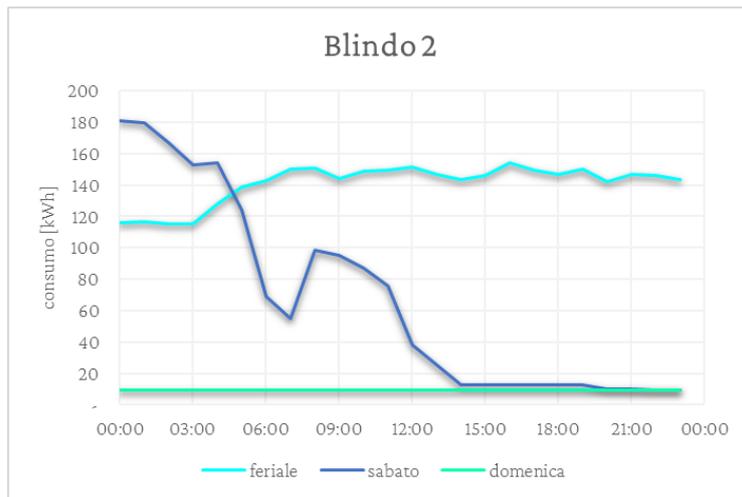


Figura C.6: Andamento orario Blindo 2 Sito 4.

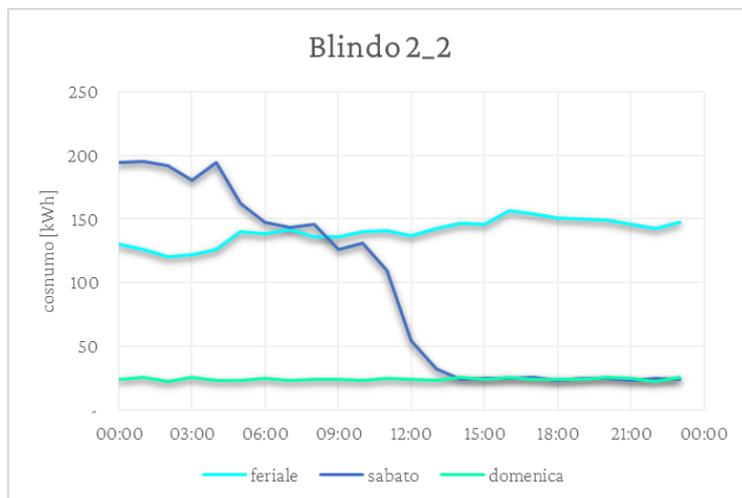


Figura C.7: Andamento orario Blindo 2_2 Sito 4.



Figura C.8: Andamento orario Blindo 4 Sito 4.

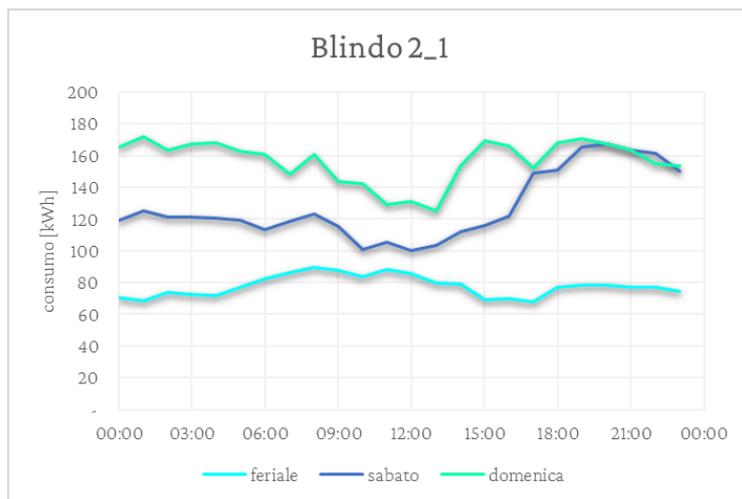


Figura C.9: Andamento orario Blindo 2_1 Sito 4.

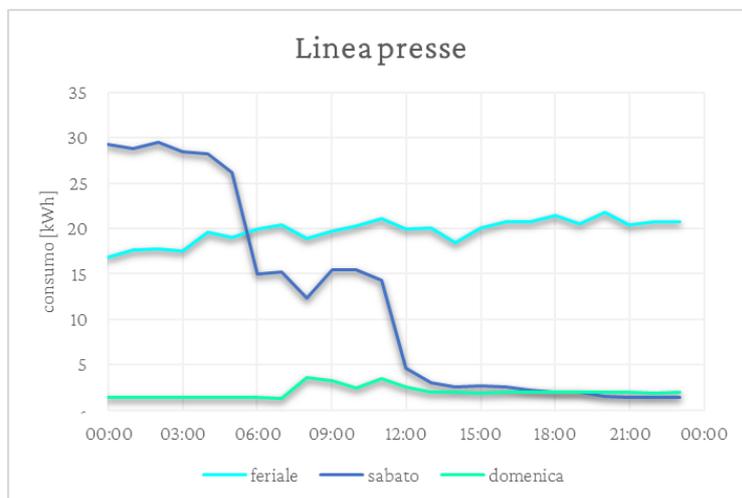


Figura C.10: Andamento orario Linea presse Sito 4.

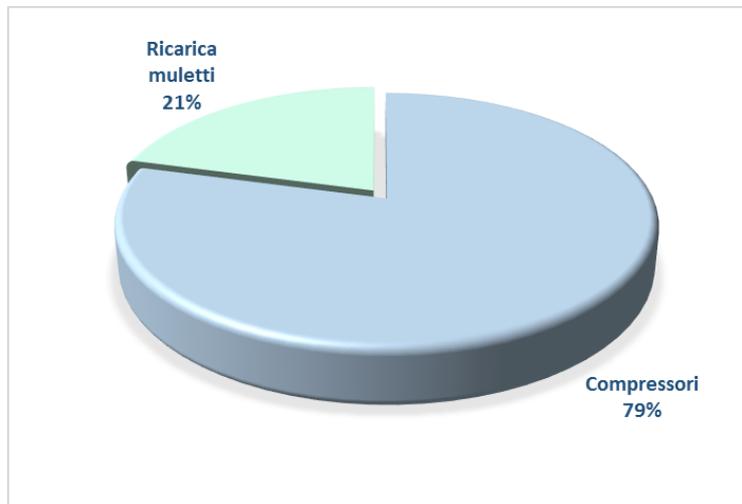


Figura C.11: *Suddivisione consumi attività principali Sito 4.*

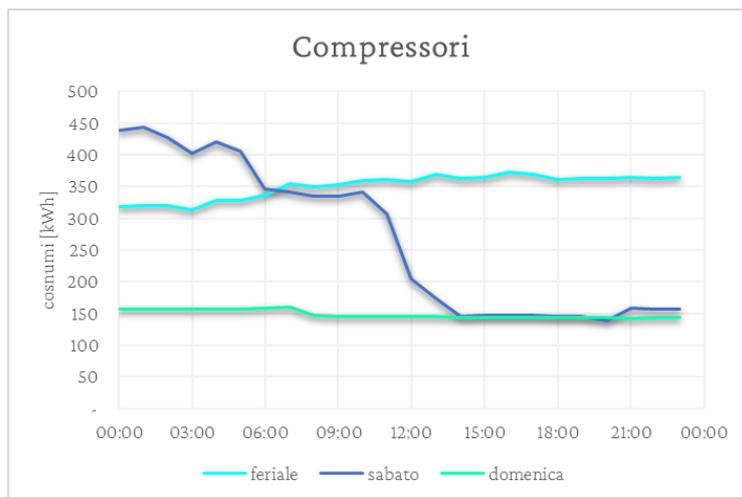


Figura C.12: *Andamento orario Compressori Sito 4.*

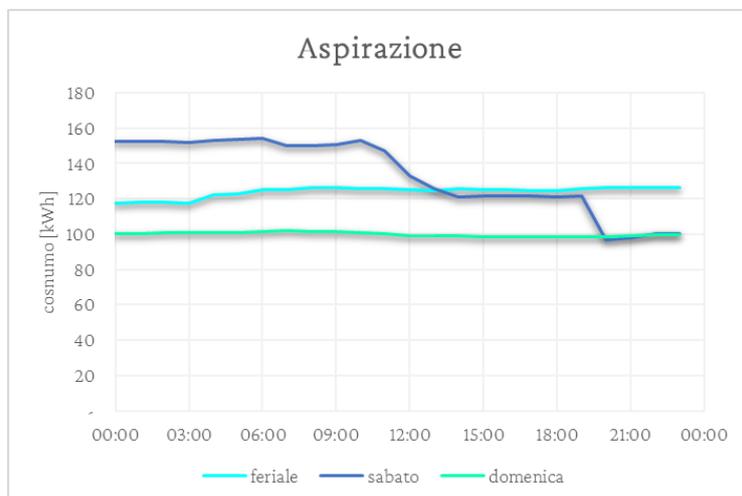


Figura C.13: *Andamento orario Aspirazione Sito 4.*

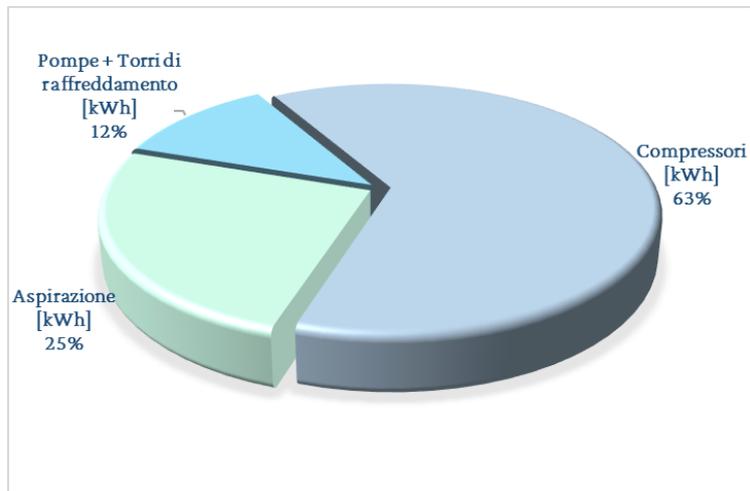


Figura C.14: *Suddivisione consumi servizi ausiliari Sito 4.*

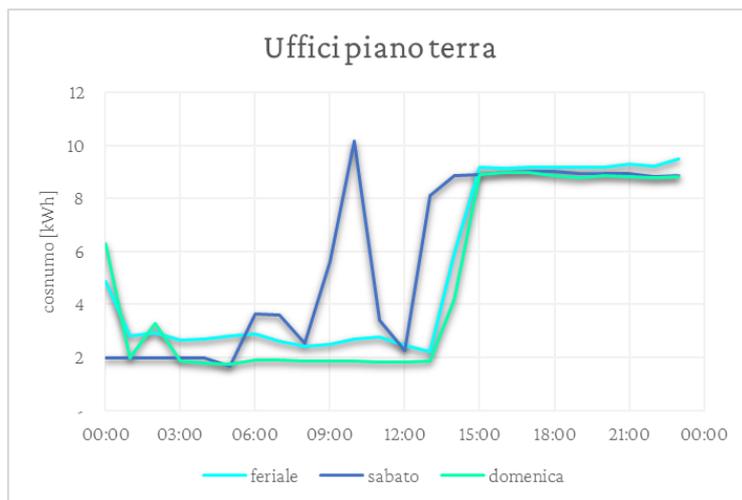


Figura C.15: *Andamento orario Uffici piano terra Sito 4.*

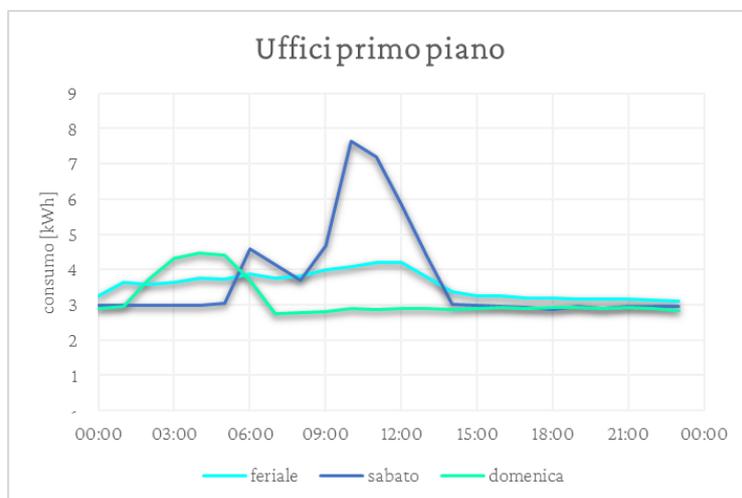


Figura C.16: *Andamento orario Uffici primo piano Sito 4.*

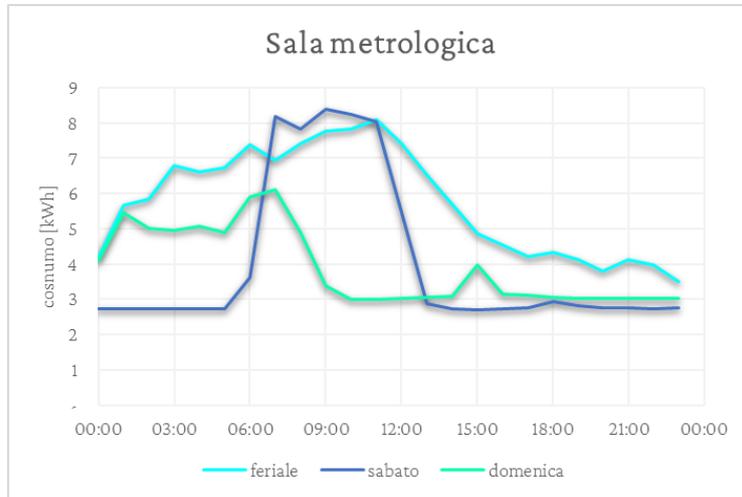


Figura C.17: Andamento orario Sala metrologica Sito 4.

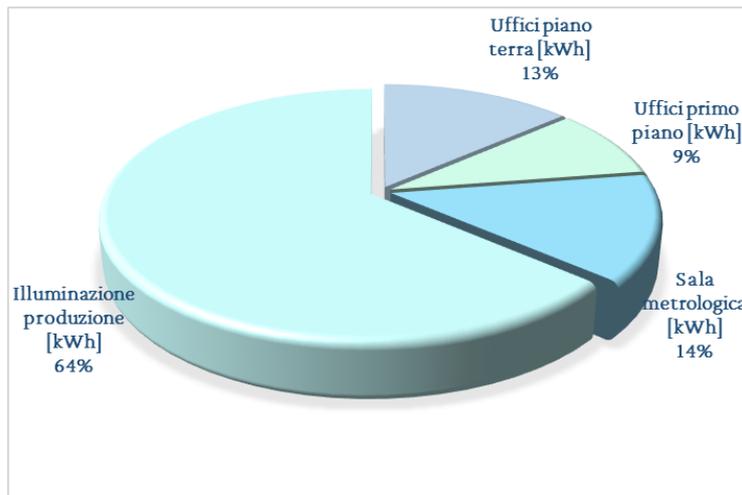


Figura C.18: Suddivisione consumi servizi generali Sito 4.

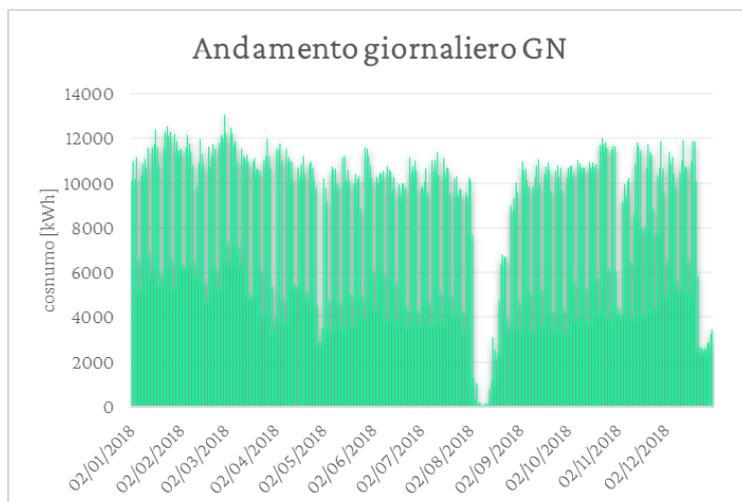


Figura C.19: Andamento giornaliero consumi GN 2018 Sito 4.

Appendice D

Sito 5



Figura D.1: Planimetria stabilimento Sito 5.

Tabella D.1: Consumi storici GN e EE (2016, 2017 e 2018) Sito 5.

Mese	Energia elettrica [kWh]			Gas Naturale [Sm ³]		
	2018	2017	2018	2017	2016	2018
Gennaio	520.551	471.068	443.131	128.593	112.604	126.589
Febbraio	537.851	540.835	576.045	124.061	112.874	117.319
Marzo	593.226	601.255	568.709	139.290	255.751	156.643
Aprile	462.548	472.968	524.938	111.010	100.399	111.955
Maggio	553.027	553.189	554.035	123.295	116.466	125.839
Giugno	509.006	510.355	540.949	110.790	116.278	112.703
Luglio	493.813	523.460	552.750	98.585	91.150	102.101
Agosto	207.564	336.648	356.312	40.724	101.053	-
Settembre	470.212	541.227	566.755	94.150	108.389	169.511
Ottobre	553.004	557.842	544.949	111.948	116.625	102.516
Novembre	524.968	551.067	491.181	113.950	130.489	99.783
Dicembre	384.017	418.788	423.233	98.008	112.368	83.911
TOTALE	5.809.787	6.078.702	6.142.987	1.294.404	1.474.446	1.308.870
TOTALE [tep]	1.086	1.137	1.149	1.068	1.216	1.080

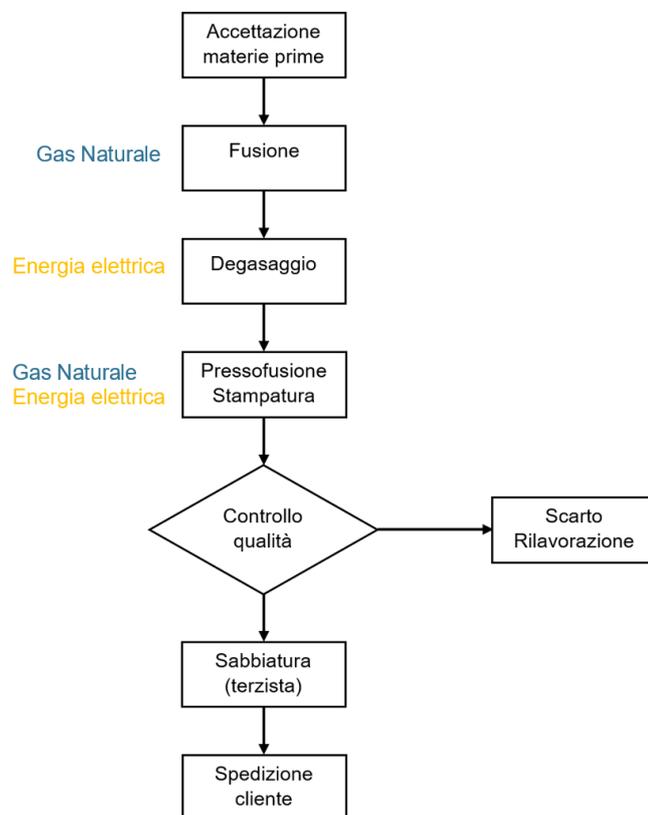


Figura D.2: Processo produttivo Sito 5.

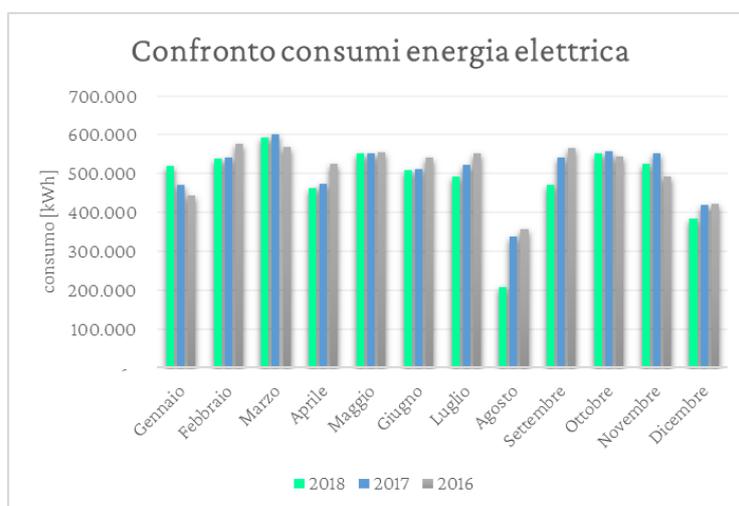


Figura D.3: Analisi energia elettrica Sito 5.

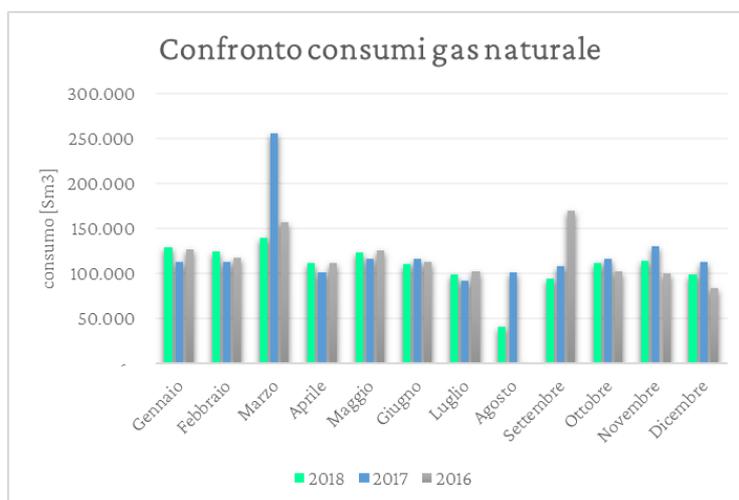


Figura D.4: Analisi gas naturale Sito 5.

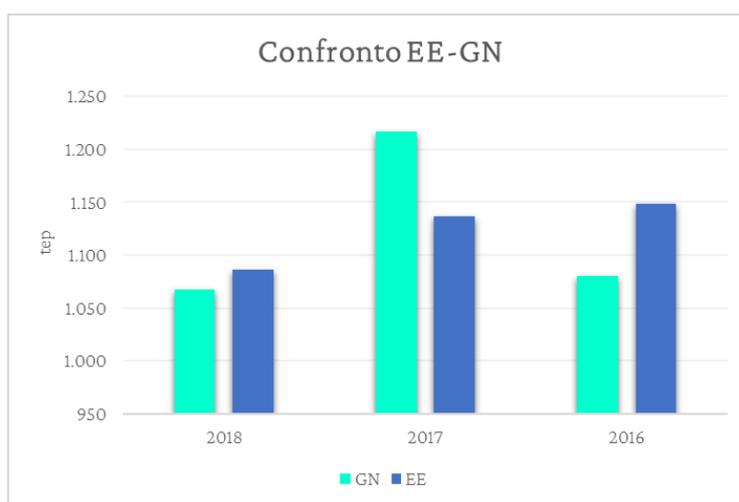


Figura D.5: Confronto EE-GN (tep) Sito 5.

Tabella D.2: Linee monitorate Sito 5.

	Blindo 1 e 2 [kWh]		Compressori [kWh]		Pompe [kWh]		Mensa [kWh]	
	feriale	festivo	feriale	festivo	feriale	festivo	feriale	festivo
Lunedì	3.726		3.706		680		325	
Martedì	7.893		4.354		817		306	
Mercoledì	7.700		4.469		805		317	
Giovedì	7.834		4.357		805		321	
Venerdì	7.691		4.037		705		312	
Sabato		7.118		3.270		542		214
Domenica		671		1.162		34		181
media	6.969	3.894	4.222	2.216	777	288	316	197
min	3.726	671	3.706	3.270	680	542	306	181
max	7.893	7.118	4.469	1.162	817	34	325	321

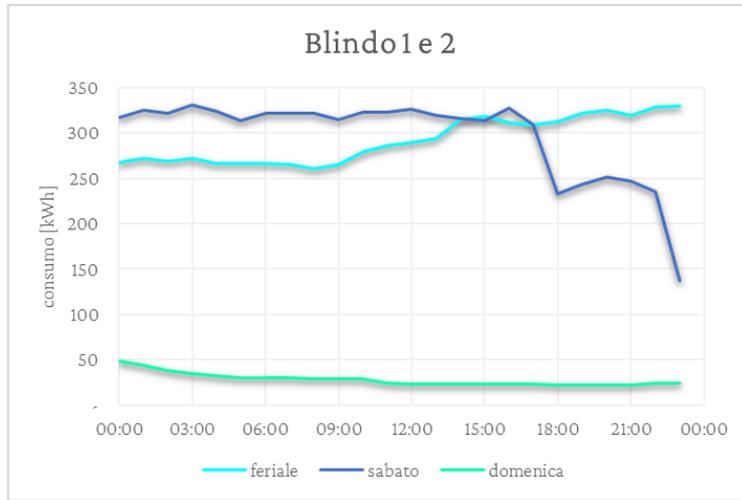


Figura D.6: Andamento orario Blindo 1 e 2 Sito 5.

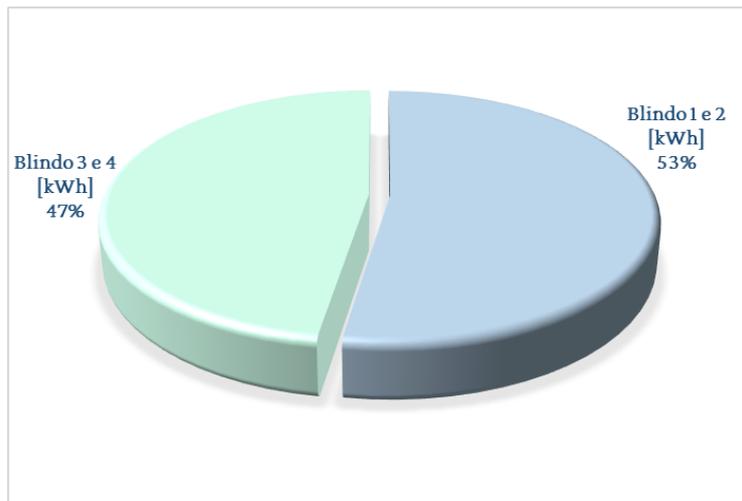


Figura D.7: Suddivisione consumi attività principali Sito 5.

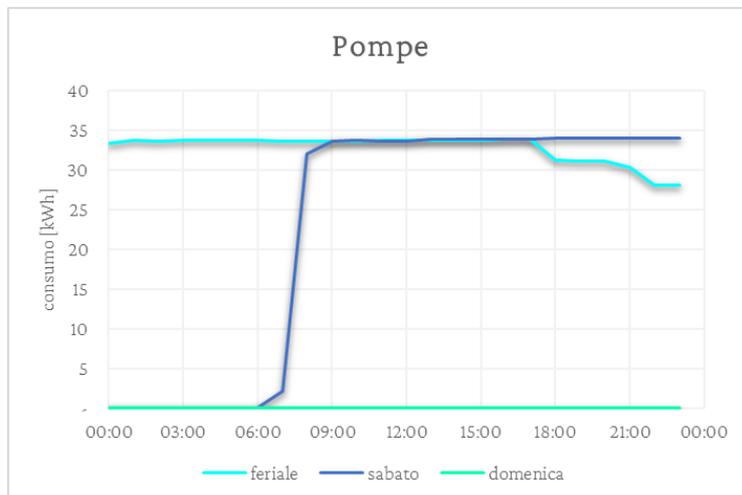


Figura D.8: Andamento orario Pompe Sito 5.

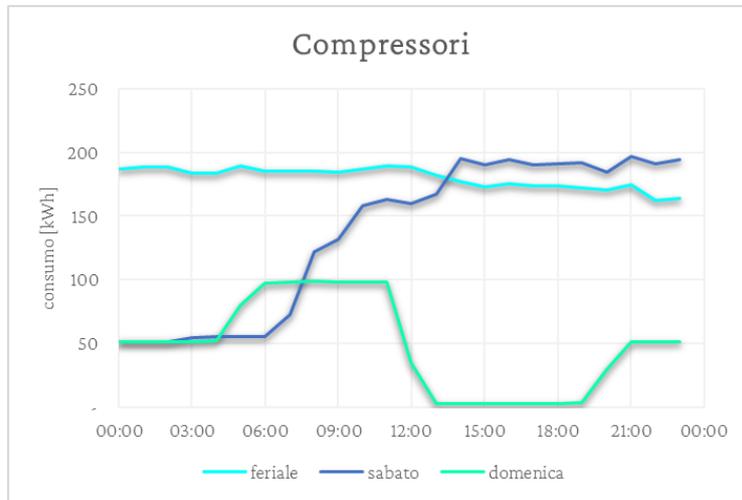


Figura D.9: Andamento orario Compressori Sito 5.

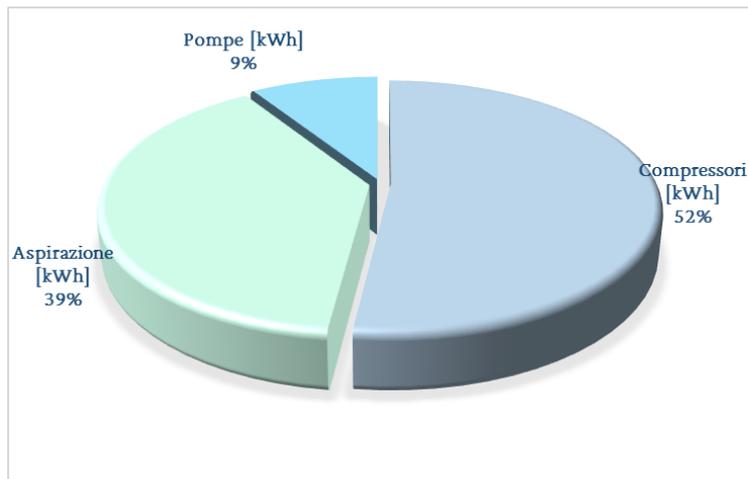


Figura D.10: Suddivisione consumi servizi ausiliari Sito 5.

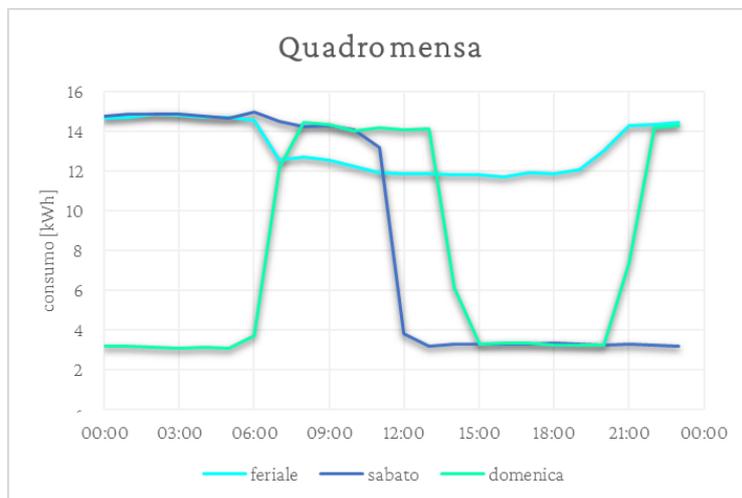


Figura D.11: Andamento orario Quadro mensa Sito 5.

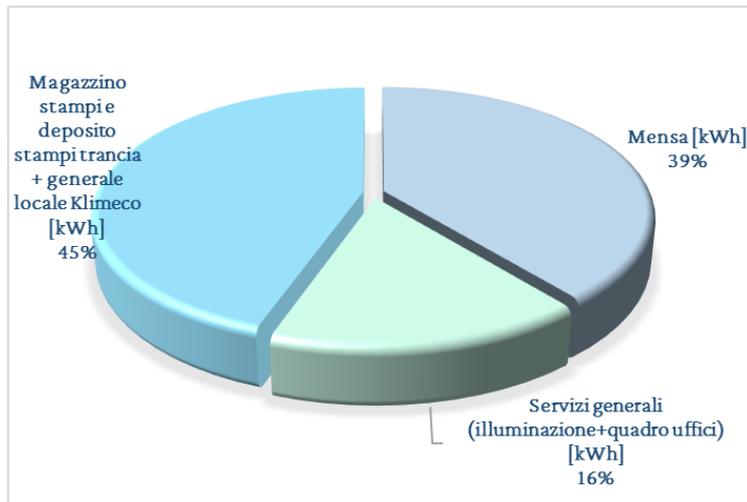


Figura D.12: *Suddivisione consumi servizi generali Sito 5.*

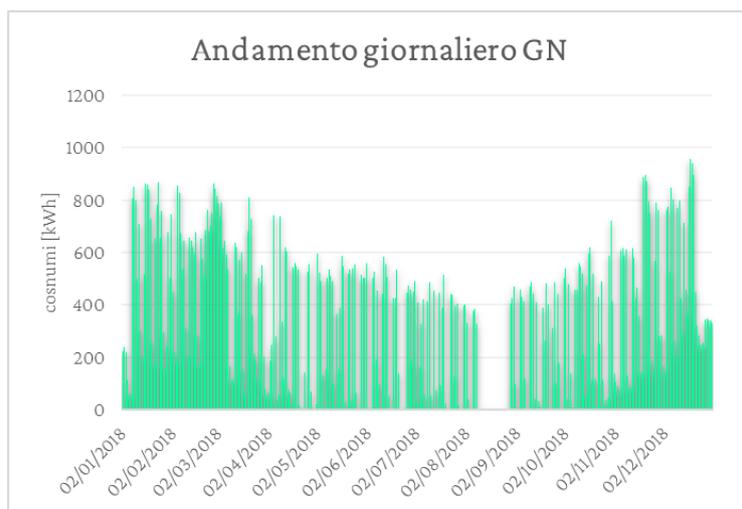


Figura D.13: *Andamento giornaliero consumi GN 2018, PDR 260 Sito 5.*

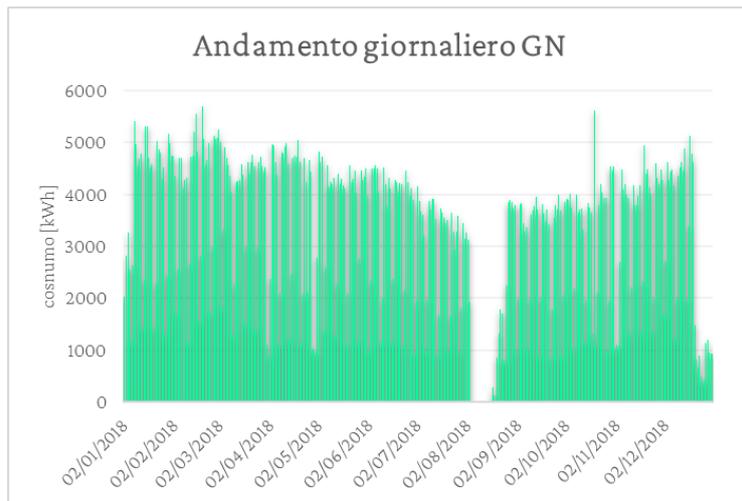


Figura D.14: *Andamento giornaliero consumi GN 2018, PDR 426 Sito 5.*

Appendice E

Sito 6

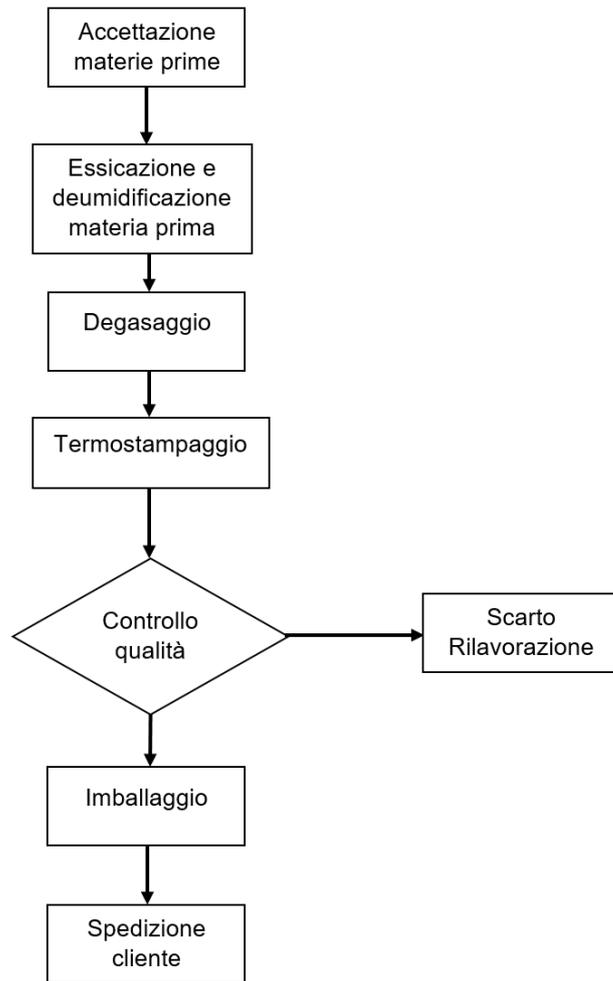


Figura E.2: Processo produttivo Sito 6.

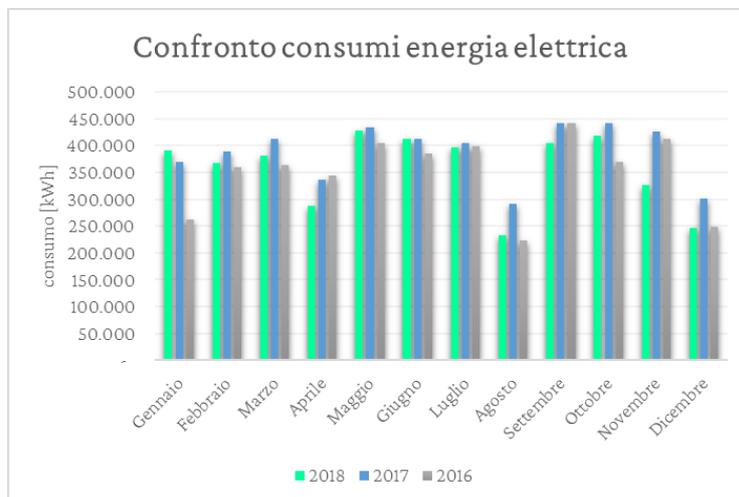


Figura E.3: Analisi energia elettrica Sito 6.

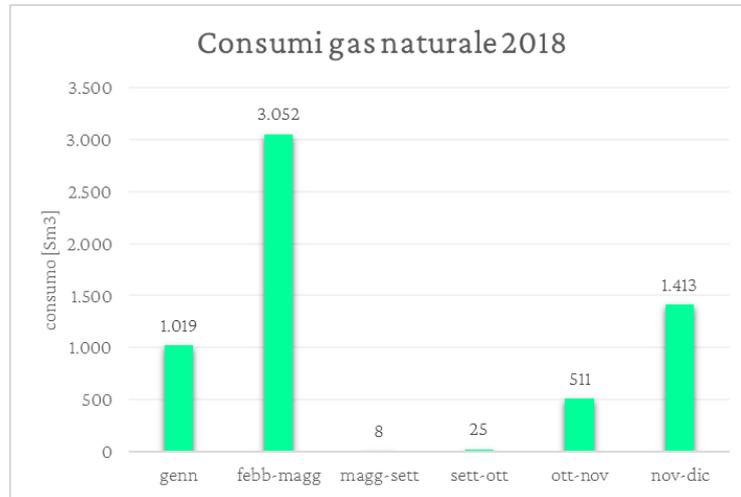


Figura E.4: Analisi gas naturale Sito 6.

Tabella E.2: Linee monitorate Sito 6 (parte I).

	Blindo 1 [kWh]		Blindo 2 [kWh]		Blindo 3 [kWh]		Blindo 4 [kWh]	
	feriale	festivo	feriale	festivo	feriale	festivo	feriale	festivo
Lunedì	388		871		840		579	
Martedì	901		1.502		1.512		1.267	
Mercoledì	913		1.445		1.741		1.408	
Giovedì	939		1.327		1.676		1.344	
Venerdì	850		1.421		1.793		1.257	
Sabato		816		1.117		1.600		1.146
Domenica		69		265		143		52
media	798	443	1.313	691	1.512	871	1.171	599
min	388	69	871	265	840	143	579	52
max	939	816	1.502	1.117	1.793	1.600	1.408	1.146

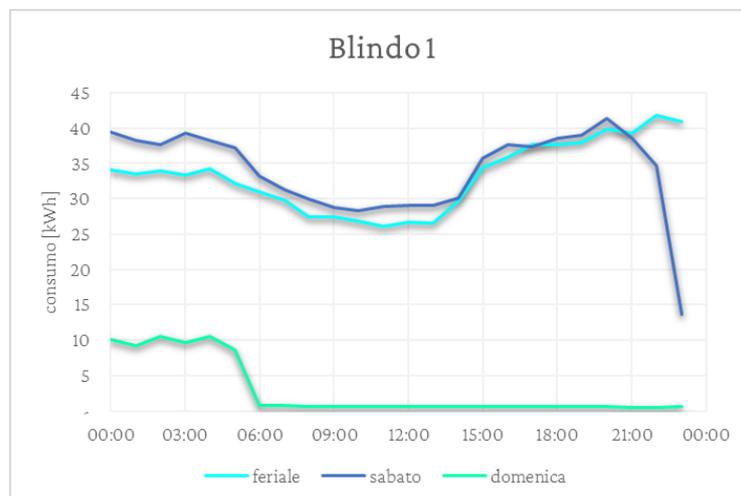


Figura E.5: Andamento orario Blindo 1 Sito 6.

Tabella E.3: Linee monitorate Sito 6 (parte II).

	Line a 3 (420 II/V)		Quadro luci		Linea A		Linea 3 420 (III/IV)	
	[kWh]		[kWh]		[kWh]		[kWh]	
	<i>feriale</i>	<i>festivo</i>	<i>feriale</i>	<i>festivo</i>	<i>feriale</i>	<i>festivo</i>	<i>feriale</i>	<i>festivo</i>
<i>Lunedì</i>	614		149		871		757	
<i>Martedì</i>	552		207		1.314		1.008	
<i>Mercoledì</i>	580		201		1.059		973	
<i>Giovedì</i>	624		206		1.114		1.115	
<i>Venerdì</i>	658		198		1.144		1.341	
<i>Sabato</i>		537		162		787		917
<i>Domenica</i>		14		56		28		6
media	606	275	192	109	1.100	407	1.039	461
min	552	14	149	56	871	28	757	6
max	658	537	207	162	1.314	787	1.341	917

Tabella E.4: Linee monitorate Sito 6 (parte III).

	Forni		Compressore		Granulatore	
	[kWh]		[kWh]		[kWh]	
	<i>feriale</i>	<i>festivo</i>	<i>feriale</i>	<i>festivo</i>	<i>feriale</i>	<i>festivo</i>
<i>Lunedì</i>	616		400		472	
<i>Martedì</i>	677		564		443	
<i>Mercoledì</i>	678		553		427	
<i>Giovedì</i>	668		563		476	
<i>Venerdì</i>	658		553		439	
<i>Sabato</i>		448		166		296
<i>Domenica</i>		86				340
media	659	267	527	166	451	318
min	616	86	400	166	427	296
max	678	448	564	166	476	340

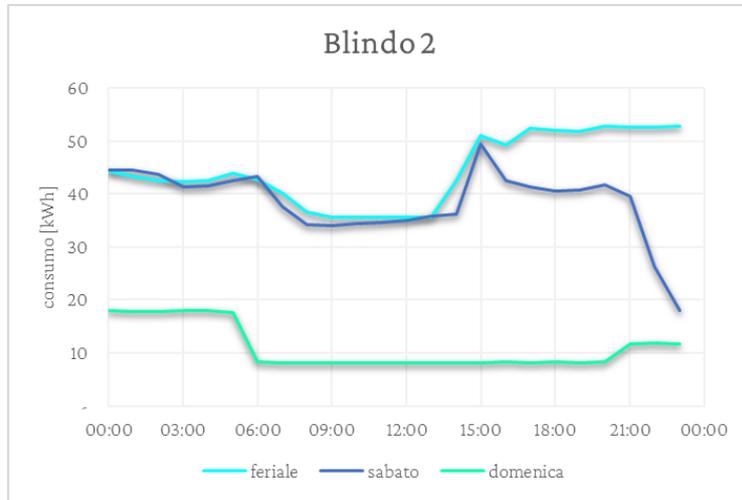


Figura E.6: Andamento orario Blindo 2 Sito 6.

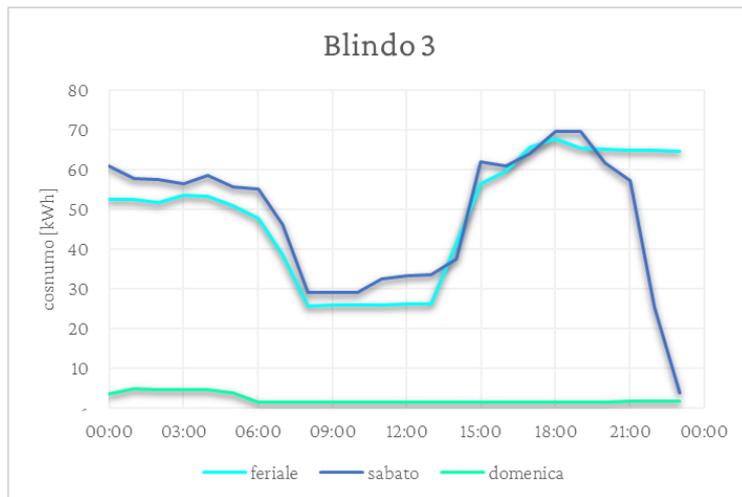


Figura E.7: Andamento orario Blindo 3 Sito 6.

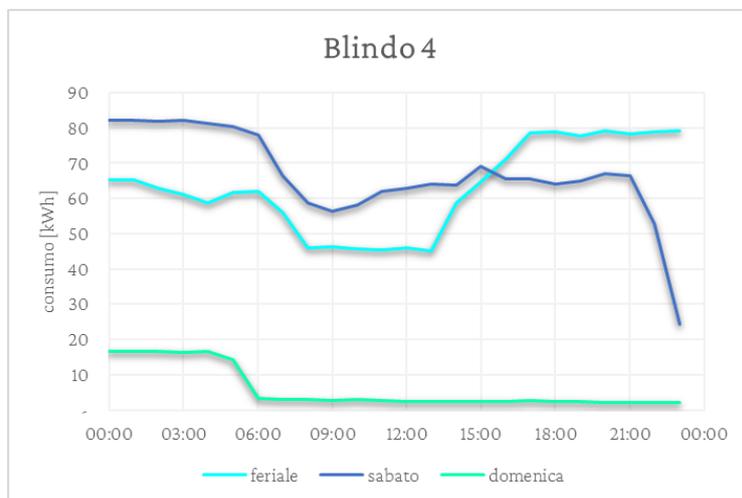


Figura E.8: Andamento orario Blindo 4 Sito 6.

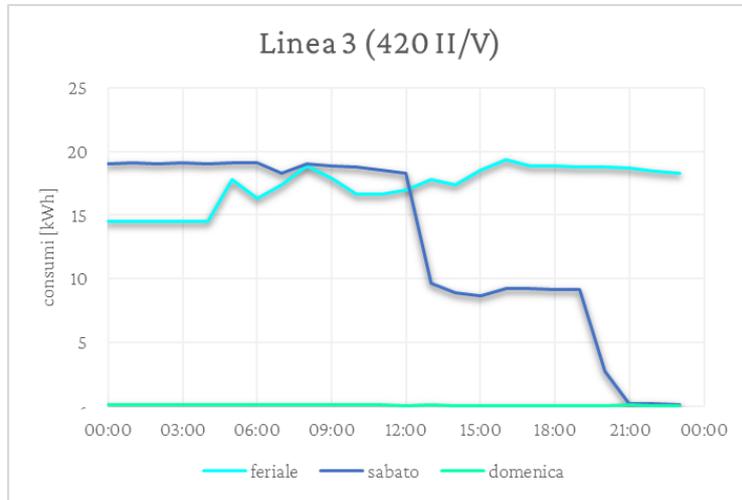


Figura E.9: Andamento orario Linea 3 (420 II/V) Sito 6.

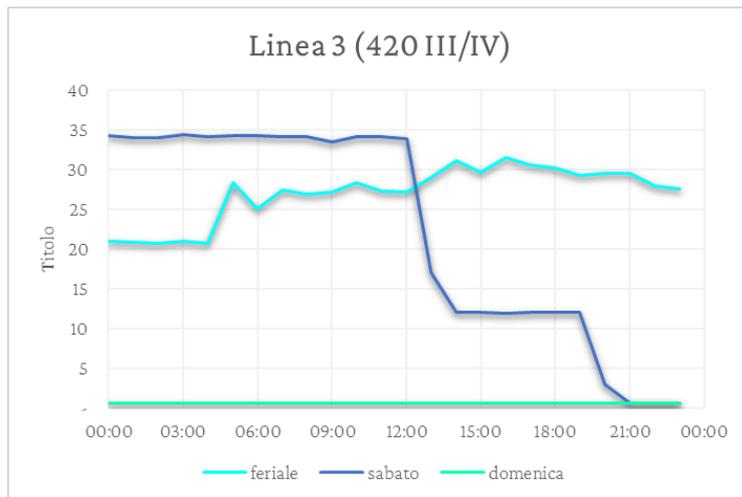


Figura E.10: Andamento orario Linea 3 (420 III/IV) Sito 6.

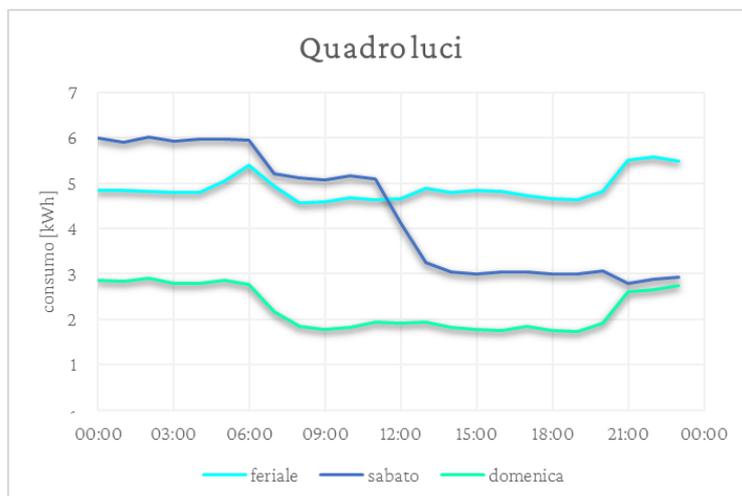


Figura E.11: Andamento orario Quadro luci Sito 6.

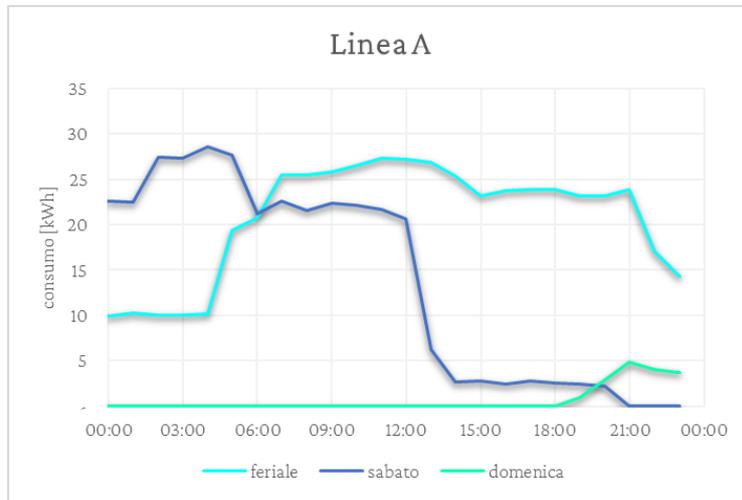


Figura E.12: Andamento orario Linea A Sito 6.

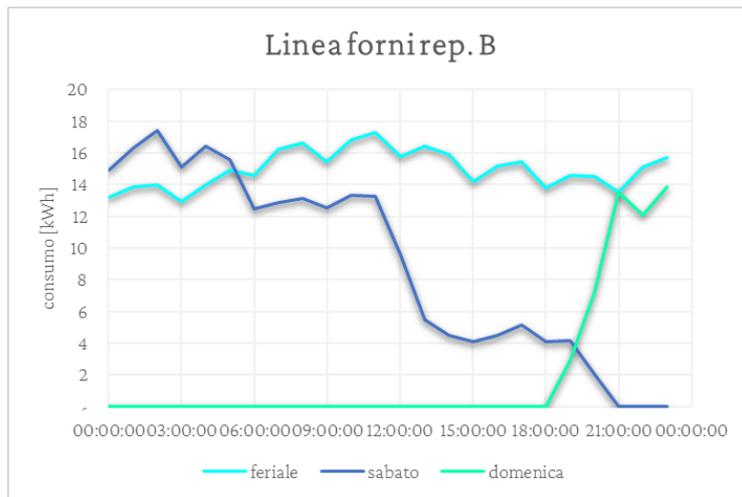


Figura E.13: Andamento orario Linea forni rep. B Sito 6.

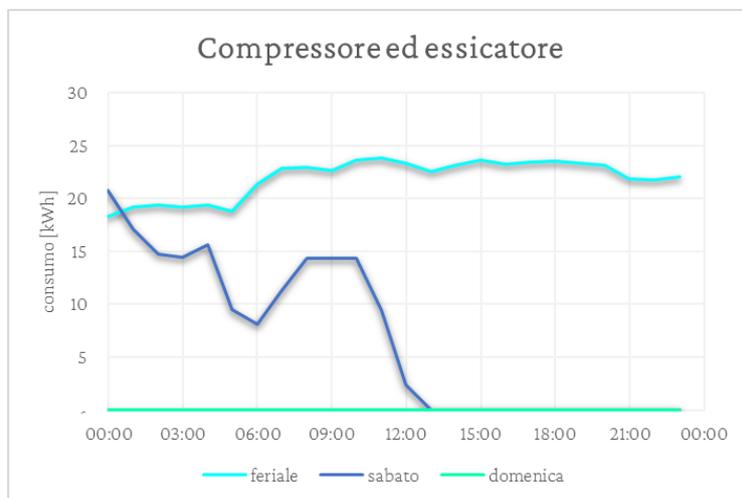


Figura E.14: Andamento orario Compressore ed essicatore Sito 6.

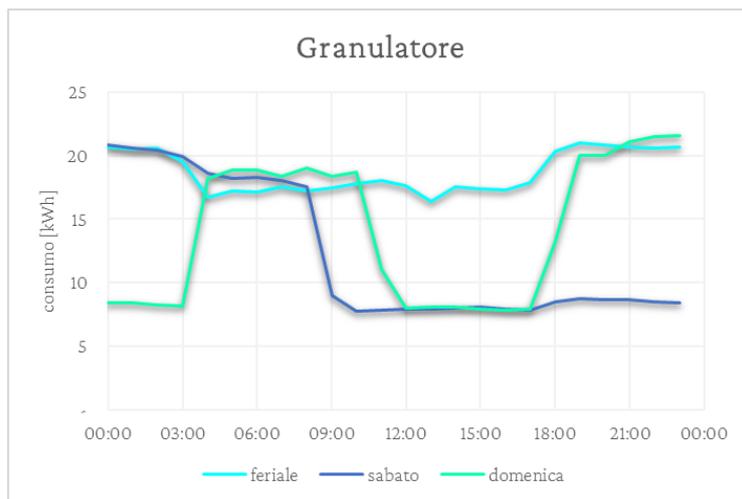


Figura E.15: *Andamento orario Granulatore Sito 6.*