



## Ricerca di Sistema elettrico

Dicembre 2019 il secondo ciclo di diagnosi  
obbligatorie.

L'analisi delle diagnosi energetiche del settore  
manifatturiero: elaborazione degli Indici di Prestazione  
Energetica di I e II livello e studio degli interventi di  
efficientamento energetico effettuati ed individuati  
Parte 2/2

G. Bruni, A. De Santis, C. Herce, L. Leto, C. Martini, F. Martini,  
M. Salvio, F. A. Tocchetti, C. Toro.

DICEMBRE 2019 IL SECONDO CICLO DI DIAGNOSI OBBLIGATORIE.  
L'ANALISI DELLE DIAGNOSI ENERGETICHE DEL SETTORE MANIFATTURIERO:  
ELABORAZIONE DEGLI INDICI DI PRESTAZIONE ENERGETICA DI I E II LIVELLO  
E STUDIO DEGLI INTERVENTI DI EFFICIENTAMENTO ENERGETICO  
EFFETTUATI ED INDIVIDUATI – PARTE 2/2

Bruni G., De Santis A., Herce C, Leto L., Martini C., Martini F, Salvio M., Tocchetti F.A., Toro C.  
(ENEA)

Hanno collaborato all'analisi dei dati: Biele E., D'Eugenio R., Ferrari S., Fornarini L., Luciani S., Maci P.,  
Manduzio L., Mione A., Monari S., Ranieri D., Silvestro R., Zingarini S.  
(ENEA)

Dicembre 2021

## Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico (oggi Ministero della Transizione Ecologica) - ENEA

Piano Triennale di Realizzazione 2019-2021 - III annualità

Obiettivo : N.1 - Tecnologie

Progetto: 1.6 – Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali

Work package: – Definizione di best practices e di indicatori di performance per interventi di efficienza energetica

Linea di attività:LA4.3 - Indici di prestazione energetica di primo livello, focus su tre settori e valutazione dell'impatto energetico degli interventi di efficientamento

Responsabile del Progetto: Miriam Benedetti

Responsabile del Work package: Fabrizio Martini

Si ringraziano le associazioni di categoria che hanno partecipato ai tavoli di lavoro ENEA, in particolare relativamente all'attività riportata in questa pubblicazione: ASSOFOND, UTILITALIA, FARMINDUSTRIA

## Indice

SOMMARIO.....	7
1. INTRODUZIONE.....	8
2. GLOSSARIO.....	9
3. METODOLOGIA.....	11
3.1. PREMESSA.....	12
3.2. INTRODUZIONE.....	12
3.3. METODOLOGIA.....	14
4. INDICI DI PRESTAZIONE ENERGETICA DI I LIVELLO.....	21
4.1. SCHEDE SETTORIALI DIVISIONI ATECO.....	21
4.1.1. <i>ATECO 13: Industrie Tessili</i> .....	21
4.1.1.1. Descrizione.....	21
4.1.1.2. Criticità.....	22
4.1.1.3. Risultati.....	22
4.1.2. <i>ATECO 14: Confezione di articoli di abbigliamento; confezione di articoli in pelle e pelliccia</i> .....	23
4.1.2.1. Descrizione.....	23
4.1.2.2. Criticità.....	23
4.1.2.3. Risultati.....	23
4.1.3. <i>ATECO 15: Preparazione e concia del cuoio; fabbricazione di articoli da viaggio, borse, pelletteria e selleria; preparazione e tintura di pellicce</i> .....	25
4.1.3.1. Descrizione.....	25
4.1.3.2. Criticità.....	25
4.1.3.3. Risultati.....	25
4.1.4. <i>ATECO 22: Fabbricazione di articoli in gomma e materie plastiche</i> .....	26
4.1.4.1. Descrizione.....	26
4.1.4.2. Criticità.....	26
4.1.4.3. Risultati.....	26
4.1.5. <i>ATECO 25: Fabbricazione di articoli di coltelleria, utensili e oggetti di ferramenta</i> .....	28
4.1.5.1. Descrizione.....	28
4.1.5.2. Criticità.....	28
4.1.5.3. Risultati.....	28
4.1.6. <i>ATECO 30: Costruzione di locomotive e di materiale rotabile ferro-tranviario</i> .....	29
4.1.6.1. Descrizione.....	30
4.1.6.2. Criticità.....	30
4.1.6.3. Risultati.....	30
4.1.7. <i>ATECO 31: Fabbricazione di mobili</i> .....	32
4.1.7.1. Descrizione.....	32
4.1.7.2. Criticità.....	32
4.1.7.3. Risultati.....	32
4.1.8. <i>ATECO 32: Altre industrie manifatturiere</i> .....	34
4.1.8.1. Descrizione.....	34
4.1.8.2. Criticità.....	34
4.1.8.3. Risultati.....	35
5. INDICI DI PRESTAZIONE ENERGETICA DI II LIVELLO.....	36
5.1. FONDERIE INDUSTRIALI.....	37
5.1.1. <i>Il processo di fonderia</i> .....	39
5.1.1.1. Il ciclo produttivo nelle fonderie con forme a perdere.....	40
5.1.1.2. Il ciclo produttivo nelle fonderie con forme permanenti.....	42
5.1.2. <i>Risultanze delle diagnosi energetiche per le fonderie di metalli ferrosi – ATECO 24.51 e ATECO 24.52</i> .....	43

5.1.2.1.	Ripartizione dei consumi ed indici di prestazione energetica.....	43
5.1.2.2.	Fonderie di ghisa.....	43
5.1.2.2.1.	Distribuzione dei consumi .....	44
5.1.2.2.2.	IPE di Primo Livello .....	47
5.1.2.2.3.	IPE di Secondo Livello per le Attività Principali.....	55
5.1.2.2.4.	Fase di Fusione .....	55
5.1.2.2.5.	IPE di Secondo Livello per i Servizi Ausiliari .....	58
5.1.2.3.	Fonderie di acciaio.....	64
5.1.2.3.1.	Distribuzione dei consumi .....	64
5.1.2.3.2.	IPE di Primo Livello .....	65
5.1.2.3.3.	IPE di Secondo Livello per le Attività Principali.....	67
5.1.2.3.4.	IPE di Secondo Livello per i Servizi Ausiliari .....	69
5.1.3.	<i>Risultanze delle diagnosi energetiche per le fonderie di metalli non ferrosi - ATECO 24.53 e ATECO 24.54</i>	
	<i>70</i>	
5.1.3.1.	Ripartizione dei consumi ed indici di prestazione energetica.....	70
5.1.3.2.	Fonderie di alluminio con pressocolata .....	70
5.1.3.2.1.	Distribuzione dei consumi .....	70
5.1.3.2.2.	IPE di Primo Livello .....	72
5.1.3.2.3.	IPE di Il Livello per le Attività Principali .....	75
5.1.3.2.4.	IPE di Secondo Livello per i Servizi Generali .....	79
5.2.	INCENERIMENTO RIFIUTI .....	81
5.2.1.	<i>Il processo di Incenerimento dei rifiuti .....</i>	<i>82</i>
5.2.1.1.	Sezione di combustione .....	82
5.2.1.2.	Sezione di depurazione fumi .....	83
5.2.1.3.	Sezione di recupero energetico .....	84
5.2.2.	<i>Analisi dei consumi energetici del settore sulla base dei dati ottenuti dalle Diagnosi Energetiche</i>	
	<i>Obbligatorie .....</i>	<i>84</i>
5.2.2.1.	Il campione dati .....	84
5.2.2.2.	Distribuzione dei consumi energetici nel processo di Incenerimento dei rifiuti.....	85
5.2.2.3.	Indici prestazionali generali (IPEg) .....	92
5.2.2.3.1.	Indici prestazionali riferiti ai consumi.....	92
5.2.2.3.2.	IPE consumo Elettrico.....	92
5.2.2.3.3.	IPE consumo Gas naturale.....	94
5.2.2.3.4.	Indici prestazionali riferiti alle produzioni .....	96
5.2.2.3.5.	IPE generale adimensionale .....	101
5.2.2.4.	Indici prestazionali specifici (IPEs) - Attività Principali .....	105
5.2.2.4.1.	IPEs Elettrici.....	105
5.2.2.4.2.	Ips Termici .....	115
5.2.2.5.	Indici di prestazione energetica specifici (IPEs) - Servizi Ausiliari .....	116
5.2.2.5.1.	Produzione di aria compressa .....	116
5.2.2.5.2.	Indici di prestazione energetica specifici (IPEs) - Servizi Generali .....	118
5.3.	INDUSTRIA FARMACEUTICA .....	119
5.3.1.	<i>Alcuni dati del settore farmaceutico italiano.....</i>	<i>119</i>
5.3.2.	<i>Protezione dell'ambiente e risparmio Energetico .....</i>	<i>120</i>
5.3.3.	<i>Distribuzione territoriale delle imprese.....</i>	<i>121</i>
5.3.4.	<i>Prodotti farmaceutici .....</i>	<i>122</i>
5.3.5.	<i>La diagnosi energetici negli impianti Farmaceutici.....</i>	<i>124</i>
5.3.5.1.	Ciclo di produzione .....	124
5.3.5.1.1.	Lo standard GMP[33] ( <i>Good Manufacturing Practices</i> ) nelle aree produttive climatizzate.....	125
5.3.5.2.	Rendicontazione dei consumi energetici .....	126
5.3.5.2.1.	Attività Principali .....	127
5.3.5.2.2.	Servizi Ausiliari.....	128
5.3.5.2.3.	Servizi Generali.....	130
5.3.5.3.	Indicatori di prestazione energetica .....	131
5.3.5.4.	Procedure per definire un piano di monitoraggio dei consumi energetici .....	134

5.3.5.4.1.	Modalità di misurazione .....	134
5.3.5.4.2.	Fasi per la progettazione di piano di monitoraggio .....	134
5.3.5.4.3.	Reparti da includere nel monitoraggio .....	136
5.3.5.4.4.	Esempio di un piano di monitoraggio in un impianto farmaceutico .....	136
5.3.6.	<i>Analisi dei consumi energetici del settore farmaceutico</i> .....	144
5.3.6.1.	Il campione di riferimento .....	145
5.3.6.1.1.	Distribuzione territoriale e caratteristiche climatiche .....	145
5.3.6.1.2.	Le imprese e dei siti sottoposti a diagnosi energetica .....	147
5.3.6.2.	Caratteristiche degli impianti produttivi .....	148
5.3.6.2.1.	Caratteristiche produttive dei siti .....	148
5.3.6.2.2.	Consumi energetici .....	152
5.3.6.2.3.	Caratteristiche tecnologiche degli impianti .....	158
5.3.6.2.4.	Indicatori Di Prestazione Energetica di primo livello o generali (IPEg) .....	162
5.3.6.2.5.	Indicatori di Prestazione Energetica di secondo livello o specifici (IPEs) .....	168
6.	ANALISI DEGLI INTERVENTI DI EFFICIENTAMENTO ENERGETICO .....	175
6.1.	INTRODUZIONE .....	175
6.2.	DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA .....	177
6.3.	RISULTATI COMPLESSIVI .....	178
6.4.	RISULTATI PER CODICI ATECO SELEZIONATI .....	180
6.4.1.	<i>Sintesi schede settore farmaceutico</i> .....	192
6.4.2.	<i>Sintesi schede settore fonderie</i> .....	194
6.4.3.	<i>Sintesi schede settore incenerimento rifiuti</i> .....	196
7.	LINEE GUIDA SETTORIALI .....	198
7.1.	APPROCCIO METODOLOGICO .....	198
7.2.	INCENERIMENTO .....	200
7.3.	FONDERIE .....	202
7.4.	INDUSTRIA FARMACEUTICA .....	230
8.	RISULTATI DEL TOOL PER L'AUTOVALUTAZIONE DELLA MATURITÀ ENERGETICA .....	204
8.1.	DESCRIZIONE GENERALE DEL TOOL .....	204
8.2.	RISULTATI AGGREGATI DEL TOOL .....	209
9.	IL TOOL DI ENERGY MANAGEMENT .....	211
9.1.	L'INTERFACCIA .....	211
9.2.	SVILUPPO DELL'INTERFACCIA DI SCAMBIO TRA AUDIT102 E TOOL DI ENERGY MANAGEMENT .....	212
9.2.1.	<i>Autenticazione di tipo Oauth2</i> .....	212
9.2.2.	<i>Sviluppo delle API per lo scambio dei dati</i> .....	214
9.3.	I MODULI DEL TOOL .....	215
9.3.1.	<i>Gestione Siti</i> .....	216
9.3.1.1.	Gestione Siti: Lista siti .....	216
9.3.2.	<i>Clusterizzazione</i> .....	220
9.3.2.1.	Clusterizzazione: Siti ed anno di riferimento .....	221
9.3.2.2.	Clusterizzazione: Tipo di clusterizzazione .....	221
9.3.2.3.	Clusterizzazione: Riepilogo .....	222
9.3.2.4.	Clusterizzazione: Suddivisione e scelta per fasce .....	223
9.3.3.	<i>Energy management e rendicontazione dei consumi</i> .....	224
9.3.3.1.	Modulo Energy management: Livello A .....	225
9.3.3.2.	Modulo Energy management: Livello A1 .....	226
9.3.3.3.	Modulo Energy management: Livello B .....	227
9.3.3.4.	Modulo Energy management: Livello C .....	227
9.3.3.5.	Modulo Energy management: Livello D .....	228

ACCORDO DI PROGRAMMA MISE (OGGI MITE)-ENEA

9.3.3.6.	Modulo Energy management: Livello E .....	229
9.3.3.7.	Modulo Energy management: Inserimento dati .....	229
9.3.3.7.1.	Modulo Energy management: Inserimento dati "Manuale" .....	229
9.3.3.7.2.	Modulo Energy management: Inserimento dati con "Caricamento massivo" .....	230
9.3.3.8.	Rappresentazione delle informazioni .....	231
9.3.4.	Sezione interventi.....	233
9.3.4.1.	Interventi realizzati .....	233
9.3.4.2.	Interventi proposti.....	234
10.	ATTIVITÀ DI COORDINAMENTO .....	240
11.	ATTIVITÀ DI DISSEMINAZIONE .....	241
11.1.	PUBBLICAZIONI SCIENTIFICHE .....	241
11.2.	PARTECIPAZIONI A CONFERENZE .....	241
11.3.	CONVEGNI .....	241
11.4.	I QUADERNI DELL'EFFICIENZA .....	242
12.	CONCLUSIONI.....	243
13.	BIBLIOGRAFIA.....	245
	ALLEGATO A	
	ALLEGATO B	

## Sommario

L'attività svolta nella terza annualità si è configurata come la naturale prosecuzione di quanto realizzato nel corso della seconda annualità. È continuata l'attività di analisi e lo studio delle diagnosi energetiche pervenute ad ENEA nell'ambito dell'implementazione dell'Art.8 del D.Lgs. 102/2014. Il lavoro svolto ha avuto, infatti, come obiettivo quello di continuare analizzare i vari settori produttivi, andando ad individuare, laddove possibile, indici di prestazione di primo e secondo livello.

Nella prima parte del documento è ripresa la metodologia sviluppata da ENEA per analizzare tutti i dati a disposizione presentata anche nella seconda annualità

A valle della nota metodologica, nel capitolo 4, sono poi riportate tutte le schede inerenti agli Indici di Prestazione Energetica (IPE) di primo livello calcolati. Ogni codice ATECO analizzato è codificato da una scheda riepilogativa, che riporta la descrizione dell'attività, le criticità riscontrate nell'analisi e i risultati ottenuti. Le schede sono interamente riportate nell'Allegato A del documento.

Il capitolo 5, invece, riporta gli IPE di secondo livello per tre settori specifici (l'incenerimento dei rifiuti, le fonderie e l'industria farmaceutica), su cui si è focalizzata maggiormente l'attenzione dell'ENEA. Per questi tre settori sono state descritte ed analizzate le varie fasi di processo, le tecnologie impiegate ed i consumi energetici relativi, con l'individuazione di IPE di secondo livello, ovvero di singola fase di processo.

A valle dell'individuazione degli IPE l'attenzione si è concentrata, nel capitolo 6, sull'analisi degli interventi effettuati e individuati riportati nelle diagnosi, elaborando un approccio metodologico replicabile per ogni ATECO e aggiornabile nel tempo. Tale approccio è diretto a monitorare i risparmi conseguiti e potenziali e a fornire informazioni utili agli operatori del settore e ai policy makers. L'analisi ha avuto come punto di partenza il database di informazioni relative agli interventi caricate sul portale Audit 102 (a maggio 2020 risultavano caricati 7.265 interventi effettuati e 30.953 interventi individuati). L'analisi degli interventi è riportata interamente nell'Allegato B.

Il capitolo 7, invece, riporta l'approccio metodologico adoperato da ENEA nella redazione, in collaborazione con le associazioni di categoria, delle Linee guida settoriali relative ai tre settori analizzati, ovvero fonderie, incenerimento rifiuti e industria farmaceutica, che sono successivamente riportate negli allegati. L'ENEA ha redatto le Linee guida settoriali con l'intento di fornire alle imprese del settore uno strumento per ottenere diagnosi energetiche di qualità e mirate all'incremento dell'efficienza energetica. Anche lo strumento del tool per la rendicontazione energetica risponde a questa esigenza e durante la terza annualità l'ENEA si è occupata di implementare quanto progettato nel corso della seconda annualità e di realizzare il tool, che viene ampiamente descritto nel capitolo 9.

Il lavoro svolto nel corso dell'annualità ha visto un continuo coordinamento con i partner del progetto (università in primis), come descritto nel capitolo 10, ed ha dato vita ad una intensa attività di disseminazione (articoli, pubblicazioni, conferenze) che ha avuto il suo epilogo finale nell'evento in presenza organizzato da ENEA il 2 dicembre 2021 a Roma avente come obiettivo la presentazione al pubblico di tutti gli output delle attività realizzate nel progetto nel triennio 2019/2021.

## 1. Introduzione

Nel corso del 2021, a seguito della crisi dovuta alla pandemia da COVID19, la Commissione Europea ha licenziato un piano di ripresa dell'economia europea per far fronte ai danni economici e sociali causati dall'epidemia. In questo contesto, la ripresa economica è stata strettamente legata agli obiettivi delineati dal Green Deal: la trasformazione dell'UE in un'economia competitiva e contestualmente efficiente sotto il profilo delle risorse che nel 2050 non genererà emissioni nette di gas ad effetto serra ed il connesso obiettivo di riduzione delle emissioni di gas a effetto serra del 55 per cento rispetto allo scenario del 1990 entro il 2030. Nella fattispecie un pacchetto di strumenti, definito Next Generation EU[1], pari a 806.9 mld di Euro è stato licenziato per aiutare gli stati membri a raggiungere gli sfidanti obiettivi di decarbonizzazione previsti per il 2050. Ogni paese ha dovuto redigere un proprio Piano Nazionale per la Ripresa e la Resilienza (PNRR) per il periodo 2021-2026. Il Regolamento n. 2021/241/UE[2] che istituisce il Dispositivo per la Ripresa e la Resilienza, prevede che un minimo del 37% della spesa per investimenti e riforme programmata nei PNRR debba sostenere gli obiettivi climatici. Inoltre, tutti gli investimenti e le riforme previste da tali piani devono rispettare il principio del Do No Significant Harm (DNSH) "non arrecare danni significativi" all'ambiente. In tale contesto, gli obiettivi di decarbonizzazione e sviluppo delle fonti rinnovabili e dell'efficienza energetica rivestono un ruolo centrale (art. 18 del regolamento 2021/241/UE).

Il Piano Nazionale italiano di Ripresa e Resilienza[3] – i cui obiettivi sono coordinati con i sopra descritti target unionali - profila al riguardo un futuro aggiornamento del Piano Nazionale integrato Energia e Clima (PNIEC)[4] e della Strategia di Lungo Termine per la Riduzione delle Emissioni dei Gas a Effetto Serra (documenti con i quali il PNRR è comunque coerente), per riflettere i mutamenti nel frattempo intervenuti in sede europea. I progetti e le iniziative del PNRR sono coerenti con i contenuti dei Piani nazionali presentati nell'ambito del Just Transition Fund e negli accordi di partenariato e negli altri programmi operativi dell'UE[3].

Tra i parametri chiave, quindi, per raggiungere gli obiettivi prefissati dal PNRR vi è sicuramente anche l'efficienza energetica, utile strumento per garantire un uso efficiente delle risorse energetiche.

Sempre più importante, dunque, risulta essere la diagnosi energetica, che rappresenta l'unico strumento idoneo a garantire una attenta analisi dei centri di costo energetici dei vari processi produttivi e dunque un caposaldo dell'efficienza energetica a livello nazionale ed internazionale.

Anche nel 2021 l'ENEA ha continuato il lavoro di raccolta dati, di analisi e di studio delle diagnosi energetiche a propria disposizione: l'analisi delle diagnosi energetiche pervenute ad ENEA nell'ambito della implementazione dell'art.8 del D.Lgs. 102/2014[5] ha dunque permesso di individuare i parametri di prestazione energetica per altri settori produttivi (non analizzati nella parte 1 del presente documento[6]) e ha reso possibile analizzare i consumi energetici relativi a particolari processi produttivi caratterizzanti le attività industriali più energivore. Sono stati individuati, come nella parte 1 [6] del documento, gli indici di prestazione di primo e di secondo livello. Gli Indici di Prestazione Energetica individuati sono stati calcolati in termini di usi finali dell'energia.

Contemporaneamente si è focalizzata l'attenzione anche sull'analisi degli interventi riportati nelle diagnosi energetiche analizzate, sia in termini di risparmi conseguibili (in termini di energia finale per tutti gli interventi analizzati, tranne che per la cogenerazione/trigenerazione e per la produzione da fonti rinnovabili, dove il calcolo dei risparmi è espresso in energia primaria) sia in termini di analisi del costo efficacia e dei tempi di ritorno degli interventi. La realizzazione degli interventi previsti in diagnosi, difatti, è uno degli obiettivi maggiormente sfidanti da realizzare, vuoi per le barriere economiche esistenti, vuoi per la scarsa conoscenza del costo efficacia degli stessi da parte delle imprese.

Il lavoro si è dunque svolto nel solco di quelle che sono le indicazioni riportate nelle politiche nazionali relative all'efficienza energetica, avendo come obiettivo ulteriore anche quello di fornire degli strumenti utili agli stakeholder per efficientare i processi produttivi, riducendo quindi l'emissione di gas serra e migliorando le prestazioni energetiche degli stessi, con un incremento globale dell'efficienza energetica e della sostenibilità ambientale dei comparti economici e manifatturieri.

## 2. Glossario

**Attività principali:** in questa area funzionale confluiscono le attività strettamente correlate alla destinazione d'uso generale dell'azienda, in pratica le attività che rappresentano il "core business" aziendale.

**Destinazione d'uso generale:** produzione complessiva dell'impresa nel sito considerato.

**Destinazione d'uso specifica:** produzione della specifica area funzionale considerata.

**Diagnosi Energetica/Audit energetico:** 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, ad individuare e quantificare le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi-benefici e a riferire in merito ai risultati.

**Efficienza energetica:** rapporto tra quanto ottenuto in termini di prodotti e servizi e l'energia impiegata allo scopo. Servizi energetici possono includere usi finali nel settore civile, come illuminazione, refrigerazione, riscaldamento; processi industriali e trasporti. A differenza del risparmio energetico, che implica qualche riduzione del livello dei servizi, l'efficienza energetica fornisce risparmio di energia senza riduzione della qualità/quantità dei servizi. Maggior efficienza energetica può essere conseguita mediante tecnologie, componenti e sistemi più o meno complessi.

**Energia (usi finali):** impieghi ai quali è destinata l'energia consegnata agli utilizzatori dopo le trasformazioni operate dal settore energetico. Nell'ambito di questa classificazione la domanda di energia può essere distinta in relazione agli usi finali (calore, illuminazione, movimento meccanico, elettrochimica, ecc.) o per forma energetica (energia meccanica, energia elettrica, energia termica).

**Energia primaria:** una fonte di energia viene definita primaria quando è presente in natura e quindi non deriva dalla trasformazione di nessun'altra forma di energia. Rientrano in questa classificazione sia fonti rinnovabili (quali ad esempio l'energia solare, eolica, energia idraulica, geotermica, l'energia delle biomasse) che fonti esauribili, come i combustibili direttamente utilizzabili (petrolio grezzo, gas naturale, carbone) o l'energia nucleare.

**Energy Manager:** è il tecnico responsabile per la conservazione e l'uso razionale dell'energia. Dal punto di vista del profilo culturale-professionale il tecnico responsabile per la conservazione e l'uso razionale dell'energia si configura idealmente come un soggetto con un bagaglio di conoscenze acquisibili mediante laurea in ingegneria, pluriennale attività tecnica professionale successiva alla laurea nel settore in cui l'Organizzazione opera, esperienza nel campo degli studi di fattibilità e della progettazione di massima di sistemi per la produzione e l'utilizzo dell'energia, buona conoscenza delle tecnologie più avanzate nel settore. Sussiste l'obbligo di nomina per le imprese industriali che superano il consumo di 10.000 tep/anno e per gli altri settori previsti dalla Legge 10/91 che superano i 1.000 tep/anno.

**Energy Service Company (ESCO):** persona fisica o giuridica che fornisce servizi energetici ovvero altre misure di miglioramento dell'efficienza energetica nelle installazioni o nei locali dell'utente e, ciò facendo, accetta un certo margine di rischio finanziario. Il pagamento dei servizi forniti si basa, totalmente o parzialmente, sul miglioramento dell'efficienza energetica conseguito e sul raggiungimento degli altri criteri di rendimento stabiliti. La certificazione delle ESCO è codificata dalla norma UNI CEI 11352.

**Esperto in Gestione dell'Energia (EGE):** soggetto che ha le conoscenze, l'esperienza e la capacità necessarie per gestire l'uso dell'energia in modo efficiente. L'EGE è figura professionale che possiede le conoscenze, l'esperienza e le capacità necessarie per gestire l'uso dell'energia in modo efficiente. L'EGE si occupa principalmente di diagnosi energetica, gestione di una contabilità energetica analitica e conseguente valutazione dei risparmi ottenuti, analisi tecnico-economica e di fattibilità degli interventi e della valutazione

dei rischi, gestione e controllo dei sistemi energetici mediante l'ottimizzazione degli impianti, individuazione e attuazione di programmi di sensibilizzazione e di promozione dell'uso efficiente dell'energia. La certificazione dell'EGE è codificata dalla norma tecnica UNI CEI 11339.

**Fattore di aggiustamento (o di normalizzazione):** grandezza quantificabile che influenza il consumo energetico utilizzato per normalizzare e confrontare in modo omogeneo i consumi periodo per periodo.

**Indice di Prestazione del Gas Naturale:** I.P.E. relativo ai consumi di gas naturale nelle attività principali del processo produttivo. Sono esclusi i consumi di gas naturale specifici dei processi di trasformazione negli impianti di cogenerazione o trigenerazione.

**Indice di Prestazione Elettrico:** I.P.E. relativo ai soli consumi elettrici dei processi produttivi del sito (da rete e/o da impianti di autoproduzione - principalmente da fonti rinnovabili e da cogenerazione).

**Indice di Prestazione Energetica (I.P.E.):** il consumo finale di energia necessario per la produzione della singola unità di prodotto (o per il conseguimento della specifica attività) finale. I consumi di energia finale sono derivanti dalla trasformazione dell'energia primaria in altra forma di energia o da successive lavorazioni delle fonti secondarie. Nel caso dei consumi finali di energia elettrica questi sono pari alla somma dell'energia elettrica fatturata dagli operatori dal settore energetico e di quella autoconsumata dagli autoproduttori.

**Indice di Prestazione Energetica di I livello:** il rapporto tra il consumo energetico globale di sito e per singolo vettore (energia elettrica, energia termica, gas naturale), di tutti i processi produttivi facenti parte del sito analizzato, e la quantità di servizio reso, in termini di unità di produzione (U.P.), ove per ogni sottogruppo è stata definita una specifica U.P. (generalmente: t – tonnellata, m<sup>2</sup> – metri quadrati, m<sup>3</sup> – metri cubi, ecc.).

**Indice di Prestazione Energetica di II livello:** il rapporto tra il consumo energetico finale complessivo e per singolo vettore (energia elettrica, energia termica, gas naturale), determinati a livello di reparto produttivo del sito, per tecnologie caratteristiche e per attività (attività principali, servizi ausiliari o servizi generali).

**Indice di prestazione globale:** I.P.E. relativo a tutti i consumi energetici del sito (come somma dei rispettivi elettrici e termici nelle forme esistenti).

**Indice di Prestazione Termico:** I.P.E. relativo ai soli consumi termici (da gas naturale, calore, freddo, biomasse, olio combustibile, coke ed altri vettori in uso nel processo produttivo (sono esclusi tanto i consumi di autotrazione - gasolio, benzina e GPL - quanto i consumi specifici dei processi di trasformazione negli impianti di cogenerazione, fondamentalmente gas naturale).

**Intervento di miglioramento dell'efficienza energetica:** azione sia di natura tecnologica che gestionale che produce un miglioramento dell'efficienza energetica nel sistema di domanda e consumo del cliente, verificabile e misurabile.

**Oggetto della diagnosi:** edificio, apparecchiatura, sistema, processo, veicolo o servizio che è soggetto alla diagnosi energetica.

**Prestazione energetica:** risultato misurabile collegato all'efficienza energetica, all'uso dell'energia e al consumo energetico.

**Servizi Ausiliari:** in questa area funzionale confluiscono 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.

**Servizi Generali:** in tale area funzionale confluiscono tutte le attività che sono in qualche modo legate alle attività principali i cui fabbisogni però non sono ad essi strettamente correlati. In questo contesto entrano in gioco l'illuminazione, il riscaldamento, la climatizzazione in generale, gli uffici, la mensa, gli spogliatoi, etc.

**Sito produttivo:** 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.

**tep (tonnellata equivalente di petrolio):** il tep rappresenta la quantità di energia rilasciata dalla combustione di una tonnellata di petrolio grezzo e vale circa 42 GJ. Il valore è fissato convenzionalmente, dato che diverse varietà di petrolio posseggono diverso potere calorifico e le convenzioni attualmente in uso sono più di uno.

## 3. Definizione IPE di primo e secondo livello: Approccio Metodologico

### 3.1. Premessa

La ripartizione dei consumi attraverso un modello che assegni al sito produttivo una struttura energetica capace di definire i vari flussi energetici caratterizzanti il sito stesso attraverso una distribuzione quanto più aderente al processo permette, attraverso correlazioni con parametri (prevalentemente non energetici) legati alle specifiche finalità produttive (quantità di prodotto finale oppure destinazione d'uso, nel caso in cui il servizio reso non lo sia materialmente) di determinare dei *misuratori*, cosiddetti indicatori prestazionali (complessivi o globali, per tipologia di servizio, per linea produttiva o per area/reparto e singola fase o lavorazione del processo produttivo) che consentono di delineare oggettivamente l'efficienza delle attività produttive analizzate e lo status energetico del sito nel complesso.

In modo esteso, attraverso modellizzazioni numeriche, ciò consente di determinare la caratteristica energetica di ogni sottogruppo ATECO e di ottenere, anche nei casi in cui si considerino processi eterogenei o fattori di scala non proporzionali, indici di riferimento specifici di validità generale, potendo essere confrontati a indici di letteratura o costituire essi stessi una base-line energetica ex-novo come utile strumento di valutazione misuratore del contesto produttivo pertinente, divenendo oltre che essenziale strumento di verifica in termini quantitativi anche indispensabile strumento di programmazione tecnico-economica.

Il valore e l'utilità di questi indicatori prestazionali si traduce, quindi, nella reale possibilità di determinare in modo appropriato il grado e il tipo di intervento richiesto alla singola realtà imprenditoriale, da riferire alle proprie esigenze di pianificazione industriale e di sviluppo nel contesto della politica energetica nazionale di riferimento.

Quanto nel seguito è riferibile ai concetti appena esposti ed è stato realizzato, in accordo alla Direttiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25 ottobre 2012 "sull'efficienza energetica" (aggiornati con Direttiva 2018/2002/UE), allo scopo di perseguire l'utilità pubblica nell'ambito dallo stesso documento definito. Il lavoro è stato sviluppato a partire dalle diagnosi energetiche pervenute ad ENEA al dicembre 2019, prima scadenza del secondo ciclo d'obbligo, aventi come anno di riferimento per i consumi il 2018, dei settori economici obbligati alla realizzazione di diagnosi energetiche ai sensi del D.Lgs. 102/2014 (ulteriormente aggiornato col D.Lgs. 73/2020).

La metodologia di calcolo degli indici di prestazione energetica riportata nel seguito richiama quella già riportata nella parte 1 del seguente documento[6]. Nel corso del 2021 si è provveduto, laddove possibile, a migliorarla e a standardizzarla, attraverso l'applicazione della stessa ai più svariati codici ATECO.

La metodologia è stata anche oggetto di una pubblicazione scientifica[7], descritta in maniera puntuale nel capitolo dedicato alla disseminazione e disponibile on line alla pagina: <https://www.mdpi.com/1996-1073/14/24/8436>

### 3.2. Introduzione

Con Indice di Prestazione Energetica (IPE) [8] si intende definire il consumo finale<sup>1</sup> di energia necessario per la produzione della singola unità di prodotto (o per il conseguimento della specifica attività) finale.

Nel caso in questione è stata concordemente adottata una schematizzazione che ha portato alla individuazione dei seguenti due tipi di indicatori, come mostrato in Figura 1:

- 1) Indici di primo livello, ovvero il rapporto tra il consumo energetico finale complessivo, a livello generale di sito, considerando il consumo annuale, aggregato globale e per singolo vettore (energia elettrica, energia termica, gas naturale), di tutti i processi produttivi facenti parte del sito analizzato, e la quantità di servizio reso, in termini di unità di produzione (U.P.), ove per ogni sottogruppo è stata definita una specifica U.P. (generalmente: t – tonnellata, m<sup>2</sup> – metri quadrati, m<sup>3</sup> – metri cubi, ecc.). Questi IPE corrispondono al livello B della Linea Guida ENEA [8];

---

<sup>1</sup> I consumi di energia finale sono derivanti dalla trasformazione dell'energia primaria in altra forma di energia o da successive lavorazioni delle fonti secondarie. Nel caso dei consumi finali di energia elettrica questi sono pari alla somma dell'energia elettrica fatturata dagli operatori dal settore energetico e di quella autoconsumata dagli autoproduttori.

- 2) Indici di secondo livello, ovvero il rapporto tra il consumo energetico finale complessivo e per singolo vettore (energia elettrica, energia termica, gas naturale), determinati a livello di reparto produttivo del sito, per tecnologie caratteristiche e per attività (attività principali, servizi ausiliari o servizi generali). Questi IPE corrispondono al livello D della Linea Guida ENEA [8];

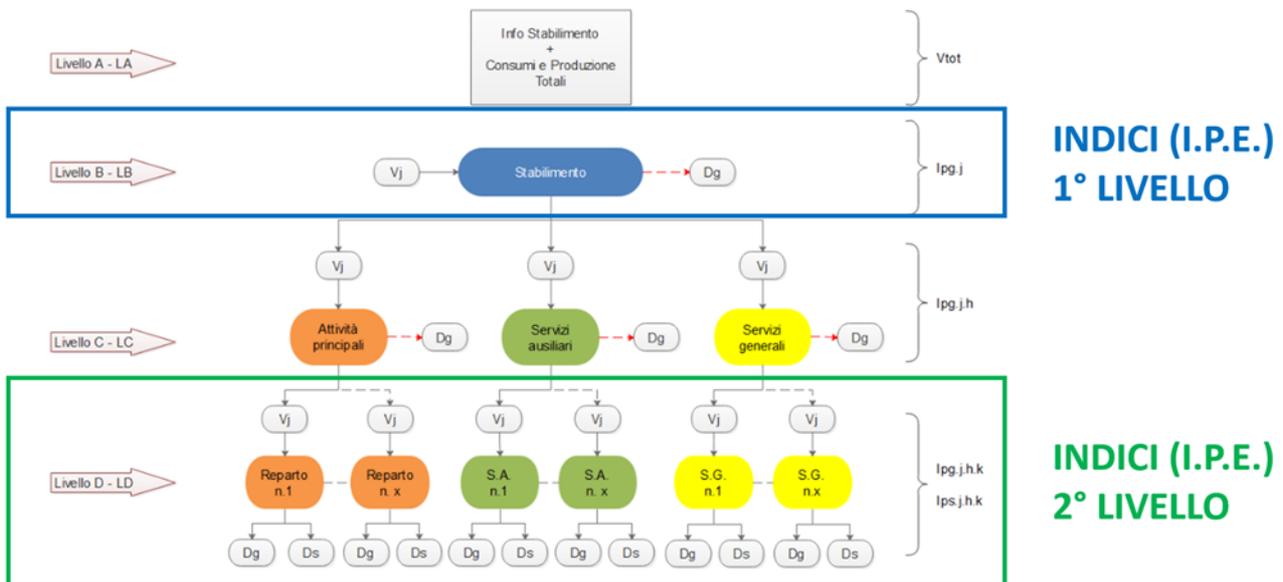


Figura 1 - Schematizzazione della struttura energetica aziendale e caratterizzazione del livello degli IPE

I valori degli IPE sopra descritti si suddividono a loro volta in:

- IPE Globale: include tutti i consumi energetici del sito (come somma dei rispettivi elettrici e termici nelle forme esistenti);
- IPE Elettrico: include i soli consumi elettrici dei processi produttivi del sito (da rete e/o da impianti di autoproduzione - principalmente da fonti rinnovabili e da cogenerazione);
- IPE Termico: include i soli consumi termici (da gas naturale, calore, freddo, biomasse, olio combustibile, coke ed altri vettori in uso nel processo produttivo (sono esclusi tanto i consumi di autotrazione - gasolio, benzina e GPL - quanto i consumi specifici dei processi di trasformazione negli impianti di cogenerazione, fundamentalmente gas naturale).
- IPE Gas Naturale: per ogni settore è stata valutata la parte dei consumi di gas naturale nelle attività principali del processo produttivo. Sono esclusi i consumi di gas naturale specifici dei processi di trasformazione negli impianti di cogenerazione o trigenerazione.

Tutti gli IPE individuati sono stati elaborati sulla base delle analisi delle diagnosi pervenute ad ENEA al dicembre 2019, tenendo conto delle specificità di ogni settore, delle criticità emerse, della numerosità e della affidabilità del campione analizzato; essi sono stati riportati all'interno di schede riassuntive (una per ogni sottogruppo ATECO) create e ottimizzate appositamente per questa attività e contenenti tutte le fasi che hanno portato alla loro determinazione.

La metodologia utilizzata per il calcolo degli IPE consente, come nelle analisi precedenti [8]-[11], di ottenere una relazione matematica tra consumi energetici e produzione, idonea a correlare questi stessi parametri, valida per tutti i siti appartenenti al sottogruppo considerato e a partire da un campione statistico ottenuto attraverso operazioni filtro tese ad escludere gli elementi outlier (per consumi o per indice di prestazione).

Questa metodologia si basa sulla esperienza pluriennale di ENEA nell'ambito delle attività di analisi delle diagnosi energetiche e nello sviluppo di indicatori di prestazione energetica [8]-[11]. Tuttavia, la metodologia è stata completamente rivista e migliorata rispetto ai lavori precedenti, nello specifico per i seguenti fattori:

1 – qualità dei dati:

- la creazione e lo sviluppo del nuovo portale Audit 102 (<https://audit102.enea.it/>) ha permesso di ottenere una banca dati strutturata, elastica e molto più affidabile per quantità, qualità e reperibilità delle informazioni;
- la collaborazione con le associazioni di categoria, attraverso tavoli tecnici, ha consentito di sviluppare dettagliate linee guida settoriali e modelli di rendicontazione dei consumi, su base excel, che hanno uniformato le diagnosi energetiche per qualità delle informazioni;
- oltre il 70% delle diagnosi energetiche pervenute sono ottenute da dati provenienti da sistemi di monitoraggio e, diversamente dagli studi precedenti, non sono stimati, consentendo di ottenere livelli di copertura e affidabilità maggiori;

#### 2 – implementazione statistica:

- l'utilizzo di un nuovo strumento di analisi statistica (JMP Software di SAS) ha permesso di migliorare la gestione degli elementi costituenti la popolazione di volta in volta analizzata, con maggiore precisione;
- il nuovo software ha permesso di introdurre nella metodologia una serie di ulteriori parametri statistici di confronto, utili a valutare con maggiore coerenza analitica l'affidabilità degli indicatori ottenuti;

#### 3 – validazione dei dati:

- in precedenza, unicamente affidata al valore del coefficiente di interpolazione (per cui si poneva l'intervallo soglia di  $R^2 > 0,9$ ) e da solo non sufficiente a garantire la significatività dei risultati ottenuti, avviene adesso attraverso il seguente duplice confronto:
  - coefficiente di determinazione ( $R^2$ ) vs. indice di correlazione di Pearson ( $R_{crit}$ );
  - parametro statistico P-value vs. coefficiente di significatività ( $\alpha$ );

come meglio specificato nel seguito;

- è stato studiato l'errore statistico, allo scopo di valutare lo scostamento tra valori reali e valori teorici, attraverso un modello che ha portato alla determinazione dei limiti inferiore e superiore degli IPE nell'intervallo considerato per l'analisi.

### 3.3. Metodologia

La metodologia di analisi può essere schematizzata nelle seguenti fasi:

#### FASE 1. SELEZIONE DEL CAMPIONE STATISTICO

Consiste nell'analisi numerica dei consumi di ogni sito per ciascun sottogruppo ATECO presente nella banca dati ENEA, detta popolazione di riferimento, e nella selezione del campione statistico utile all'implementazione matematica del modello. A tal fine, vengono studiati tanto i file di rapporto quanto i fogli di calcolo di riepilogo dei consumi allegati (laddove presenti) e predisposti, ove possibile, selezionando gli elementi che meglio aderiscono all'andamento medio dei consumi e degli indici di prestazione energetica in relazione alla produzione.

È importante sottolineare l'ingente lavoro di omogeneizzazione, effettuato preventivamente per eliminare dalla popolazione analizzata tutti gli elementi considerati non utili (perché aventi unità di produzione [U.P.] non coerenti il resto della popolazione, oppure per mancanza di dati o errori di caricamento, o ancora incongruenze riferibili alla non pertinenza del sito in esame con il sottogruppo considerato). Inoltre, è stata definita una soglia numerica minima di siti rappresentativi, per convenzione pari a 5, al di sotto della quale la modellizzazione non è stata condotta in quanto poco rappresentativa.

#### FASE 2. RICERCA DELLA CORRELAZIONE CONSUMO vs. PRODUZIONE

L'analisi di regressione è una tecnica statistica che stima la dipendenza di una variabile da una o più variabili indipendenti, come la quantità di produzione, le condizioni meteorologiche, ecc. controllando contemporaneamente l'influenza di diverse variabili. I modelli di regressione lineare sono utilizzati in specifiche campagne di misurazione e verifica per stimare i risparmi energetici di progetti e programmi di efficienza energetica [12]. Inoltre, è una tecnica che si è dimostrata affidabile quando i dati di input coprono l'intera variazione annuale delle condizioni operative. In questo lavoro ci si riferisce alla regressione lineare semplice tra due variabili: consumo di energia (globale, elettrico, termico o gas naturale in funzione del IPE) e produzione (nella sua U.P.). Le variabili da analizzare con questi modelli non devono includere direttamente variabili economiche (come il valore aggiunto) che molte volte non hanno relazione diretta con i processi fisici di produzione nella manifattura [13].

I modelli di regressioni lineare sono i preferiti per analizzare i risparmi conseguiti con le azioni di efficientamento energetico nelle organizzazioni con sistemi di gestione dell'energia (nello specifico tra ISO 50001 ed il protocollo SEP di Misurazione e Verificazione) [14], [15]. La norma ISO 50006 "Sistemi di gestione dell'energia - Misurazione della prestazione energetica utilizzando il consumo di riferimento (Baseline - EnB) e gli indicatori di prestazione energetica (EnPI) - Principi generali e linee guida" infatti raccomanda l'uso dei modelli di regressione lineare per la stima degli indicatori [16]. Inoltre, l'Agenzia Internazionale dell'Energia raccomanda sempre che sia possibile sviluppare indicatori basati su principi fisici (ovvero, nel caso in questione, la correlazione tra consumo di energia e produzione) attraverso modelli che si possano utilizzare a diversi livelli di aggregazione (dal livello di sito globale a specifiche tecnologie per reparto) indipendentemente del settore industriale oggetto di studio [17], [18].

Per questi motivi, i modelli di regressione lineare sono ampiamente usati per l'analisi di benchmarking e le misure di efficienza energetica [19]–[21]. Infatti, i modelli lineari sono semplici da sviluppare, possono essere utilizzati indistintamente dal settore analizzato e si basano direttamente sui dati forniti nelle diagnosi energetiche. Un altro vantaggio di questi modelli è che le ipotesi *a priori*<sup>2</sup> per il loro sviluppo sono poche e comunemente accettate [22]. Tuttavia, per un corretto sviluppo è necessario un alto grado di conoscenza tecnica dei processi industriali coinvolti [13]. Inoltre, questi modelli lineari possono essere utilizzati ulteriormente accoppiati ad altri modelli più complessi quali ad esempio la Stochastic Frontier Analysis (SFA) [23], l'Index Decomposition Analysis (IDA) [24] o il Data Envelopment Analysis (DEA) [25] per il calcolo di risparmi dovuti ad azioni di efficientamento energetico.

La regressione di tipo lineare restituisce un legame rappresentato dalla equazione (vedere Figura 2)

$$y = a \cdot x + b.$$

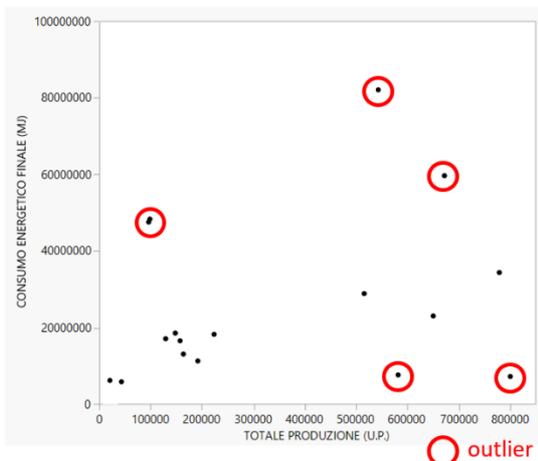
Nel contesto di riferimento, essa rappresenta il consumo di energia finale, come somma di un termine costante, non dipendente dal quantitativo di produzione, e di un termine variabile in misura proporzionale alla produzione stessa:

$$\begin{aligned} \text{Consumi Energetici [MJ]} \\ &= \text{Quantità proporzionale [MJ]}f(\text{Volume di produzione [U.P.]}) \\ &+ \text{Quantità fissa[MJ]} \end{aligned}$$

---

<sup>2</sup> Le assunzioni del modello di regressione lineare sono: 1 - Distribuzione normale degli errori: Il modello di regressione è robusto rispetto a scostamenti dall'ipotesi di normalità. 2.- Omoschedasticità: la variabilità degli errori è costante. 3.- Indipendenza degli errori.

FASE 1 – SELEZIONE DEL CAMPIONE STATISTICO



FASE 2 - RICERCA DELLA CORRELAZIONE CONSUMO vs. PRODUZIONE

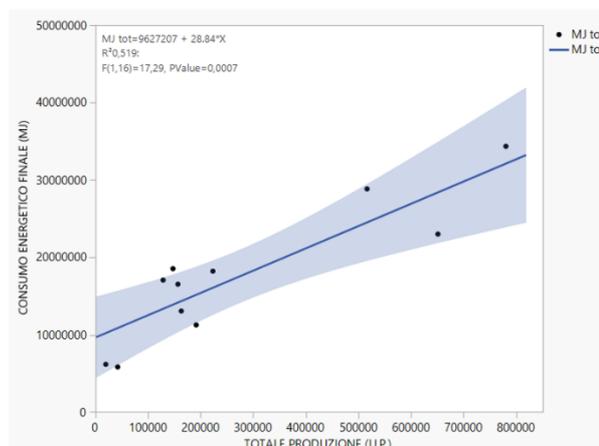


Figura 2 – Rappresentazione grafica delle Fase 1 (selezione del campione statistico) e Fase 2 (ricerca della correlazione consumo vs. produzione)

Al fine di validare la retta interpolatrice, il coefficiente di determinazione  $R^2$  con essa ottenuto è stato confrontato con l'indice di correlazione di Pearson ( $R_{crit}$ ), dipendente dai gradi di libertà del sistema considerato e dal grado di significatività statistica ( $\alpha$ ), e ad ulteriore mezzo di confronto è stato introdotto il parametro P-value, facilmente estraibile con il software utilizzato. Questi indicatori danno informazioni circa la bontà della correlazione ottenuta, per la significatività statistica che si vuole ottenere con il modello.

Il coefficiente di determinazione ( $R^2$ ) è il quadrato del coefficiente di correlazione ( $R$ ) in regressioni lineari semplici ed è definito come il rapporto tra la devianza spiegata dal modello (ESS) e la devianza totale (TSS).  $R^2$  è usato ampiamente in molteplici ambiti come indicatore della forza della correlazione. Con  $R^2 > 0,5$  la correlazione lineare può essere considerata forte, e moderata se  $R^2 > 0,25$  [26].

L'indice di correlazione di Pearson ( $R$ ) tra due variabili statistiche è un parametro (tabellato) che esprime un'eventuale relazione di linearità tra esse. Specificatamente è definito come la loro covarianza divisa per il prodotto delle deviazioni standard delle due variabili, varia tra -1 e +1, essendo -1 il valore di una perfetta correlazione lineare negativa, +1 una perfetta correlazione lineare positiva e 0 una correlazione lineare nulla. La forza della correlazione dipende del valore assoluto di  $R$ ; si considera che  $R=0,1$  sia indicativo di una correlazione debole, mentre  $R=0,9$  lo sia di una correlazione forte.

Definito il valore di confidenza che si intende raggiungere con l'analisi ( $LC = 1-\alpha$ ), la significatività statistica rappresenta l'intervallo entro cui tale valore può discostarsi; nell'ambito del presente lavoro, la scelta degli intervalli di confidenza necessari a stabilire l'accettabilità analitica del modello è ricaduta sui seguenti valori di  $\alpha=0,01$  (1%) e  $\alpha=0,05$  (5%), ovvero valori di confidenza del 99% e del 95% nel primo e secondo caso rispettivamente.

Il valore minimo di  $R$  da considerare a conferma dell'esistenza di una correlazione tra le variabili dipende della numerosità della popolazione analizzata, da  $\alpha$  e se l'ipotesi vuole essere mono/bidirezionale; esiste una correlazione significativa se  $R$  è maggiore di  $R_{critico} = f(N, \alpha)$ , quest'ultimo reperibile in letteratura [27].

Infine, il P-value, chiamato anche livello di probabilità, è utilizzato a conferma della rappresentatività del campione prescelto per quantificare la possibilità di ottenere risultati più o meno probabili di quelli osservati durante il test, supposta vera l'ipotesi nulla (ove per ipotesi nulla si intende la condizione da rigettare). L'insieme analizzato è pienamente rappresentato dal campione prescelto se tanto più piccolo è il valore del P-value (il quale viene spesso denotato come il minimo livello di significatività per il quale l'ipotesi nulla viene rifiutata). Essendo parametro di probabilità, esso è un numero compreso tra 0 e 1, ed in generale se  $P\text{-Value} < \alpha$  si considera il test statisticamente significativo (conferma della rappresentatività).

Riepilogando, i valori minimi di riferimento affinché la correlazione lineare determinata possa essere considerata statisticamente significativa sono i seguenti:

- Valore P (P-value) < 0,05;
- Indice di correlazione di Pearson (R) >  $R_{\text{critico}} = f(N, \alpha)$ ;
- Coefficiente di determinazione ( $R^2$ ) > 0,25.

Tuttavia è importante notare che un valore basso o nullo del coefficiente di correlazione non deve essere interpretato come assenza di relazione tra le due variabili, rimanendo la modellizzazione indicativa di relazione di tipo lineare; il riscontro di correlazione elevata tra due variabili non implica necessariamente una relazione di dipendenza reciproca; infine, un valore di confidenza del 95% non significa che esiste una probabilità del 95% che il parametro della popolazione sia compreso nei due estremi dell'intervallo.

Il controllo della correlazione rappresenta solo il primo passaggio: un valore basso indica sicuramente una relazione poco significativa tra consumi e produzione (spesso per la presenza di altri fattori in gioco più influenti), mentre un alto valore del coefficiente può non garantire una relazione di alta affidabilità, in quanto la presenza di punti distribuiti su ampi livelli di produzione tende a favorire l'innalzamento del valore di tale coefficiente.

### FASE 3. COSTRUZIONE DEL MODELLO ANALITICO DELL'IPE

Una volta risalito al legame analitico, dividendo ambo i membri dell'equazione per la produzione la curva dell'IPE è rappresentata da una funzione di tipo iperbolico:

$$IPE_{TEORICO} [MJ/U.P.] = a + \frac{b}{x}$$

dove  $a$  e  $b$  rappresentano rispettivamente la pendenza e l'intercetta della retta di regressione lineare.

In tal modo, se si identificano in blu gli IPE specifici dei siti (definiti come il rapporto consumo / produzione, MJ/U.P.) la curva in rossa in Figura 3 rappresenta la curva teorica calcolata da modello.

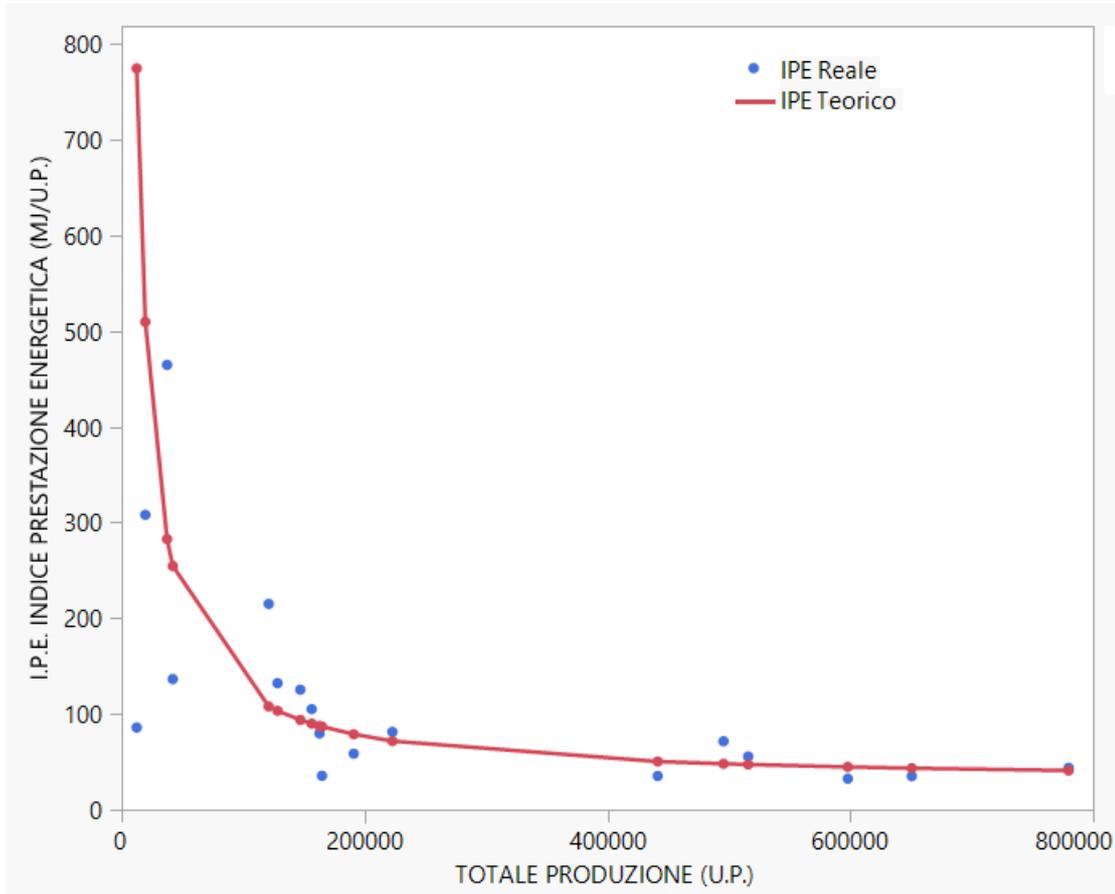


Figura 3 -Esempio di modello IPE teorico vs. IPE singoli casi reali

FASE 4. VALUTAZIONE DELLO SCOSTAMENTO TRA VALORI REALI E VALORI DEL MODELLO

Una volta definito il livello di significatività ( $\alpha=0,05$ ), si procede a sviluppare un'analisi dell'incertezza del modello degli IPE; l'analisi d'incertezza si basa in modo generale sul Teorema del Limite Centrale, che in modo molto semplificato, ci permette supporre che il modello del IPE avrà una dispersione del tipo gaussiano. Quindi è possibile definire una curva limite superiore e inferiore di significatività statistica del modello della forma

$$IPE_{INF/SUP} = IPE_{Teorico} \pm 2 \cdot \sigma$$

L'incertezza  $\sigma$  del modello dell'IPE viene calcolata attraverso la propagazione dell'errore statistico, ottenibile sulla base della matrice di covarianza  $C_{i,k}$  come segue:

$$\Delta f = \left( \sum_{i=1}^n \sum_{k=i}^n \left( \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_k} (C_{i,k}) \right) \right)^{1/2}$$

dove  $x_i$  e  $x_k$  sono i parametri  $a$  e  $b$  stimati nel modello di regressione. Sostituendo il consumo stimato, la forma funzionale dell'IPE è la seguente

$$IPE = a + \frac{b}{x}$$

quindi nel nostro caso la formula della propagazione dell'errore statistico diventa:

$$\sigma_{IPE} = \left( Var(a) + \frac{Var(b)}{x^2} + \frac{2Cov(a,b)}{x} \right)^{1/2}$$

Nella Figura 4 sono rappresentati gli output ultimi dell'analisi, la curva teorica (rosso) dell'IPE, i suoi limiti inferiore (verde) e superiore (viola) a  $2\sigma$ , i valori dell'IPE reale dei singoli siti analizzati.

Il grafico consente di visualizzare in maniera semplice gli effetti della propagazione dell'errore nel calcolo dell'IPE, nell'area contenuta tra  $IPE_{max}$  e  $IPE_{min}$  che rappresenta "la variabilità" propria del caso statistico. In pratica, viene visualizzato l'intervallo di confidenza derivato dalle equazioni precedenti, associato alla regressione lineare costruita sulla base relazione consumo vs. produzione, che rappresenta l'incertezza del modello stimato per gli IPE, graficamente delimitata dal limite inferiore e superiore della curva. In questo modo è possibile, per ogni diagnosi analizzata, valutare anche visivamente il posizionamento degli IPE reali rispetto all'intervallo teorico così definito e cogliere anche l'errore di cui è affetto. Attraverso ulteriori studi non inclusi nella presente trattazione, saranno valutati criteri ulteriori per la valutazione puntuale dell'errore tra il valore degli IPE dei siti diagnosticati e le curve teoriche.

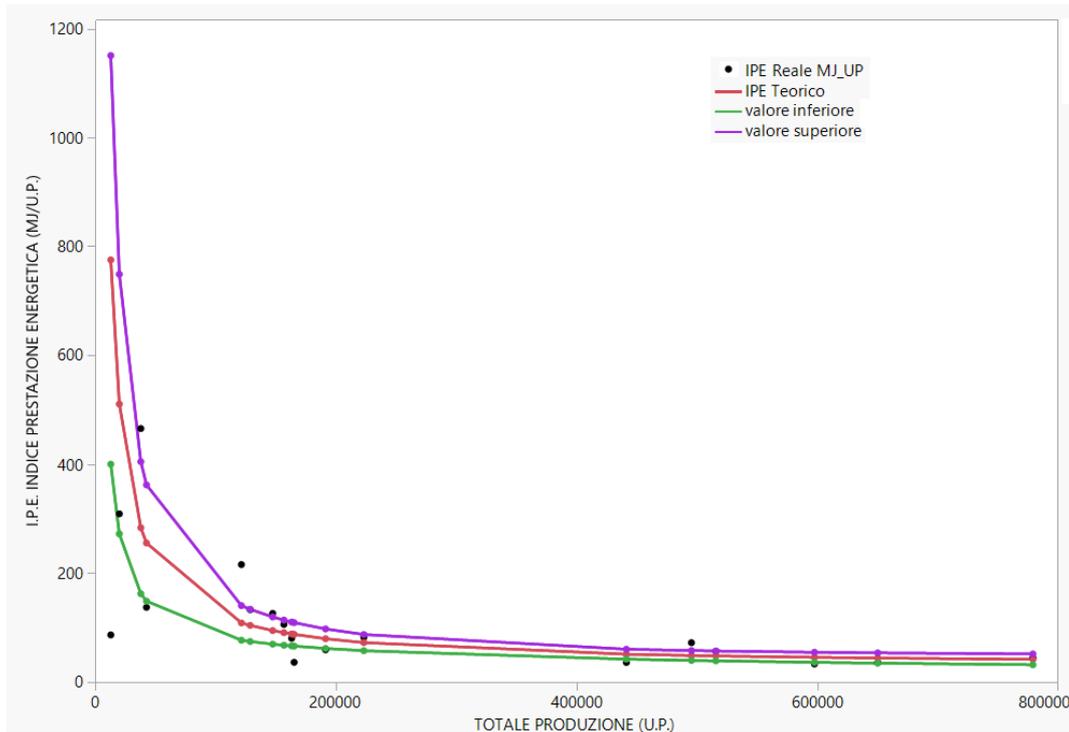


Figura 4 - Intervallo di errore del IPE Teorico

#### FASE 5. INDIVIDUAZIONE DEL IPE (CALCOLATO COME IPE MEDIO $\pm$ DEVIAZIONE STANDARD)

Per ogni sottogruppo ATECO è stato determinato un unico valore di IPE, qualora possibile considerando unicamente l'intero intervallo dei valori di produzione, oppure tanti IPE quanti sono stati i modelli determinati in ragione della suddivisione cui il campo della produzione è stato sottoposto.

Come per l'implementazione del calcolo degli IPE effettuato per gli Energivori di cui al DM 21 dicembre 2017[28], per determinare l'intervallo di variazione è stato fatto riferimento alla deviazione standard del campione del campione statistico.

Da un punto di vista statistico, cioè, è stata valutata la dispersione dei punti rispetto ad un indice di posizione, ovvero lo scarto quadratico medio (o deviazione standard) dei punti analizzati rispetto al valore medio aritmetico del campione dei punti

La deviazione standard è espressa come

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

Dove N è la numerosità del campione analizzato, e dove  $\bar{x}$  è la media aritmetica di X ed è pari a

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

Determinati l'IPE media e la sua variazione, il livello di affidabilità dell'IPE (riferito per uno specifico intervallo di produzione) è stato definito:

- A) **«Alto»** se il rapporto tra la deviazione standard e il valore medio risulta minore del 20%;
- B) **«Medio»** se il rapporto tra deviazione standard e valore medio risulta compreso tra il 20% ed il 60%;
- C) **«Basso»** se il rapporto tra la deviazione standard e il valore medio risulta maggiore del 60% e minore del 100%;
- D) **«Nulla»** se il valore del rapporto supera il 100%.

Quando la relazione così definita non è risultata significativa si è preferito mostrare gli IPE reali dichiarati nelle diagnosi, mettendo in evidenza il valor medio e la deviazione standard di tale dispersione di punti.

## 4. Indici di prestazione energetica di I Livello

### 4.1. Schede settoriali divisioni ATECO

In questo capitolo vengono descritte le divisioni ATECO a 2 cifre analizzate nel corso della presente annualità di progetto che costituiscono circa il 32% dei codici merceologici prevalentemente manifatturieri soggetti a diagnosi energetica su base dati 2019 e presenti nel database ENEA Audit 102.

Per ogni ATECO a 2 cifre vengono descritte le relative attività suddivise nei sottogruppi ATECO a 6 cifre, le principali criticità riscontrate nel calcolo degli indici di prestazione energetica di I livello partendo dai dati contenuti nelle diagnosi energetiche e una tabella riassuntiva relativa al calcolo degli IPE medi suddivisi per sottogruppi ATECO a 6 cifre.

In queste tabelle si utilizza la seguente nomenclatura:

- Si: IPE medio viene calcolato
- No: IPE medio non viene calcolato per elevata eterogeneità dei processi, assenza o scarsa numerosità diagnosi.

I valori degli indici di I livello medi elaborati sono invece riportati nell'Allegato A al presente documento con la descrizione specifica, suddivisa per codice ATECO a 6 cifre, della selezione dei campioni, dell'analisi della correlazione consumo-produzione e del calcolo degli IPE teorici con la metodologia descritta nel capitolo 3.

#### 4.1.1. ATECO 13: Industrie Tessili

##### 4.1.1.1. Descrizione

La divisione 13 "*Industrie Tessili*" include la preparazione e la filatura di fibre tessili compresa la tessitura di materie tessili, il finissaggio dei tessuti e degli articoli di vestiario, la fabbricazione di articoli in tessuto, diversi dagli articoli di vestiario (ad esempio: biancheria da casa, coperte, scendiletto, corde eccetera). La coltivazione di piante produttrici di fibre naturali rientra nella divisione 01, mentre la fabbricazione di fibre artificiali e sintetiche è un processo chimico che va classificato nella classe 20.60. La fabbricazione di articoli di vestiario rientra nella divisione 14. La divisione 13 si suddivide in 14 sottogruppi ATECO:

- 13.10.00: Preparazione e filatura di fibre tessili
- 13.20.00: Tessitura
- 13.30.00: Finissaggio dei tessuti, degli articoli di vestiario e attività similari
- 13.91.00: Fabbricazione di tessuti a maglia
- 13.92.10: Confezionamento di biancheria da letto, da tavola e per l'arredamento
- 13.92.20: Fabbricazione di articoli in materie tessili nca
- 13.93.00: Fabbricazione di tappeti e moquette
- 13.94.00: Fabbricazione di spago, corde, funi e reti
- 13.95.00: Fabbricazione di tessuti non tessuti e di articoli in tali materie (esclusi gli articoli di abbigliamento)
- 13.96.10: Fabbricazione di nastri, etichette e passamanerie di fibre tessili
- 13.96.20: Fabbricazione di altri articoli tessili tecnici ed industriali
- 13.99.10: Fabbricazione di ricami
- 13.99.20: Fabbricazione di tulle, pizzi e merletti
- 13.99.90: Fabbricazione di feltro e articoli tessili diversi

#### 4.1.1.2. Criticità

Per questa divisione le diagnosi energetiche presentate sono state 417. Il settore più rappresentato in termini di consumi e numero di diagnosi sono il 13.20.00 con 128 diagnosi energetiche (31% totale del settore) di siti che dedicati alla tessitura; il 13.10.00 con 106 diagnosi (25% del totale) di siti preparano e fabbricano fibre tessili tanto sintetiche come naturali con particolare attività di filatura; ed il 13.30.00 con 81 siti (19% del settore) dedicati al finissaggio di tessuti (principalmente tintoria. Tutto il settore è caratterizzato per industrie di alta specializzazione con una alta eterogeneità in processi produttivi, prodotti (finiti e semilavorati) e unità di produzione.

#### 4.1.1.3. Risultati

Gli IPE calcolati per questa divisione ATECO sono riassunti nella tabella seguente e le relative specifiche sono riportati nella sezione dedicata dell'Allegato A

Nonostante l'eterogeneità di materie prime e processi produttivi, è stato possibile individuare degli Indicatori di Prestazione Energetica per questi settori (e per il 13.95.00: Fabbricazione di tessuti non tessuti) di affidabilità bassa/media. Per 10 sottosectori, vista l'esiguità del numero di diagnosi energetiche e l'eterogeneità dei processi e prodotti, non è stato possibile determinare degli indici di prestazione energetica affidabili e rappresentativi.

Tabella 1 – Sottogruppi ATECO 13 analizzati ai fini della determinazione degli Indici di Prestazione Energetica di primo livello

ATECO 31: FABBRICAZIONE DI MOBILI					
Codice ATECO 31	IPE Globale	IPE Elettrico	IPE Termico	IPE GN	Riferimento
13.10.00	Si	Si	Si	Si	Allegato A Pag. 7
13.20.00	Si	Si	Si	Si	
13.30.00	Si	Si	Si	Si	
13.91.00	No	No	No	No	
13.92.10	No	No	No	No	
13.92.20	No	No	No	No	
13.93.00	No	No	No	No	
13.94.00	No	No	No	No	
13.95.00	Si	Si	Si	Si	
13.96.10	No	No	No	No	
13.96.20	No	No	No	No	
13.99.10	No	No	No	No	
13.99.20	No	No	No	No	
13.99.90	No	No	No	No	

## 4.1.2 ATECO 14: Confezione di articoli di abbigliamento; confezione di articoli in pelle e pelliccia

### 4.1.2.1. Descrizione

Questa divisione include tutti i tipi di sartoria (abiti confezionati o su misura), in qualsiasi materiale (ad esempio: pelle, tessuto, tessuti a maglia eccetera), tutti gli articoli di abbigliamento (ad esempio: indumenti esterni, biancheria per uomo, donna e bambino; indumenti da lavoro, abbigliamento da città o casual eccetera) e gli accessori. Non viene fatta distinzione tra abbigliamento per adulti e per bambini, o tra abbigliamento moderno e classico. La divisione 14 include anche il confezionamento di articoli in pelliccia. È escluso il finissaggio degli articoli di abbigliamento (cfr. 13.30). La divisione 14 si suddivide in 11 sottogruppi ATECO:

- 14.11.00: Confezione di abbigliamento in pelle e similpelle
- 14.12.00: Confezione di camicie, divise ed altri indumenti da lavoro
- 14.13.10: Confezione in serie di abbigliamento esterno
- 14.13.20: Sartoria e confezione su misura di abbigliamento esterno
- 14.14.00: Confezione di camicie, T-shirt, corsetteria e altra biancheria intima
- 14.19.10: Confezioni varie e accessori per l'abbigliamento
- 14.19.21: Fabbricazione di calzature realizzate in materiale tessile senza soles applicate
- 14.19.29: Confezioni di abbigliamento sportivo o di altri indumenti particolari
- 14.20.00: Confezione di articoli in pelliccia
- 14.31.00: Fabbricazione di articoli di calzetteria in maglia
- 14.39.00: Fabbricazione di pullover, cardigan ed altri articoli simili a maglia

### 4.1.2.2. Criticità

Per questa divisione le diagnosi energetiche presentate sono state 76. La maggior parte di queste, tuttavia, non è relativa a siti presso i quali viene svolta una vera e propria attività industriale, ma solo commerciale di vendita ed esposizione, oppure direzionale, o al massimo di magazzino.

Il solo settore energivoro 14.31.00 presenta 20 diagnosi che è stato possibile raggruppare per uniformità di processi e per le quali sono stati ricavati indici di prestazione energetica.

### 4.1.2.3. Risultati

Gli IPE calcolati per questa divisione ATECO sono riassunti nella tabella seguente e le relative specifiche sono riportati nella sezione dedicata dell'Allegato A.

Tabella 2 – Sottogruppi ATECO 14 analizzati ai fini della determinazione degli Indici di Prestazione Energetica di primo livello

<b>ATECO 14: CONFEZIONE DI ARTICOLI DI ABBIGLIAMENTO; CONFEZIONE DI ARTICOLI IN PELLE E PELLICCIA</b>					
<b>Codice ATECO 31</b>	<b>IPE Globale</b>	<b>IPE Elettrico</b>	<b>IPE Termico</b>	<b>IPE GN</b>	<b>Riferimento</b>
<b>14.11.00</b>	No	No	No	No	Allegato A pag. 72
<b>14.12.00</b>	No	No	No	No	
<b>14.13.10</b>	No	No	No	No	
<b>14.13.20</b>	No	No	No	No	
<b>14.14.00</b>	No	No	No	No	
<b>14.19.10</b>	No	No	No	No	
<b>14.19.21</b>	No	No	No	No	
<b>14.19.29</b>	No	No	No	No	
<b>14.20.00</b>	No	No	No	No	
<b>14.31.00</b>	Si	Si	No	No	
<b>14.39.00</b>	No	No	No	No	

#### 4.1.3.ATECO 15: Preparazione e concia del cuoio; fabbricazione di articoli da viaggio, borse, pelletteria e selleria; preparazione e tintura di pellicce

##### 4.1.3.1. Descrizione

La divisione 15 *“Preparazione e concia del cuoio; fabbricazione di articoli da viaggio, borse, pelletteria e selleria; preparazione e tintura di pellicce”* si suddivide in 4 sottogruppi ATECO:

- 15.11.00: Preparazione e concia del cuoio e pelle; preparazione e tintura di pellicce
- 15.12.09: Fabbricazione di altri articoli da viaggio, borse e simili, pelletteria e selleria
- 15.20.10: Fabbricazione di calzature
- 15.20.20: Fabbricazione di parti in cuoio per calzature

##### 4.1.3.2. Criticità

Il settore è caratterizzato da un’ampia eterogeneità dei processi produttivi, prodotti e unità di produzione. Solo per l’ATECO 15.11.00 e 15.20.10, dato anche il più elevato numero di diagnosi a disposizione, è stato possibile elaborare indici di prestazione energetica.

##### 4.1.3.3. Risultati

Gli IPE calcolati per questa divisione ATECO sono riassunti nella tabella seguente e le relative specifiche sono riportati nella sezione dedicata dell’Allegato A.

Tabella 3 –ATECO 15: sottogruppi analizzati per la determinazione degli IPE di I livello

<b>ATECO 15: PREPARAZIONE E CONCIA DEL CUOIO; FABBRICAZIONE DI ARTICOLI DA VIAGGIO, BORSE, PELLETERIA E SELLERIA; PREPARAZIONE E TINTURA DI PELLICCE</b>					
<b>Codice ATECO 6</b>	<b>IPE Globale</b>	<b>IPE Elettrico</b>	<b>IPE Termico</b>	<b>IPE GN</b>	<b>Riferimento</b>
<b>15.11.00</b>	Si	Si	Si	Si	Allegato A Pag. 90
<b>15.12.09</b>	No	No	No	No	
<b>15.20.10</b>	Si	Si	Si	Si	
<b>15.20.20</b>	No	No	No	No	

#### 4.1.4.ATECO 22: Fabbricazione di articoli in gomma e materie plastiche

##### 4.1.4.1. Descrizione

La divisione 22 “*fabbricazione di articoli in gomma e materie plastiche*” include la fabbricazione e rigenerazione di pneumatici e camere d’aria, la fabbricazione di prodotti in gomma e in plastica per diverse applicazioni.

La divisione 22 si suddivide in 12 sottogruppi ATECO:

- 22.11.10: Fabbricazione di pneumatici e camere d’aria
- 22.11.20: Rigenerazione e ricostruzione di pneumatici e camere d’aria
- 22.19.01: Fabbricazione di soles di gomma e altre parti in gomma per calzature
- 22.19.09: Fabbricazione altri prodotti in gomma nca
- 22.21.00: Fabbricazione di lastre, fogli, tubi e profili in materie plastiche
- 22.22.00: Fabbricazione di imballaggi in materie plastiche
- 22.23.01: Fabbricazione di rivestimenti plastici per pavimenti
- 22.23.02: Fabbricazione di porte, finestre, intelaiature eccetera in plastica per l’edilizia
- 22.23.09: Fabbricazione di altri articoli in plastica per l’edilizia
- 22.29.01: Fabbricazione di parti in plastica per calzature
- 22.29.02: Fabbricazione di oggetti per l’ufficio e la scuola in plastica
- 22.29.09: Fabbricazione di altri articoli in materie plastiche nca

##### 4.1.4.2. Criticità

Per questa divisione le diagnosi energetiche presentate sono state 903. Le diagnosi relative alla fabbricazione di articoli in plastica sono l’87% mentre il 13% sono relative a prodotti in gomma.

Il settore è caratterizzato da un’ampia eterogeneità dei processi produttivi, prodotti e unità di produzione. Per tanto solo casi specifici è stato possibile ottenere Indicatori di Prestazione Energetica di elevata affidabilità in funzione dello specifico processo produttivo. Per 6 sottosettori, vista l’esiguità del numero di diagnosi energetiche, non è stato possibile determinare degli indici di prestazione energetica affidabili e rappresentativi.

##### 4.1.4.3. Risultati

Gli IPE calcolati per questa divisione ATECO sono riassunti nella tabella seguente e le relative specifiche sono riportati nella sezione dedicata dell’Allegato A.

Tabella 4 –ATECO 22: sottogruppi analizzati per la determinazione degli IPE di I livello

<b>ATECO 22: FABBRICAZIONE DI ARTICOLI IN GOMMA</b>					
<b>Codice ATECO 22</b>	<b>IPE Globale</b>	<b>IPE Elettrico</b>	<b>IPE Termico</b>	<b>IPE GN</b>	<b>Riferimento</b>
<b>22.11.10</b>	Si	Si	Si	No	Allegato A Pag. 137
<b>22.11.20</b>	No	No	No	No	
<b>22.19.01</b>	No	No	No	No	
<b>22.21.00</b>	Si	Si	No	No	
<b>22.22.00</b>	Si	Si	Si	Si	
<b>22.23.01</b>	No	No	No	No	
<b>22.23.02</b>	No	No	No	No	
<b>22.23.09</b>	Si	Si	No	No	
<b>22.29.01</b>	No	No	No	No	
<b>22.29.02</b>	No	No	No	No	
<b>22.29.09</b>	Si	Si	Si	Si	

#### 4.1.5.ATECO 25: Fabbricazione di articoli di coltelleria, utensili e oggetti di ferramenta

##### 4.1.5.1. Descrizione

La divisione 25 "*Industria dei metalli*" include tutte le lavorazioni dei metalli per ottenere i diversi prodotti in metallo. La divisione 25 si suddivide in 25 sottogruppi ATECO:

- 25.11.00 - Fabbricazione di strutture metalliche e parti assemblate di strutture
- 25.12.10 - Fabbricazione di porte, finestre e loro telai, imposte e cancelli metallici 25.12.20 - Tende da sole e alla veneziana
- 25.12.20 - Fabbricazione di strutture metalliche e tende da sole, tende alla veneziana e simili
- 25.21.00 - Fabbricazione di radiatori e contenitori in metallo per caldaie per il riscaldamento centrale
- 25.29.00 - Fabbricazione di cisterne, serbatoi e contenitori in metallo per impieghi di stoccaggio o di produzione
- 25.30.00: Fabbricazione generatori di vapore (esclusi i contenitori in metallo per caldaie per il riscaldamento centrale da acqua calda)
- 25.40.00: Fabbricazione di armi e munizioni
- 25.50.00: Fucinatura, imbutitura, stampaggio e profilatura dei metalli; metallurgia delle polveri
- 25.61.00: Trattamento e rivestimento dei metalli
- 25.62.00: Lavori di meccanica generale
- 25.71.00: Fabbricazione di articoli di coltelleria, posateria e armi bianche
- 25.72.00: Fabbricazione di serrature e cerniere e ferramenta simili
- 25.73.11: Fabbricazione di utensileria ad azionamento manuale
- 25.73.12: Fabbricazione di parti intercambiabili per macchine utensili
- 25.73.20: Fabbricazione di stampi, portastampi, sagome, forme per macchine
- 25.91.00: Fabbricazione di bidoni in acciaio e contenitori analoghi
- 25.92.00: Fabbricazione di imballaggi leggeri in metallo
- 25.93.10: Fabbricazione di prodotti fabbricati con fili metallici
- 25.93.20: Fabbricazione di molle
- 25.93.30: Fabbricazione di catene fucinate senza saldatura e stampate
- 25.99.11: Fabbricazione di caraffe e bottiglie isolate in metallo
- 25.99.19: Fabbricazione di stoviglie, pentolame, vasellame, attrezzi da cucina e altri accessori casalinghi non elettrici, articoli metallici per arredamento di stanze da bagno.
- 25.99.20: Fabbricazione di casseforti, forzieri e porte metalliche blindate
- 25.99.30: Fabbricazione di oggetti in ferro, rame e altri metalli
- 25.99.99: Fabbricazione di articoli metallici e minuteria.

##### 4.1.5.2. Criticità

Per questa divisione le diagnosi energetiche presentate sono state 598. I processi di lavorazione anche all'interno dello stesso ATECO a 6 cifre sono spesso non omogenei e spesso anche i prodotti molto diversi. Per questo per la maggior parte dei sottogruppi ATECO, non è stato possibile determinare degli indici di prestazione energetica elettrica affidabili e rappresentativi.

##### 4.1.5.3. Risultati

Gli IPE calcolati per questa divisione ATECO sono riassunti nella tabella seguente e le relative specifiche sono riportati nella sezione dedicata dell'Allegato A.

Tabella 5 –ATECO 25: sottogruppi analizzati per la determinazione degli IPE di I livello

<b>ATECO 25: INDUSTRIA DEI METALLI</b>					
<b>Codice ATECO 25</b>	<b>IPE Globale</b>	<b>IPE Elettrico</b>	<b>IPE Termico</b>	<b>IPE GN</b>	<b>Riferimento</b>
25.11.00	No	No	No	No	Allegato A pag. 235
25.12.10	No	No	No	No	
25.12.20	No	No	No	No	
25.21.00	No	No	No	No	
25.29.00	No	No	No	No	
25.30.00	No	No	No	No	
25.40.00	No	No	No	No	
25.50.00- Forgiatura metalli	Si	Si	Si	No	
25.50.00- Sinterizzazione polveri	Si	Si	No	No	
25.61.00	No	No	No	No	
25.62.00	Si	Si	No	No	
25.71.00	No	No	No	No	
25.72.00	No	No	No	No	
25.73.11	No	No	No	No	
25.73.12	No	No	No	No	
25.73.20	No	No	No	No	
25.91.00	No	No	No	No	
25.92.00	No	No	No	No	
25.93.10	Si	Si	No	No	
25.93.20	No	No	No	No	
25.93.30	No	No	No	No	
25.99.11	No	No	No	No	
25.99.19	No	No	No	No	
25.99.20	No	No	No	No	
25.99.30	No	No	No	No	
25.99.99	No	No	No	No	

#### 4.1.6. TECO 30: Costruzione di locomotive e di materiale rotabile ferro-tranviario

##### 4.1.6.1. Descrizione

Questa divisione include la fabbricazione di mezzi di trasporto quali navi ed imbarcazioni, di materiale rotabile ferro-tranviario e locomotive, aeroplani, veicoli spaziali e di loro parti.

- 30.11.01 Fabbricazione di sedili per navi
- 30.11.02 Cantieri navali per costruzioni metalliche e non metalliche (esclusi i sedili per navi)
- 30.12.00 Costruzione di imbarcazioni da diporto e sportive
- 30.20.01 Fabbricazione di sedili per tram, filovie e metropolitane
- 30.20.02 Costruzione di altro materiale rotabile ferroviario, tranviario, filoviario, per metropolitane e per miniere
- 30.30.01 Fabbricazione di sedili per aeromobili
- 30.30.02 Fabbricazione di missili balistici
- 30.30.09 Fabbricazione di aeromobili, di veicoli spaziali e dei relativi dispositivi nca
- 30.40.00 Fabbricazione di veicoli militari da combattimento
- 30.91.11 Fabbricazione di motori per motocicli
- 30.91.12 Fabbricazione di motocicli
- 30.91.20 Fabbricazione di accessori e pezzi staccati per motocicli e ciclomotori
- 30.92.10 Fabbricazione e montaggio di biciclette
- 30.92.20 Fabbricazione di parti ed accessori per biciclette
- 30.92.30 Fabbricazione di veicoli per invalidi (incluse parti e accessori)
- 30.92.40 Fabbricazione di carrozzine e passeggini per neonati
- 30.99.00 Fabbricazione di veicoli a trazione manuale o animale

##### 4.1.6.2. Criticità

Per questa divisione le diagnosi energetiche presentate sono state 63 da 35 aziende.

Più rappresentato con 22 diagnosi il macrosettore 30.30.

Per molti settori economici l'assenza di un'unica unità di misura adottata in modo comune in tutte le diagnosi caricate ha impedito, per carenza di un campione sufficientemente popolato, non solo l'applicazione delle tecniche di analisi statistica, ma anche la stessa determinazione degli indici.

##### 4.1.6.3. Risultati

Gli IPE calcolati per questa divisione ATECO sono riassunti nella tabella seguente e le relative specifiche sono riportati nella sezione dedicata dell'Allegato A.

Tabella 6 – Sottogruppi ATECO 30 analizzati ai fini della determinazione degli Indici di Prestazione Energetica di primo livello

<b>ATECO 30: FABBRICAZIONE DI PRODOTTI IN LEGNO, SUGHERO, PAGLIA E MATERIALI DA INTRECCIO</b>					
<b>Codice ATECO 30</b>	<b>IPE Globale</b>	<b>IPE Elettrico</b>	<b>IPE Termico</b>	<b>IPE GN</b>	<b>Riferimento</b>
30.11.01	No	No	No	No	Allegato A Pag. 286
30.11.02	Sì	Sì	Sì	Sì	
30.12.00	No	No	No	No	
30.20.01	No	No	No	No	
30.20.02	Sì	Sì	Sì	Sì	
30.30.01	No	No	No	No	
30.30.02	No	No	No	No	
30.30.09	Sì	Sì	Sì	Sì	
30.40.00	No	No	No	No	
30.91.11	No	No	No	No	
30.91.12	Sì	Sì	No	No	
30.91.20	No	No	No	No	
30.92.10	No	No	No	No	
30.92.20	No	No	No	No	
30.92.30	No	No	No	No	
30.92.40	No	No	No	No	
30.99.00	No	No	No	No	

#### 4.1.7.ATECO 31: Fabbricazione di mobili

##### 4.1.7.1. Descrizione

La divisione 31 “*Fabbricazione di Mobili*” include la fabbricazione di mobili e articoli collegati, realizzati in qualsiasi materiale ad esclusione di pietra, cemento e ceramica. La divisione 31 si suddivide in 11 sottogruppi ATECO:

- 31.01.10: Fabbricazione di sedie e poltrone per ufficio e negozi
- 31.01.21: Fabbricazione di altri mobili metallici per ufficio e negozi
- 31.01.22: Fabbricazione di altri mobili non metallici per ufficio e negozi
- 31.02.00: Fabbricazione di mobili per cucina
- 31.03.00: Fabbricazione di materassi
- 31.09.10: Fabbricazione di mobili per arredo domestico
- 31.09.20: Fabbricazione di sedie e sedili (esclusi quelli per aeromobili, autoveicoli, navi, treni, ufficio e negozi)
- 31.09.30: Fabbricazione di poltrone e divani
- 31.09.40: Fabbricazione di parti e accessori di mobili
- 31.09.50: Finitura di mobili
- 31.09.90: Fabbricazione di altri mobili (inclusi quelli per arredo esterno)

##### 4.1.7.2. Criticità

Per questa divisione le diagnosi energetiche presentate sono state 61. Il settore più rappresentato in termini di consumi e numero di diagnosi sono il 31.09.40 con 24 diagnosi energetiche (40% totale del settore) di siti che fabbricano parti e accessori di mobili; il 31.02.00 con 10 diagnosi di siti di fabbricazione di mobili per cucina; ed il 31.09.10 con 8 fabbriche di mobili per arredo domestico. Tutto il settore è caratterizzato per industrie di alta specializzazione con una alta eterogeneità in processi produttivi, prodotti (finiti e semilavorati) e unità di produzione. Per tanto solo in casi residuali è stato possibile ottenere Indicatori di Prestazione Energetica di bassa affidabilità. Per 8 sottosettori, vista l'esiguità del numero di diagnosi energetiche, non è stato possibile determinare degli indici di prestazione energetica affidabili e rappresentativi.

##### 4.1.7.3. Risultati

Gli IPE calcolati per questa divisione ATECO sono riassunti nella tabella seguente e le relative specifiche sono riportati nella sezione dedicata dell'Allegato A.

Tabella 7 – Sottogruppi ATECO 32 analizzati ai fini della determinazione degli Indici di Prestazione Energetica di primo livello

<b>ATECO 31: FABBRICAZIONE DI MOBILI</b>					
<b>Codice ATECO 31</b>	<b>IPE Globale</b>	<b>IPE Elettrico</b>	<b>IPE Termico</b>	<b>IPE GN</b>	<b>Riferimento</b>
<b>31.01.10</b>	No	No	No	No	Allegato A pag. 324
<b>31.01.21</b>	No	No	No	No	
<b>31.01.22</b>	No	No	No	No	
<b>31.02.00</b>	Si	Si	Si	No	
<b>31.03.00</b>	No	No	No	No	
<b>31.09.10</b>	Si	Si	Si	No	
<b>31.09.20</b>	No	No	No	No	
<b>31.09.30</b>	No	No	No	No	
<b>31.09.40</b>	Si	Si	Si	No	
<b>31.09.50</b>	No	No	No	No	
<b>31.09.90</b>	No	No	No	No	

#### 4.1.8. ATECO 32: Altre industrie manifatturiere

##### 4.1.8.1. Descrizione

La divisione 32 “*Altre Industrie Manifatturiere*” include la fabbricazione di beni non compresi altrove in questa classificazione. Poiché si tratta di una divisione residuale, i processi di produzione, le materie prime e l’uso di beni prodotti possono essere molto variabili, di conseguenza non sono stati applicati i normali criteri per raggruppare le classi nelle divisioni. La divisione 32 si suddivide in 27 sottogruppi ATECO:

- 32.11.00: Coniazione di monete
- 32.12.10: Fabbr. di oggetti di gioielleria ed oreficeria in metalli preziosi o rivestiti di metalli preziosi
- 32.12.20: Lavorazione di pietre preziose e semipreziose per gioielleria e per uso industriale
- 32.13.01: Fabbricazione di cinturini metallici per orologi (esclusi quelli in metalli preziosi)
- 32.13.09: Fabbricazione di bigiotteria e articoli simili nca
- 32.20.00: Fabbricazione di strumenti musicali (incluse parti e accessori)
- 32.30.00: Fabbricazione di articoli sportivi
- 32.40.10: Fabbricazione di giochi (inclusi i giochi elettronici)
- 32.40.20: Fabbricazione di giocattoli (inclusi i tricicli e gli strumenti musicali giocattolo)
- 32.50.11: Fabbricazione di materiale medico-chirurgico e veterinario
- 32.50.12: Fabbricazione di apparecchi e strumenti per odontoiatria e di apparecchi medicali
- 32.50.13: Fabbricazione di mobili per uso medico, chirurgico, odontoiatrico e veterinario
- 32.50.14: Fabbricazione di centrifughe per laboratori
- 32.50.20: Fabbricazione di protesi dentarie (inclusa riparazione)
- 32.50.30: Fabbricazione di protesi ortopediche, altre protesi ed ausili (inclusa riparazione)
- 32.50.40: Fabbricazione di lenti oftalmiche
- 32.50.50: Fabbr. di armature per occhiali di qualsiasi tipo; montatura in serie di occhiali comuni
- 32.91.00: Fabbricazione di scope e spazzole
- 32.99.11: Fabbricazione di articoli di vestiario ignifughi e protettivi di sicurezza
- 32.99.12: Fabbricazione di articoli in plastica per la sicurezza personale
- 32.99.13: Fabbricazione di articoli in metallo per la sicurezza personale
- 32.99.14: Fabbricazione di maschere antigas
- 32.99.19: Fabbricazione di altre attrezzature ed altri articoli protettivi di sicurezza
- 32.99.20: Fabbricazione di ombrelli, bottoni, chiusure lampo, parrucche e affini
- 32.99.30: Fabbricazione di oggetti di cancelleria
- 32.99.40: Fabbricazione di casse funebri
- 32.99.90: Fabbricazione di altri articoli nca

##### 4.1.8.2. Criticità

Per questa divisione le diagnosi energetiche presentate sono state 72 (di 78 presentate, 6 corrispondono ad altri codici ATECO, probabilmente assegnato al codice 32 dovuto alla sua definizione generica). Il settore più rappresentato in termini di consumi e numero di diagnosi sono il 32.50.50 con 21 diagnosi energetiche di siti di produzione di occhiali e lenti; il 32.50.11 con 11 diagnosi di siti di produzione e sterilizzazione di materiale medico-chirurgico e veterinario; ed il 32.91.00 con 7 fabbriche di spazzole. Tutto il settore è caratterizzato per industrie di alta specializzazione con una alta eterogeneità in processi produttivi, prodotti e unità di produzione. Per tanto solo in casi residuali è stato possibile ottenere Indicatori di Prestazione Energetica di bassa affidabilità. Per 24 sottosettori, vista l’esiguità del numero di diagnosi energetiche, non è stato possibile determinare degli indici di prestazione energetica affidabili e rappresentativi.

Gli IPE calcolati per questa divisione ATECO sono riassunti nella tabella seguente e le relative specifiche sono riportati nella sezione dedicata dell'Allegato A.

Tabella 8 – Sottogruppi ATECO 32 analizzati ai fini della determinazione degli Indici di Prestazione Energetica di primo livello

ATECO 32: ALTRE INDUSTRIE MANIFATTURIERE					
Codice ATECO 32	IPE Globale	IPE Elettrico	IPE Termico	IPE GN	Riferimento
32.11.00	No	No	No	No	Allegato A Pag. 359
32.12.10	No	No	No	No	
32.12.20	No	No	No	No	
32.13.01	No	No	No	No	
32.13.09	No	No	No	No	
32.20.00	No	No	No	No	
32.30.00	No	No	No	No	
32.40.10	No	No	No	No	
32.40.20	No	No	No	No	
32.50.11	No	No	No	No	
32.50.12	No	No	No	No	
32.50.13	No	No	No	No	
32.50.14	No	No	No	No	
32.50.20	No	No	No	No	
32.50.30	No	No	No	No	
32.50.40	No	No	No	No	
32.50.50	Si	Si	Si	Si	
32.91.00	Si	Si	No	No	
32.99.11	No	No	No	No	
32.99.12	No	No	No	No	
32.99.13	No	No	No	No	
32.99.14	No	No	No	No	
32.99.19	No	No	No	No	
32.99.20	No	No	No	No	
32.99.30	No	No	No	No	
32.99.40	No	No	No	No	
32.99.90	No	No	No	No	

## 5. Indici di prestazione energetica di II Livello

In questo capitolo vengono presentati i risultati ottenuti nell'individuazione degli indici di prestazione energetica di secondo livello per tre settori così come previsto dalla proposta progettuale. In particolare, nella terza annualità verranno affrontati i seguenti: fonderie, incenerimento dei rifiuti e farmaceutico.

Come evidenziato nel capitolo relativo alla metodologia di analisi con Indice di Prestazione energetica (IPE) di secondo livello si intende il rapporto tra il consumo energetico finale complessivo e per singolo vettore (energia elettrica, energia termica, gas naturale), determinati a livello di reparto produttivo del sito, per tecnologie caratteristiche e per attività (attività principali, servizi ausiliari o servizi generali). Questi IPE corrispondono al livello D (Figura 5) della Linea Guida ENEA [8].

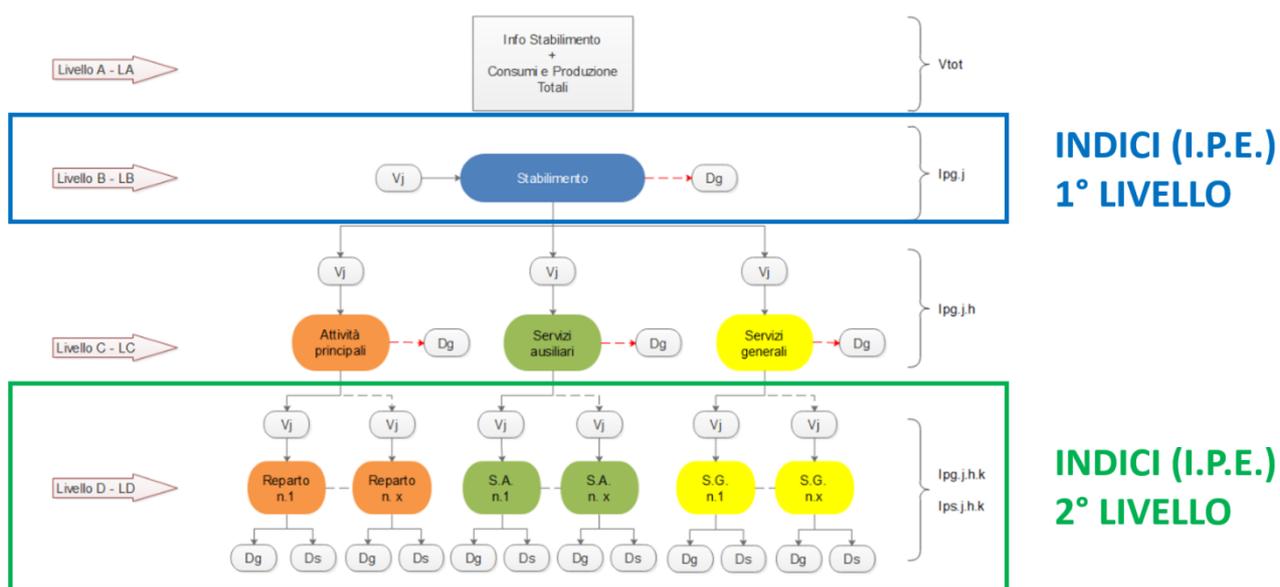


Figura 5 - Schematizzazione della struttura energetica aziendale e caratterizzazione del livello degli IPE

L'individuazione degli IPE di secondo livello prevede che le informazioni ed i dati di consumo riportati sia nel foglio di rendicontazione che in diagnosi siano sufficientemente omogenei e che rispecchino in maniera univoca la fase di processo che si va ad analizzare.

L'attività svolta ha visto il coinvolgimento e contributo delle rispettive associazioni di categoria, in particolare ASSOFOND per il settore delle fonderie, UTILITALIA per il settore dell'incenerimento dei rifiuti e FARMINDUSTRA per quello dell'industria farmaceutica.

Il confronto con le associazioni di categoria è risultato fondamentale definire in maniera chiara i processi analizzati andando ad individuare i corretti limiti di batteria. L'individuazione degli indici di secondo livello si scontra con le difficoltà oggettive legate alla eterogeneità dei processi produttivi ed a un campione dati a volte non sufficiente a caratterizzarli, in alcuni inficiando il raggiungimento dei risultati auspicati.

## 5.1. Fonderie Industriali

L'industria italiana della Fonderia è costituita ad oggi (Figura 6) da più di mille imprese che realizzano una produzione annua di 2 milioni di tonnellate generando complessivamente un fatturato intorno ai 6,6 miliardi di euro dando lavoro a oltre 28.000 persone [29]. All'export è destinato il 42% in peso della produzione, che rappresenta in valore oltre il 64% del fatturato.

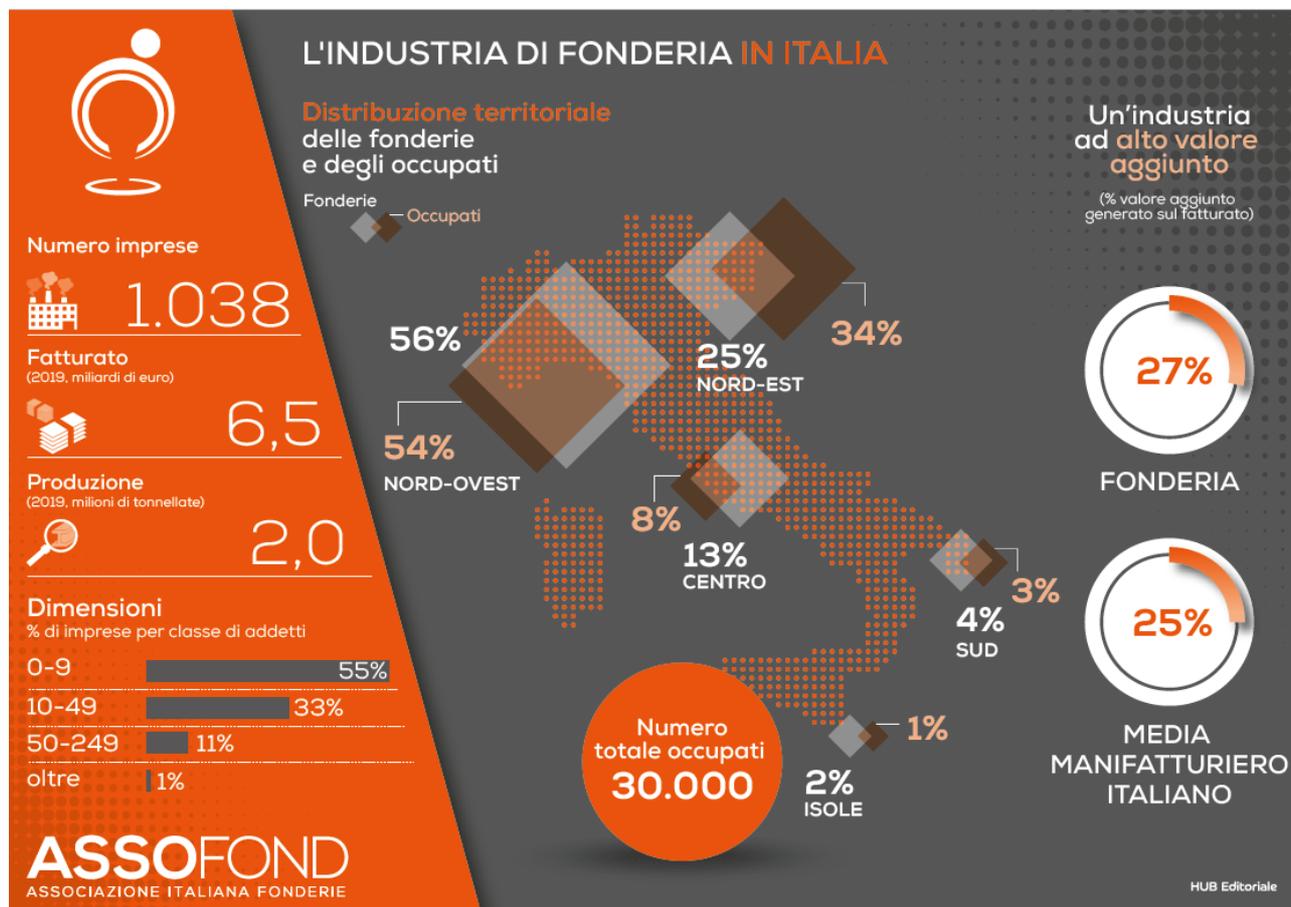


Figura 6 - L'industria di fonderia in Italia [Istat, Assofond 2019]

Il comparto è composto quasi esclusivamente da PMI a conduzione familiare: soltanto l'1% delle imprese supera i 250 dipendenti.

Come mostrato in Figura 7 le fonderie di metalli non ferrosi sono molto più numerose rispetto a quelle di metalli ferrosi (843 vs. 176 secondo gli ultimi dati disponibili di fonte ISTAT, Anno 2019[29]), ma queste ultime sono decisamente più grandi: il fatturato medio è infatti di 11,9 milioni di euro contro 5,3 milioni di euro.

Il comparto è storicamente molto sviluppato nelle regioni del Nord Italia, dove ha sede circa l'80% delle fonderie. Particolarmente significativo è il dato della provincia di Brescia, vero e proprio distretto italiano delle fonderie, con quasi 200 aziende e 7.000 addetti.

La struttura del Settore è costituita principalmente da imprese di piccola/media dimensione che forniscono circa 350.000 imprese industriali, costituite a loro volta principalmente da piccole e medie imprese. Il 70% della produzione è realizzata da imprese che operano in conto terzi, su specifiche tecniche e disegno del committente ed è destinato ad un mercato molto ampio che spazia dai mezzi di trasporto, all'industria motoristica, alle costruzioni meccaniche, all'edilizia, alla siderurgia, ai componenti per la produzione di energia, all'industria aeronautica, all'industria biomedica ed a numerosi altri impieghi. Il restante 30% è costituito da prodotti cosiddetti "a catalogo", realizzati su disegno della Fonderia e dalla stessa immessi sul mercato. Alcuni esempi sono costituiti dai radiatori per riscaldamento, dai tubi per acquedotto, dai raccordi per distribuzione gas, dalle ruote in lega leggera per auto, moto e scooters. Grazie alle notevoli capacità di innovazione, sviluppate in questi anni dalle Imprese, la fusione dei metalli rappresenta oggi una tecnologia

insostituibile per moderne industrie committenti. La possibilità di utilizzare una vasta gamma di leghe ferrose e non ferrose, la piena libertà progettuale nella realizzazione delle forme, fanno della tecnologia della fusione una soluzione ideale per realizzare pezzi da pochi grammi a oltre 100 tonnellate di peso unitario con caratteristiche meccaniche ai più elevati standard.

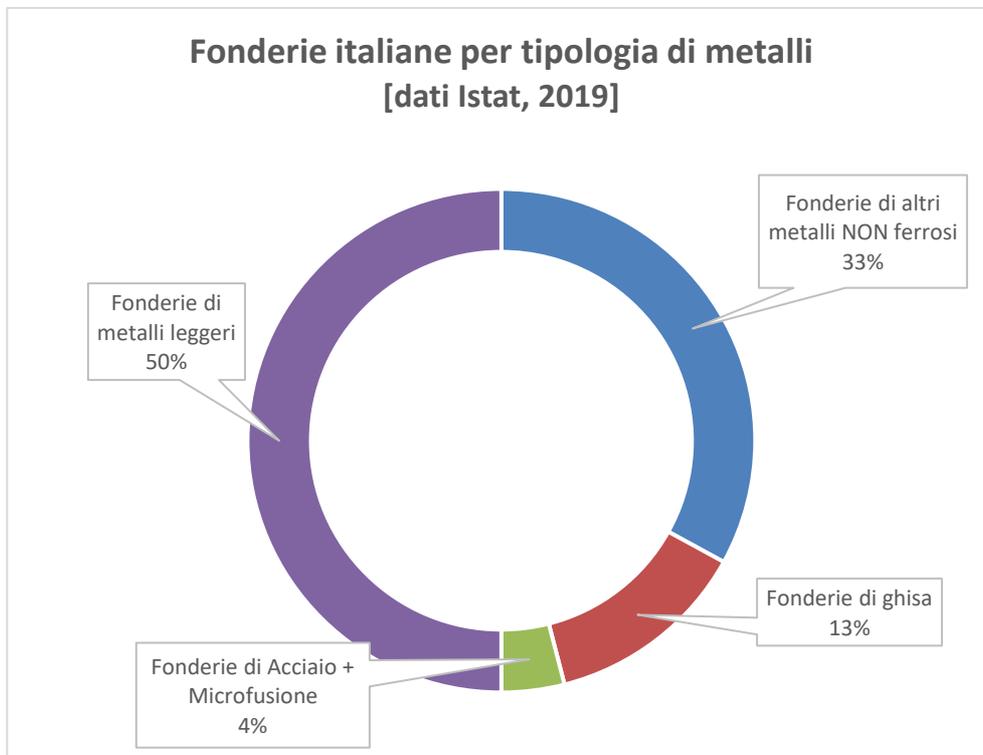


Figura 7 - Distribuzione delle fonderie italiane per tipologia di metalli trattati [Rapporto di sostenibilità Assofond, 2019]

Le fonderie possono essere classificate in relazione al tipo di lega metallica prodotta e sulla base delle tecniche utilizzate per la formatura dei getti (Figura 8).

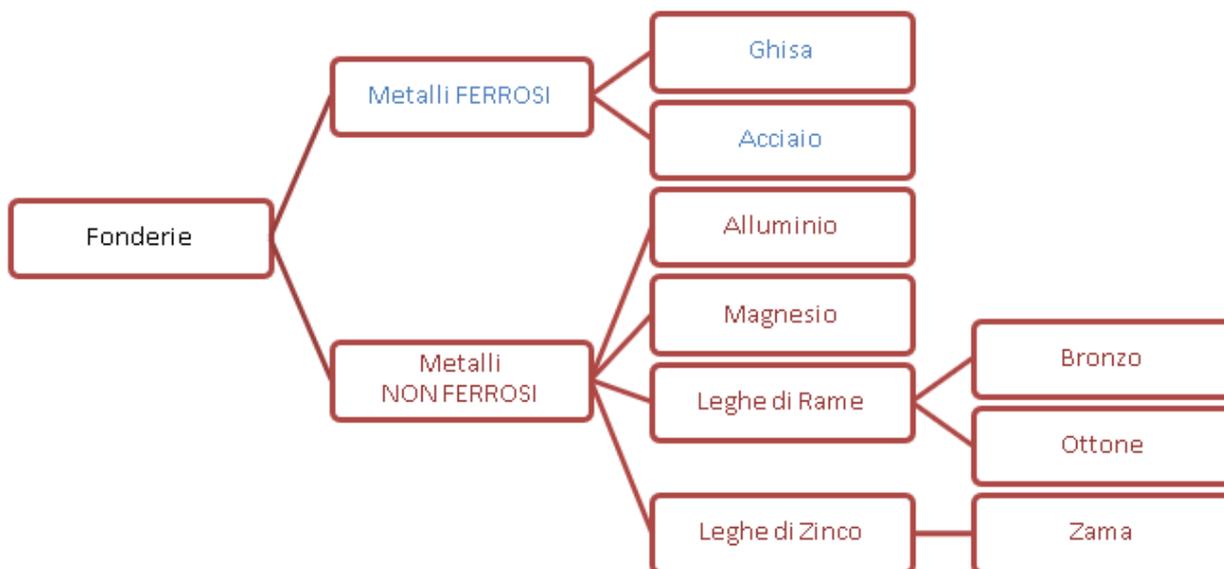


Figura 8 - Le possibili combinazioni sistemi di formatura/colata

L'industria di fonderia è un comparto molto diversificato, costituito da imprese con caratteristiche dimensionali e tipologie di impianti molto varia, ciascuna delle quali presenta una combinazione di tecnologie e singole fasi produttive definite in funzione del tipo di metallo in entrata (ferroso o non ferroso), del tipo di

prodotti realizzati dall'impianto specifico e dalla quantità (serie) dei pezzi prodotti e del tipo di processo utilizzato per realizzare il getto: formatura "a perdere" in terra o formatura in "forma permanente".

### 5.1.1. Il processo di fonderia

Mediante il processo attuato nella fonderia è possibile realizzare una serie di prodotti metallici – ferrosi e non ferrosi - finiti (denominati fusioni o getti), con caratteristiche fisiche, metallurgiche e dimensionali ben definite, colando direttamente il metallo allo stato fuso in una opportuna forma, lasciandolo poi solidificare e raffreddare.

Le fasi produttive realizzate in Fonderia per ottenere un getto, sono numerose e tra loro correlate secondo una successione sequenziale; tali fasi possono essere tuttavia, ricondotte, in estrema sintesi, a quattro principali aree (Figura 9):

- i. **AREA FUSORIA:** dove vengono effettuate le attività di preparazione della lega metallica fusa (fase di fusione).
- ii. **AREA DI FORMATURA:** dove vengono svolte le attività di preparazione delle forme.
- iii. **AREA DI COLATA:** dove il metallo liquido è versato all'interno delle forme.
- iv. **AREA DI FINITURA:** dove il getto, dopo la solidificazione e l'estrazione dalla forma, viene sottoposto ad attività di finitura (smaterozzatura, granigliatura, sbavatura, trattamenti termici, lavorazioni meccaniche) finalizzate a conferire al getto le sue caratteristiche di forma e struttura metallurgica finali.



Figura 9 - Le principali fasi del processo di fonderia con formatura "a perdere" in sabbia

Tipicamente le Fonderie sono classificate sia rispetto al tipo di lega metallica elaborata (ferrosa o non ferrosa) che rispetto al tipo di formatura utilizzato (formatura con "forma a perdere" o formatura in "forma permanente") (Figura 10).

Da un punto di vista tecnologico, le specializzazioni produttive operate condizionano le scelte tecnico-impiantistiche e le scelte in merito ai processi che vengono utilizzati. Oltre al tipo di lega metallica elaborata e al sistema di realizzazione delle forme, le scelte sui tipi di impianti e sui processi adottate sono condizionate dal mercato cui la fonderia si rivolge in termini di specializzazione della produzione (tipo di getti, massa unitaria, consistenza della produzione: fusioni di serie o di pezzi in numero limitato).

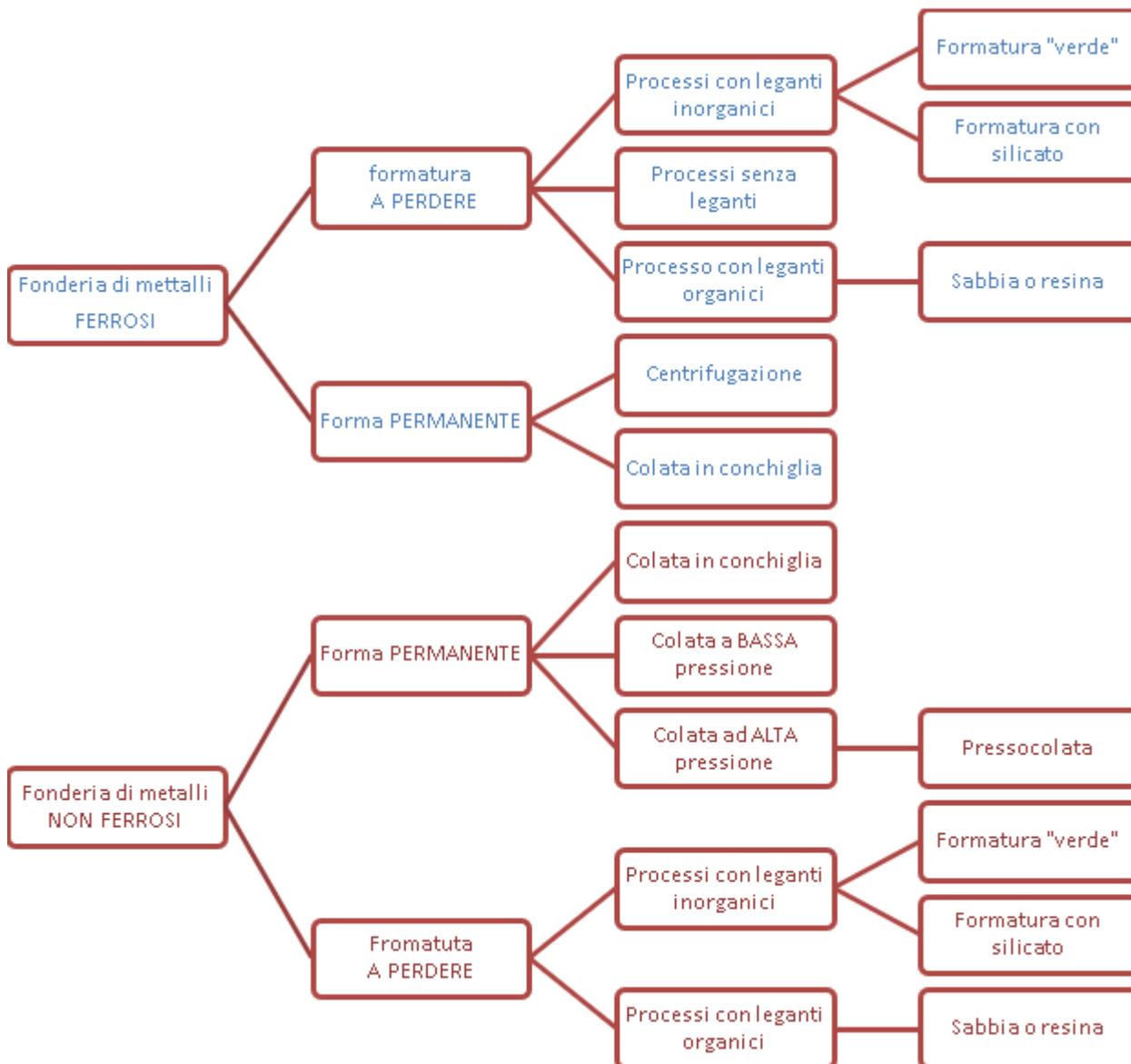


Figura 10 - Settore della fonderia: specializzazioni della produzione

### 5.1.1.1. Il ciclo produttivo nelle fonderie con forme a perdere

Nel sistema di formatura di tipo “a perdere” - utilizzato nella maggior parte delle fonderie di metalli ferrosi - ciascuna forma viene utilizzata una sola volta e distrutta al momento dell'estrazione del getto; la forma è realizzata con sabbie silicee, opportunamente miscelate con leganti e/o additivi che conferiscono loro le proprietà necessarie per consentire le operazioni di formatura. Durante la fase di formatura, viene predisposta l'impronta che riproduce in negativo la geometria esterna del pezzo da realizzare; tale impronta si ottiene costipando la terra di formatura, contenuta all'interno di un telaio metallico denominato staffa, contro un modello che ha la forma del pezzo da ottenere. Per potere consentire l'estrazione del modello dall'impronta, la forma è predisposta divisa in due mezze parti (forma inferiore e forma superiore). Qualora il pezzo da ottenere presenti delle cavità interne, si ricorre all'impiego delle anime, ossia di altre parti di forma preparate in apposite fasi produttive, impiegando materiali analoghi a quelli utilizzati per le forme (sabbie e leganti); le anime riproducono in negativo la geometria interna del getto. Queste, successivamente, vengono posizionate all'interno dell'impronta in una delle due mezze forme (ramolaggio), sulla quale viene poi accoppiata l'altra. La forma così completata è pronta per ricevere il metallo liquido nella fase di colata attraverso le canalizzazioni, appositamente realizzate nella forma; esso andrà a riempire gli interspazi

esistenti tra l'impronta e le anime<sup>3</sup>. Trascorso il tempo necessario per la solidificazione ed il raffreddamento del getto ottenuto, la forma viene distrutta nell'operazione di distaffatura, ed il pezzo separato dalla terra (fase di sterratura). Nelle fasi di finitura il getto viene separato dalle parti metalliche costituenti il sistema di colata (canali e attacchi di colata) e di alimentazione (materozze); a seguire vengono effettuate le operazioni di granigliatura per eliminare i residui di sabbia rimasti attaccati al getto, e quella di sbavatura e molatura per l'asportazione di eventuali bave metalliche. Sui getti grezzi possono essere effettuati trattamenti termici per conferire al getto prodotto caratteristiche strutturali e tecnologiche specifiche. I controlli di qualità concludono il ciclo produttivo di un getto.

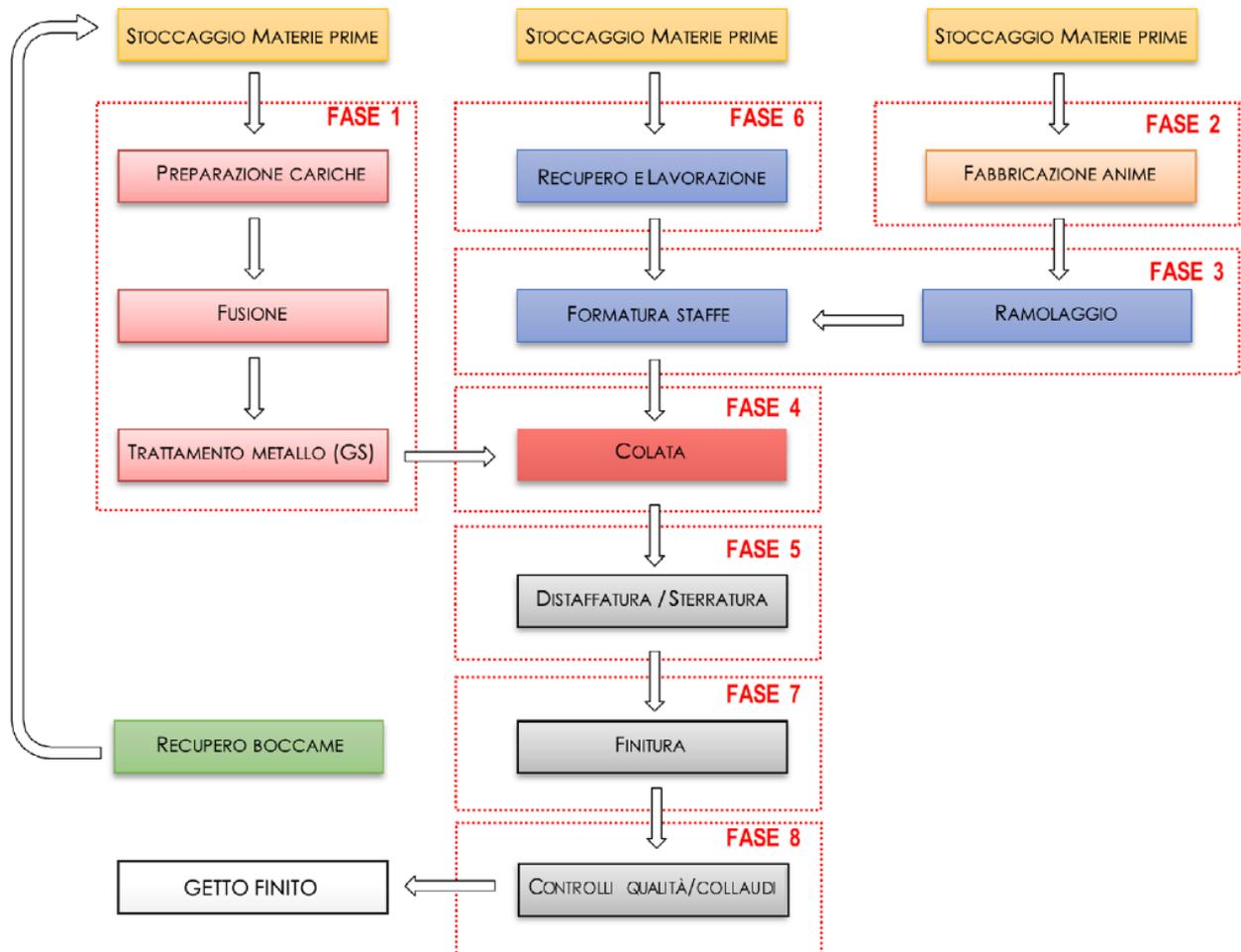


Figura 11 - Schema a blocchi del processo di fonderia con formatura "a perdere" in sabbia

Riepilogando, in una Fonderia con sistema di formatura "a perdere" le principali fasi attraverso le quali si realizza il processo produttivo sono le seguenti (Figura 11):

- FASE 1: Preparazione delle Cariche, Fusione ed Elaborazione del metallo.
- FASE 2: Produzione delle anime.
- FASE 3: Formatura e ramolaggio.
- FASE 4: Colata.
- FASE 5: Distaffatura e sterratura.
- FASE 6: Recupero e preparazione delle terre.
- FASE 7: Finitura.
- FASE 8: Controlli di qualità e collaudi.

<sup>3</sup> Come scrisse nel 1540 il Biringuccio nel suo volume De la Pirotechnia: "... nella forma ogni vacuo rende il pieno et ogni pieno rende il vacuo, secondo l'esser del modello"

Il ciclo produttivo si completa con alcune attività sussidiarie, a monte del processo di fabbricazione, connesse con la gestione delle attrezzature di produzione (modelli e casse d'anima). Nello Schema a Blocchi seguente è rappresentato il processo appena descritto.

### 5.1.1.2. Il ciclo produttivo nelle fonderie con forme permanenti

Nel sistema di formatura di tipo in "forma permanente", quest'ultima è sostanzialmente costituita da uno stampo metallico mediante il quale possono essere realizzati numerosi pezzi (da qualche centinaio a milioni di pezzi); nelle fonderie che impiegano tale tipo di formatura le tecnologie ed i relativi impianti si differenziano sulla base del sistema utilizzato per la colata del metallo nella forma:

- per gravità in conchiglia statica o in conchiglia posta in rotazione (centrifugazione) utilizzabile per leghe ferrose e non ferrose;
- a bassa pressione o ad alta pressione (pressocolata), utilizzate prevalentemente per produzione di getti in leghe non ferrose.

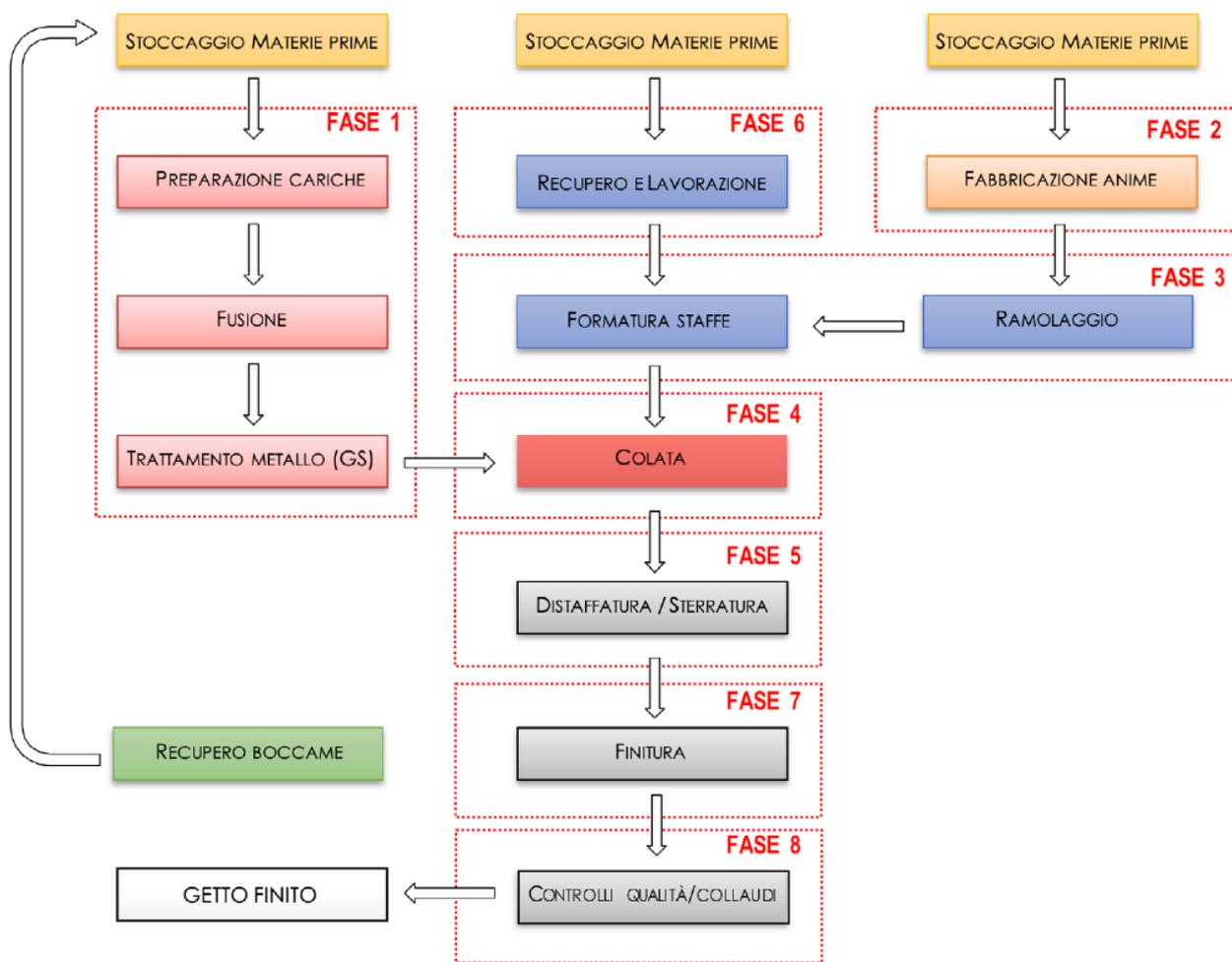


Figura 12 - Fonderie con forma permanente: schema a blocchi del processo produttivo

Queste le fasi attraverso le quali si realizza un getto mediante il sistema di formatura in forma permanente (Figura 12):

- FASE 1: Fusione ed Elaborazione del metallo.
- FASE 2: Attrezzaggio conchigliatrici e/o macchine pressocolata, Posizionamento delle anime, Chiusura stampo.
- FASE 3: Colata / Presso colata.
- FASE 4: Estrazione del getto.

- FASE 5: Finitura.
- FASE 6: Trattamenti termici.
- FASE 7: Controlli di qualità.

Il ciclo produttivo si completa con alcune attività sussidiarie quali quelle connesse con la gestione delle attrezzature di produzione (conchiglie, stampi), e le attività di manutenzione di macchine ed impianti. Nello Schema a Blocchi seguente è rappresentato il processo appena descritto.

### 5.1.2. Risultanze delle diagnosi energetiche per le fonderie di metalli ferrosi – ATECO 24.51 e ATECO 24.52

Nel presente capitolo si riporta l'analisi e l'elaborazione dei dati contenuti nelle diagnosi relative alle fonderie di **metalli ferrosi**.

Le diagnosi energetiche pervenute ad ENEA alla scadenza del 5 dicembre 2019 relative alle fonderie di metalli ferrosi sono state complessivamente 98. Di queste:

- 79 diagnosi afferenti o riconducibili al codice ATECO 24.51.00 - Fusione di ghisa e produzione di tubi e raccordi in ghisa;
- 20 diagnosi sono afferenti al codice ATECO 24.52.00 – Fusione di acciaio.

#### 5.1.2.1. Ripartizione dei consumi ed indici di prestazione energetica

Nei capitoli successivi relativi alle risultanze delle analisi svolte per i metalli ferrosi sono trattate separatamente le fonderie di ghisa da quelle di acciaio. In particolare, per ciascun capitolo vengono forniti:

- ✓ la ripartizione media dei consumi energetici (totali e per tipologia di vettore energetico, ad es.: energia elettrica ed energia termica) tra le differenti aree funzionali e/o reparti;
- ✓ l'analisi degli Indici di Prestazione Energetica generale (IPEg) o di primo livello valutando prima la relazione tra il vettore energetico (Energia Totale, Elettrica e Termica) e la destinazione uso (tipicamente la produzione netta dello stabilimento) e successivamente i valori di IPE medio con i relativi: campo di esistenza, deviazione standard e livello di affidabilità;
- ✓ l'analisi degli Indici di Prestazione Energetica specifici (IPEs) o di secondo livello valutando, cioè viene presentata per i diversi reparti principali dello stabilimento (dove possibile in base ai dati estrapolabili dalle diagnosi energetiche) sia un'analisi di correlazione tra consumo e destinazione d'uso specifica che i valori di IPE medio con i relativi: campo di esistenza, deviazione standard e livello di affidabilità.

#### 5.1.2.2. Fonderie di ghisa

Le diagnosi relative alle fonderie di ghisa sono state analizzate e suddivise in cluster omogenei sulla base della tipologia di forno utilizzato e del tipo di formatura. Anche grazie al supporto dell'associazione di categoria e degli esperti del settore, si sono individuati 4 cluster (Tabella 9).

Tabella 9 - Suddivisione delle diagnosi relative alla produzione di ghisa in cluster omogenei

Cluster	Tipologia di forno fusorio	Formatura
A	Elettrico	Sabbia/Resina
B	Elettrico	A verde
C	Cubilotto	A verde
D	Rotativo	A verde

5.1.2.2.1. Distribuzione dei consumi

La distribuzione percentuale dei consumi Elettrici e Termici per le fonderie di ghisa è riportata in Figura 13. Come è evidente dalla figura per i cluster A e B il consumo è prevalentemente elettrico, l'energia elettrica rappresenta infatti circa l'84% dei consumi finali totali per il cluster A e l'86% per il cluster B. Per i cluster C e D, invece, la presenza dei forni a cubilotto e rotativi fa sì che il consumo sia prevalentemente termico. La percentuale di consumo termico è pari al 78% per il cluster C e al 63% per il cluster D. Nei siti produttivi in cui si utilizzano forni rotativi è necessario, infatti, anche l'utilizzo di forni elettrici di mantenimento per la fase di colata.

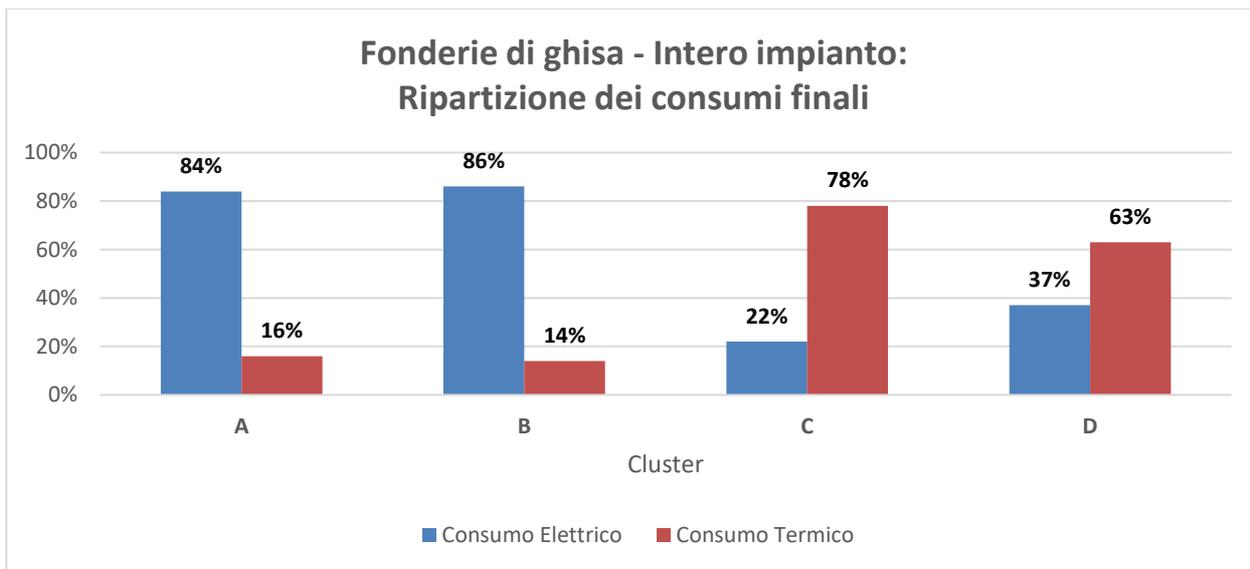


Figura 13 - Fonderie di ghisa: ripartizione dei consumi finali intero ciclo produttivo

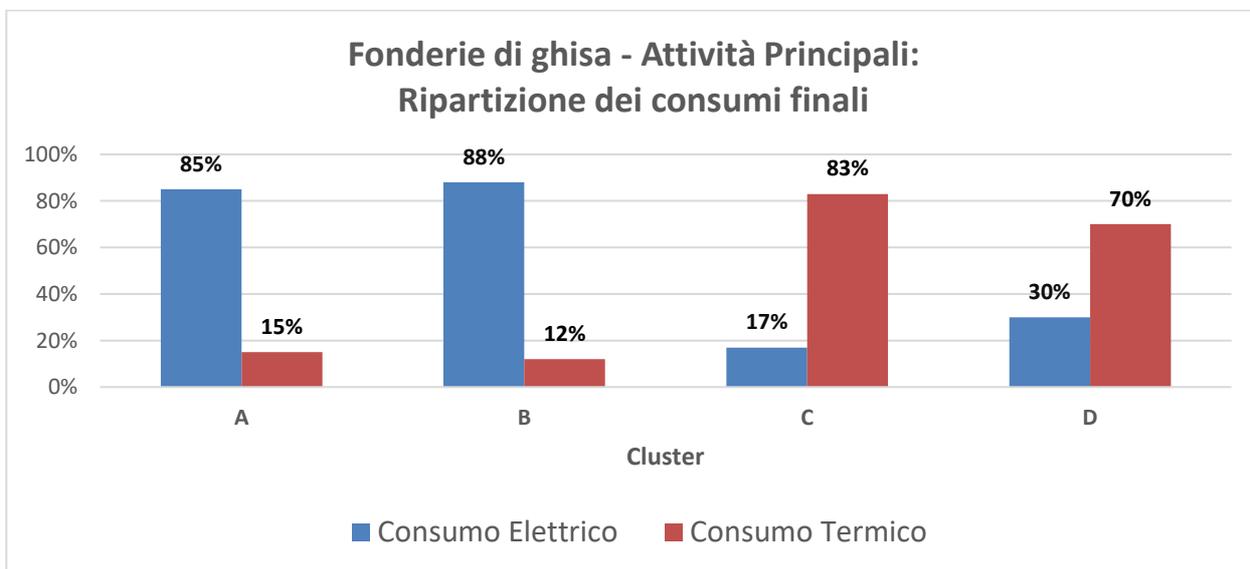


Figura 14 - Fonderie di ghisa: ripartizione dei consumi finali attività principali

La distribuzione percentuale dei consumi Elettrico e Termico per le Attività principali è mostrata in Figura 14 e segue gli andamenti già analizzati nella figura precedente.

In Figura 15 è, invece, mostrata la distribuzione del consumo Elettrico nelle 3 Aree funzionali, dalla quale si evince come per tutti i cluster il consumo di energia elettrica è prevalentemente attribuibile alle attività principali con percentuali che variano dall'81% (cluster A) al 66% (cluster D) seguite dai Servizi Generali (dal 28% al 13%). La percentuale di consumo Elettrico dei Servizi Ausiliari ricopre la percentuale più bassa (dal 13% al 3%).

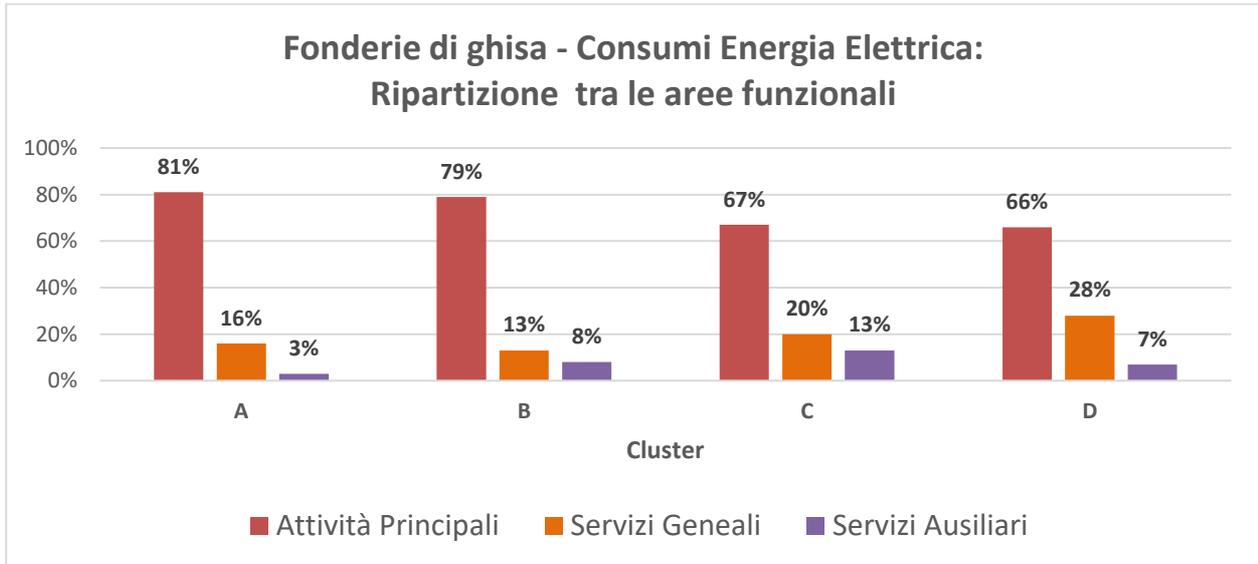


Figura 15 - Fonderie di ghisa: ripartizione consumi di EE tra le aree funzionali

La Figura 16 mostra la ripartizione dei consumi finali di energia termica tra le diverse aree funzionali. Come avviene per l'energia elettrica anche l'energia termica è principalmente utilizzata per le attività principali con percentuali più alte nei cluster C (88%) e D (89%) poiché si utilizzano forni rotativi e a cubilotto. L'energia termica è poi utilizzata per i Servizi Generali con percentuali variabili dal 25% al 6% e solo piccole percentuali di consumo termico sono attribuibili ai servizi ausiliari.

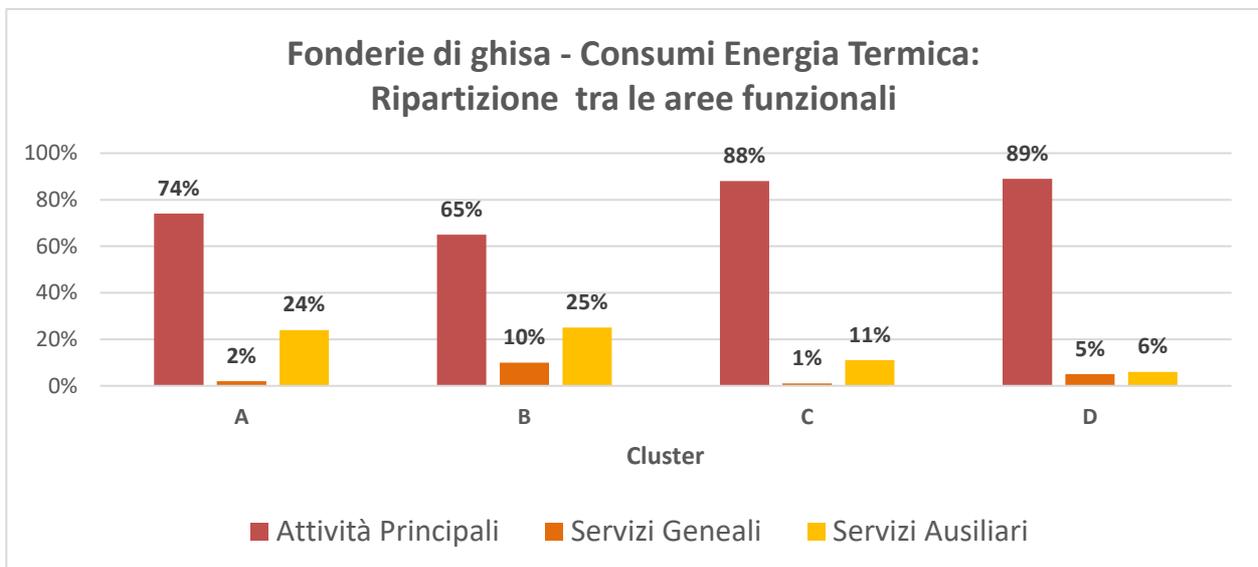


Figura 16 - Fonderie di ghisa: ripartizione dei consumi termici tra le diverse aree funzionali

Il mix di combustibili utilizzati per produrre l'energia termica è diverso in funzione del cluster e quindi principalmente in funzione della tipologia di forni fusori utilizzati nel sito produttivo. Come mostrato nella Figura 17 per i cluster A, B e D l'energia termica è ottenuta prevalentemente da gas naturale con piccole percentuali di gasolio, utilizzato prevalentemente per la movimentazione delle merci e percentuali trascurabili di GPL. Per il cluster C invece l'86% dell'energia termica utilizzata nel sito è ottenuta dalla combustione del Coke di Fonderia nei forni fusori a cubilotto. Il resto dell'energia termica, utilizzata prevalentemente per i Servizi Generali e Ausiliari è invece ottenuta da Gas Naturale (circa il 13%).

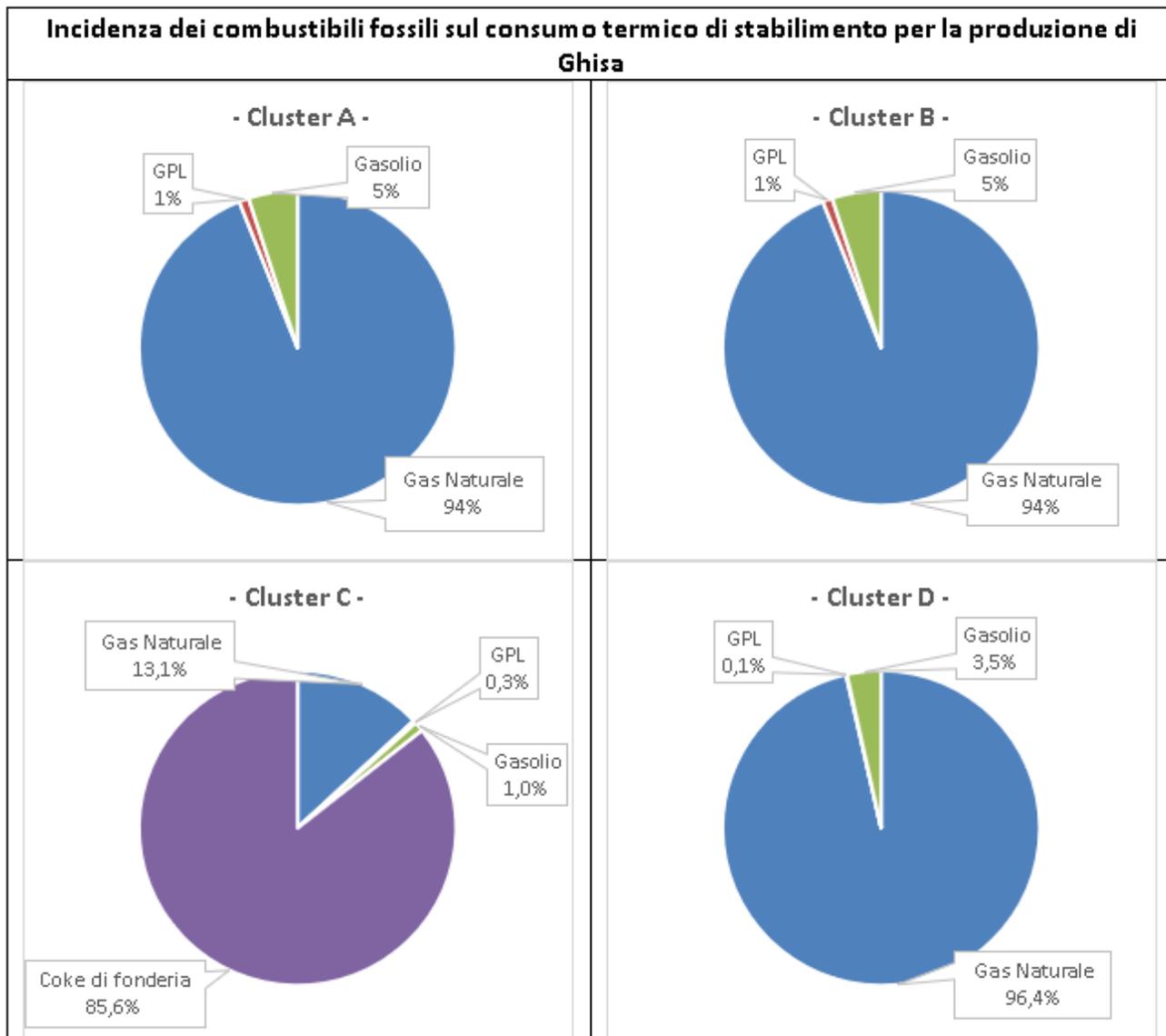


Figura 17 - Incidenza dei combustibili fossili sul consumo termico di stabilimento in fonderie di Ghisa in funzione del cluster di appartenenza

Nella Tabella 10 si riporta, infine, la distribuzione percentuale dei consumi totali tra le diverse fasi del processo e i principali servizi ausiliari. L’analisi dei dati contenuti nelle diagnosi ha evidenziato come i consumi delle imprese del settore siano concentrati, relativamente alle attività principali, sulle fasi di fusione e formatura e, per quanto riguarda i servizi ausiliari, i consumi “rilevanti” si concentrino sulla produzione di aria compressa e sugli impianti di aspirazione. Ulteriori consumi sono attribuibili principalmente ad eventuali forni di attesa, trattamenti termici e di finitura ed ai servizi generali.

Tabella 10 - Fonderie di ghisa: distribuzione percentuale dei consumi totali tra i diversi centri di consumo

Cluster	Tipologia di forno fusorio	Tipologia Formatura	Centri di consumo prevalenti				
			Fusione	Formatura	Produzione Aria Compressa	Impianti Aspirazione	Altro
A	Elettrico	Sabbia/Resina	57%	5%	3%	7%	28%
B	Elettrico	A verde	61%	4%	3%	6%	26%
C	Cubilotto	A verde	66%	5%	5%	3%	21%
D	Rotativo	A verde	48%	4%	4%	5%	39%

Ricordando la definizione riportata nel capitolo relativo alla metodologia per Indice di Prestazione Energetica (IPE) di primo livello si intende l'indice calcolato considerando o l'energia totale consumata o quella riferita ai singoli vettori energetici rispetto ad un parametro caratteristico di produzione (ed. tonnellate, metri quadri, etc.). Ai fini del presente lavoro questo indice verrà pertanto calcolato considerando il consumo Totale, quello Elettrico e quello Termico (quest'ultimo considerando tutti i vettori energetici utilizzati per la produzione di energia termica). Gli IPE di primo livello, cioè individuati a livello di stabilimento, sono stati suddivisi nei quattro cluster riportati nella Tabella 9.

5.1.2.2.2.1. Cluster A: Siti produttivi con forni elettrici e formatura in sabbia-resina

In questo capitolo vengono riportati i risultati ottenuti per la determinazione degli IPE di stabilimento (Totale, Elettrico e Termico) considerando i siti in cui si effettua la fusione di ghisa con forni elettrici e formatura in sabbia resina. Come destinazione d'uso è stata considerata la produzione annua netta espressa in t. Le rette di regressione ricavate dall'elaborazione dei dati di consumo elettrico, termico e totale in funzione della produzione sono mostrate in Figura 18.

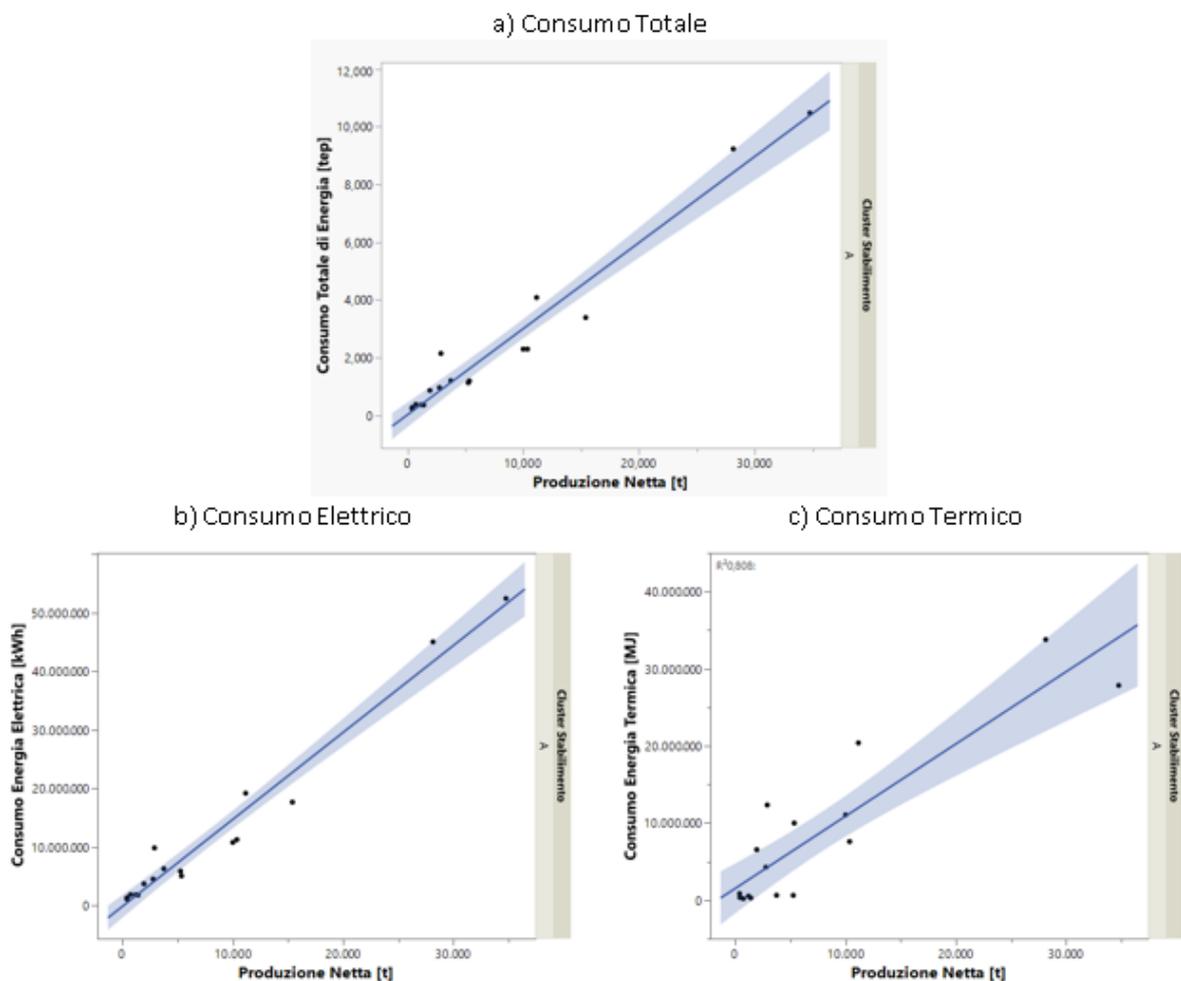


Figura 18 - Fonderie di ghisa- Cluster A: analisi di regressione tra i consumi Totali, Elettrici e Termici di sito e la produzione netta

I parametri statistici e le equazioni delle rette di regressione ottenute per i differenti vettori energetici (Consumo Totale, Elettrico e Termico) e illustrati nella Figura 18 sono riportati sinteticamente in Tabella 11.

Tabella 11 - Fonderie di Ghisa – Cluster A (forni elettrici e formatura in sabbia-resina): parametri analisi di regressione tra consumo Totale, Elettrico e Termico e Produzione netta

<b>Fonderie di Ghisa - Cluster A - Forni elettrici e formatura in sabbia-resina</b>					
<b>Rette di Regressione Consumo Totale[tep] vs Produzione netta[t]</b>					
Consumo Etot [tep]= 18,12 + 0,2984 * Produzione netta [t] Int Confidenza > 99%					
	R <sup>2</sup>	R	P <sub>value</sub>	R <sub>crit (bidirezionale)</sub> α=0,05	R <sub>crit (bidirezionale)</sub> α=0,01
<b>Consumo Totale [tep/t]</b>	0,95	0,974	<0,0001	0,455	0,5751
<b>Rette di Regressione Consumo Elettrico[kWh] vs Produzione netta[t]</b>					
Consumo EE [kWh]= -81.156 + 1.484 * Produzione netta [t] Int Confidenza > 99%					
	R <sup>2</sup>	R	P <sub>value</sub>	R <sub>crit (bidirezionale)</sub> α=0,05	R <sub>crit (bidirezionale)</sub> α=0,01
<b>Consumo Elettrico [kWh/t]</b>	0,965	0,982	<0,0001	0,455	0,5751
<b>Rette di Regressione Consumo Termico[MJ] vs Produzione netta[t]</b>					
Consumo Eth [MJ]= 1.535.756 + 9.363 * Produzione netta [t] Int Confidenza > 99%					
	R <sup>2</sup>	R	P <sub>value</sub>	R <sub>crit (bidirezionale)</sub> α=0,05	R <sub>crit (bidirezionale)</sub> α=0,01
<b>Consumo Termico [MJ/t]</b>	0,808	0,898	<0,0001	0,468	0,589

L'equazione della retta relativa al consumo elettrico di sito presenta intercetta negativa, ma con un'incidenza molto bassa nel campo di esistenza della produzione del campione dati. Il valore dell'intercetta presenta tuttavia un p-value piuttosto alto (0,9299) per cui sarebbero necessari ulteriori dati per rendere più significativo il valore. Le rette di regressione presentano una buona correlazione (R<sup>2</sup> >0,8).

In Tabella 12 si riportano inoltre gli IPE medi relativi al consumo Totale, Elettrico e Termico con le relative deviazioni standard per specifici intervalli di produzione annua. Gli IPE medi calcolati presentano un livello di affidabilità medio tranne per l'IPE termico dove il livello di affidabilità risulta essere basso.

Tabella 12 - Fonderie di ghisa – Cluster A (forni elettrici e formatura in sabbia-resina): IPE medi di stabilimento

<b>Fonderie di Ghisa -Cluster A - Forni elettrici e formatura in sabbia-resina</b>				
<b>IPE Totale</b>				
<b>Campo variazione Produzione netta</b>		<b>IPE</b>	<b>Affidabilità</b>	
<b>Min</b>	<b>Max</b>			
<b>t</b>	<b>t</b>	<b>tep/t</b>	<b>Coefficiente di Variazione</b>	<b>Livello di affidabilità</b>
400	3.700	0,484 ± 0,176	36%	<b>MEDIO</b>
3.701	35.000	0,269 ± 0,059	22%	<b>MEDIO</b>
<b>IPE Elettrico</b>				

Campo variazione Produzione netta		IPE	Affidabilità	
Min	Max		Coefficiente di Variazione	Livello di affidabilità
t	t	kWh/t		
400	3.700	2.356 ± 847	36%	<b>MEDIO</b>
3.701	35.000	1.325 ± 301	23%	<b>MEDIO</b>
IPE Termico				
Campo variazione Produzione netta		IPE	Affidabilità	
Min	Max		Coefficiente di Variazione	Livello di affidabilità
t	t	MJ/t		
400	35.000	1.085 ± 801	73%	<b>BASSO</b>

#### 5.1.2.2.2. Cluster B: Siti produttivi con forni elettrici e formatura a verde

In questo capitolo vengono riportati i risultati ottenuti per la determinazione degli IPE di stabilimento (Totale, Elettrico e Termico) considerando i siti in cui si effettua la fusione di ghisa con forni elettrici e formatura a verde. Come destinazione d'uso è stata considerata la produzione annua netta espressa in tonnellate.

Le rette di regressione ricavate dall'elaborazione dei dati di consumo Totale, Elettrico e Termico in funzione della produzione sono mostrate in Figura 19.

I parametri statistici e le equazioni delle rette di regressione ottenute e mostrate nella figura precedente sono riportati nella Tabella 13. Le rette di regressione ottenute presentano una buona correlazione ( $R^2 > 0,9$ ), tuttavia l'intercetta risulta essere negativa, questa situazione viene avvalorata da un p-value riferito all'intercetta, piuttosto alto (p-value\_intercetta = 0,449 per il consumo elettrico, 0,568 per il consumo termico, 0,431 per il consumo totale), il che ci porta a considerare che probabilmente il numero dei dati a disposizione non è sufficiente a rendere sufficientemente significativo il valore.

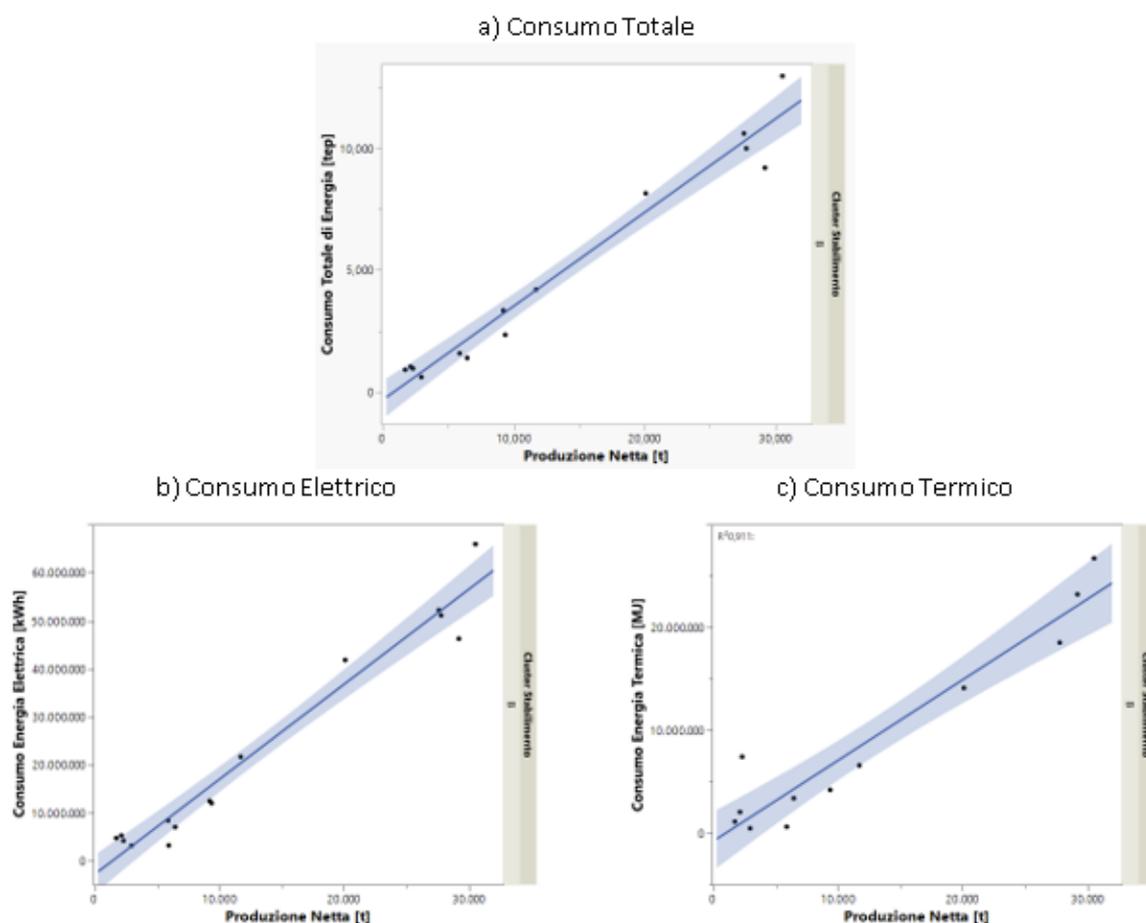


Figura 19 - Fonderie di ghisa- Cluster B: analisi di regressione tra i consumi Totali, Elettrici e Termici di sito e la produzione netta

Tabella 13 - Fonderie di Ghisa – Cluster B (forni elettrici e formatura a verde): parametri analisi di regressione tra consumo Totale, Elettrico e Termico e produzione netta

Fonderie di Ghisa - Cluster B – Forni elettrici e formatura a verde					
Rette di Regressione Consumo Totale[tep] vs Produzione netta[t]					
Consumo Etot [tep]= -326 + 0,384 * Produzione netta [t]					
Int Confidenza > 99%					
	R <sup>2</sup>	R	P <sub>value</sub>	R <sub>crit</sub> (bidirezionale) α=0,05	R <sub>crit</sub> (bidirezionale) α=0,01
<b>Consumo Totale [tep/t]</b>	0,962	0,98	<0,0001	0,4683	0,5987
Rette di Regressione Consumo Elettrico[kWh] vs Produzione netta[t]					
Consumo EE [kWh]= -2.810.602 + 1.979 * Produzione netta [t]					
Int Confidenza > 99					
	R <sup>2</sup>	R	P <sub>value</sub>	R <sub>crit</sub> (bidirezionale) α=0,05	R <sub>crit</sub> (bidirezionale) α=0,01
<b>Consumo Elettrico [kWh/t]</b>	0,960	0,979	<0,0001	0,4683	0,5987
Rette di Regressione Consumo Termico[MJ] vs Produzione netta[t]					
Consumo Eth [MJ]= -755.904 + 784 * Produzione netta [t]					
Int Confidenza > 99%					
	R <sup>2</sup>	R	P <sub>value</sub>	R <sub>crit</sub> (bidirezionale) α=0,05	R <sub>crit</sub> (bidirezionale) α=0,01
<b>Consumo Termico [MJ/t]</b>	0,911	0,954	<0,0001	0,5324	0,6614

In Tabella 14 vengono riportati i valori dei relativi IPE medi che presentano un livello di affidabilità medio-alto ad eccezione dell'IPE termico che per bassi volumi produttivi presenta un'affidabilità bassa.

Tabella 14 - Fonderie di ghisa – Cluster B (forni elettrici e formatura a verde): IPE medi di stabilimento

Fonderie di Ghisa - Cluster B – Forni elettrici e formatura a verde				
IPE Totale				
Campo variazione Produzione netta		IPE	Affidabilità	
Min	Max			
t	t	tep/t	Coefficiente di Variazione	Livello di affidabilità
1.700	6.400	0,38 ± 0,13	34%	<b>MEDIO</b>
6.401	31.000	0,33 ± 0,07	21%	<b>MEDIO</b>
IPE Elettrico				
Campo variazione Produzione netta		IPE	Affidabilità	
Min	Max			
t	t	kWh/t	Coefficiente di Variazione	Livello di affidabilità
1.700	11.800	1.532 ± 700	45%	<b>MEDIO</b>
11.801	31.000	1.900 ± 203	11%	<b>ALTO</b>
IPE Termico				
Campo variazione Produzione netta		IPE	Affidabilità	
Min	Max			
t	t	MJ/t	Coefficiente di Variazione	Livello di affidabilità
1.700	11.800	639 ± 590	92%	<b>BASSO</b>
11.801	31.000	721 ± 119	16%	<b>ALTO</b>

#### 5.1.2.2.2.3. Cluster C: Siti produttivi con forno a cubilotto e formatura a verde

In questo capitolo vengono riportati i risultati ottenuti per la determinazione degli IPE di stabilimento (Totale, Elettrico e Termico) per i siti del Cluster C, cioè, quelli in cui si effettua la fusione di ghisa con forni a cubilotto e formatura a verde. Come destinazione d'uso è stata considerata la produzione annua netta espressa in tonnellate. Le rette di regressione ricavate dall'elaborazione dei dati di consumo Totale, Elettrico e Termico in funzione della produzione netta sono mostrate in Figura 20 mentre nella Tabella 15 sono riassunte le equazioni ed i parametri statistici delle analisi di regressione effettuate.

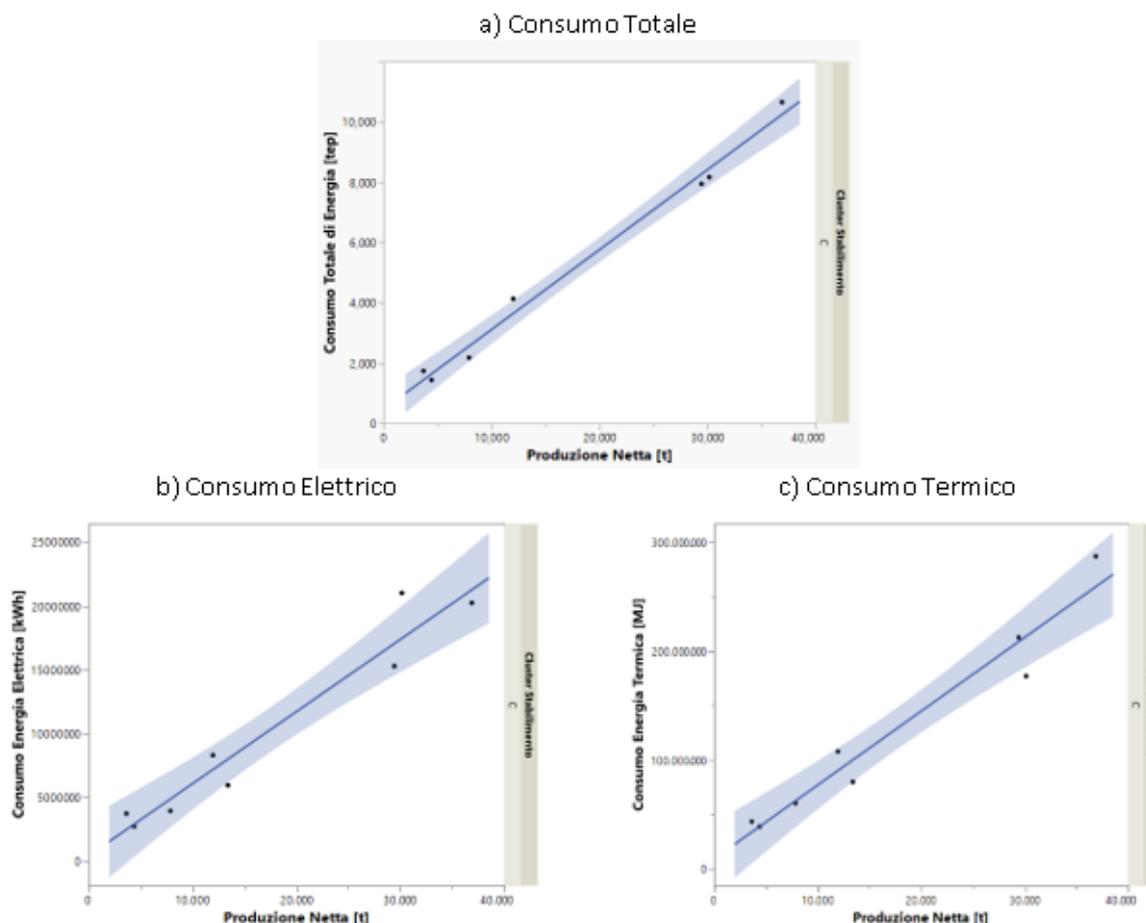


Figura 20 - Fonderie di ghisa- Cluster C: analisi di regressione tra i consumi Totali, Elettrici e Termici di sito e la produzione netta

Tabella 15 - Fonderie di Ghisa – Cluster C (forni a cubilotto e formatura a verde): parametri analisi di regressione tra consumo Totale, Elettrico e Termico e produzione netta

<b>Fonderie di Ghisa - Cluster C – Forni a cubilotto e formatura a verde</b>					
<b>Rette di Regressione Consumo Totale[tep] vs Produzione netta[t]</b>					
Consumo Etot [tep]= 474,4 + 0,265 * Produzione netta [t] Int Confidenza > 99%					
	R <sup>2</sup>	R	P <sub>value</sub>	R <sub>crit</sub> (bidirezionale) α=0,05	R <sub>crit</sub> (bidirezionale) α=0,01
Consumo Totale [tep/t]	0,975	0,987	<0,0001	0,6319	0,7646
<b>Rette di Regressione Consumo Elettrico[kWh] vs Produzione netta[t]</b>					
Consumo EE [kWh]= 418.567 + 565 * Produzione netta [t] Int Confidenza > 99%					
	R <sup>2</sup>	R	P <sub>value</sub>	R <sub>crit</sub> (bidirezionale) α=0,05	R <sub>crit</sub> (bidirezionale) α=0,01
Consumo Elettrico [kWh/t]	0,938	0,968	<0,0001	0,6319	0,7646
<b>Rette di Regressione Consumo Termico[MJ] vs Produzione netta[t]</b>					
Consumo Eth [MJ]= 8.990.599 + 6.800 * Produzione netta [t] Int Confidenza > 99%					
	R <sup>2</sup>	R	P <sub>value</sub>	R <sub>crit</sub> (bidirezionale) α=0,05	R <sub>crit</sub> (bidirezionale) α=0,01
Consumo Termico [MJ/t]	0,949	0,974	<0,0001	0,6319	0,7646

Le rette di regressione ottenute presentano una buona correlazione ( $R^2 > 0,93$ ) e gli IPE medi hanno un livello di affidabilità medio-alto come mostrato in Tabella 16.

Tabella 16 - Fonderie di ghisa – Cluster C (forni a cubilotto e formatura a verde): IPE medi di stabilimento

Fonderie di Ghisa -Cluster C – Forni a cubilotto e formatura a verde				
IPE Totale				
Campo variazione Produzione netta		IPE	Affidabilità	
Min	Max			
t	t	tep/t	Coefficiente di Variazione	Livello di affidabilità
3.600	37.000	0,323 ± 0,07	22%	<b>MEDIO</b>
IPE Elettrico				
Campo variazione Produzione netta		IPE	Affidabilità	
Min	Max			
t	t	kWh/t	Coefficiente di Variazione	Livello di affidabilità
3.600	37.000	631 ± 153	24%	<b>MEDIO</b>
IPE Termico				
Campo variazione Produzione netta		IPE	Affidabilità	
Min	Max			
t	t	MJ/t	Coefficiente di Variazione	Livello di affidabilità
3.600	37.000	7.393 ± 856	11%	<b>ALTO</b>

#### 5.1.2.2.2.4. Cluster D: Siti produttivi con forni rotativi e formatura a verde

In questo capitolo vengono riportati i risultati ottenuti per la determinazione degli IPE di stabilimento (Totale, Elettrico e Termico) considerando i siti in cui si effettua la fusione di ghisa con forni rotativi e formatura a verde (Cluster D). Come destinazione d'uso è stata considerata la produzione annua netta espressa in tonnellate. Rispetto ai tre Cluster analizzati in precedenza in questo, come mostrato in Figura 21, è stato possibile ricavare le rette di regressione solo per il consumo Totale e per quello Termico in funzione della produzione netta. Infatti, i dati relativi al consumo elettrico presentano un'elevata eterogeneità non correlata con i livelli di produzione.

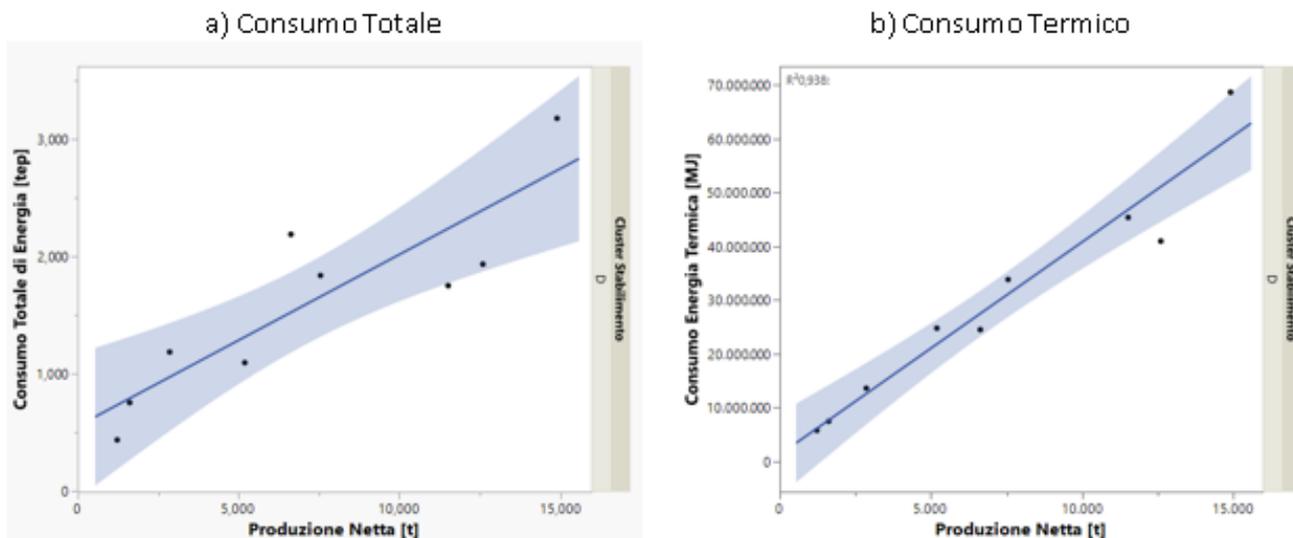


Figura 21 - Fonderie di ghisa- Cluster D (forni rotativi e formatura a verde): analisi di regressione tra i consumi Totali e Termici di sito e la produzione netta

Nella Tabella 17, sono riassunte le equazioni ed i parametri statistici ottenuti dall’analisi di regressione, come si può osservare le equazioni ottenute presentano una buona correlazione ( $R^2 > 0,87$ ).

Tabella 17 - Fonderie di Ghisa – Cluster D (forni rotativi e formatura a verde): parametri analisi di regressione tra consumo termico e totale e produzione

Fonderie di Ghisa - Cluster D – Forni rotativi e formatura a verde					
Rette di Regressione Consumo Totale[tep] vs Produzione netta[t]					
Consumo Etot [tep]= 555 + 0,146 * Produzione netta [t] Int Confidenza > 99%					
	R <sup>2</sup>	R	P <sub>value</sub>	R <sub>crit (bidirezionale)</sub> α=0,05	R <sub>crit (bidirezionale)</sub> α=0,01
<b>Consumo Totale [tep/t]</b>	0,874	0,934	<0,0001	0,6319	0,7646
Rette di Regressione Consumo Termico[MJ] vs Produzione netta[t]					
Consumo Eth [MJ]= 1.312.758 + 3.951*Produzione netta [t] Int Confidenza > 99%					
	R <sup>2</sup>	R	P <sub>value</sub>	R <sub>crit (bidirezionale)</sub> α=0,05	R <sub>crit (bidirezionale)</sub> α=0,01
<b>Consumo Termico [MJ/t]</b>	0,938	0,968	<0,0001	0,6021	0,7348

Per quanto riguarda la determinazione degli IPE medi, è stato possibile individuarli oltre che per il consumo Totale e Termico anche per quello Elettrico, ma mentre per il consumo Totale e Termico il livello di affidabilità è medio alto, per quello elettrico il livello di affidabilità, come aspettato, dell’IPE elettrico risulta essere basso, in Tabella 18 sono riportati i risultati ottenuti.

Tabella 18 - Fonderie di ghisa – Cluster D (forni rotativi e formatura a verde): IPE medi di stabilimento

Fonderie di Ghisa - Cluster D – Forni rotativi e formatura a verde
IPE Totale

Campo variazione Produzione netta		IPE	Affidabilità	
Min	Max			
t	t	tep/t	Coefficiente di Variazione	Livello di affidabilità
1.200	15.000	0,283 ± 0,11	38%	<b>MEDIO</b>
IPE Elettrico				
Campo variazione Produzione netta		IPE	Affidabilità	
Min	Max			
t	t	kWh/t	Coefficiente di Variazione	Livello di affidabilità
1.200	15.000	957 ± 579	60%	<b>BASSO</b>
IPE Termico				
Campo variazione Produzione netta		IPE	Affidabilità	
Min	Max			
t	t	MJ/t	Coefficiente di Variazione	Livello di affidabilità
1.200	15.000	4.130 ± 692	16%	<b>ALTO</b>

#### 5.1.2.2.3. IPE di Secondo Livello per le Attività Principali

In questa sezione verranno illustrati gli **Indici di Prestazione Energetica specifici** o **di secondo livello (IPEs)** relativi alle Attività Principali, in particolare verranno analizzate le fasi di fusione e formatura nei siti relativi alle fonderie di ghisa.

#### 5.1.2.2.4. Fase di Fusione

Per quanto riguarda gli IPE della fase di fusione essi sono stati suddivisi in 3 cluster sulla base della tipologia principale di forni utilizzata all'interno dello stabilimento:

- I. Forno Elettrico;
- II. Forno a Cubilotto;
- III. Forno Rotativo.

Come destinazione d'uso è stata considerata la **produzione annua lorda** espressa in t, mentre il consumo è stato espresso in kilowattora, tonnellate di coke di fonderia o standard metri cubi di gas naturale a seconda che si tratti rispettivamente di forni elettrici, a cubilotto o rotativi.

Per tutte le tipologie di forni viene presentata un'analisi di regressione tra consumo e produzione lorda. In Figura 22, sono rappresentati i grafici relativi all'analisi di regressione svolta, ed in Tabella 19 sono riassunti i parametri statistici e le equazioni delle rette di regressione ottenute e mostrate in Figura 22.

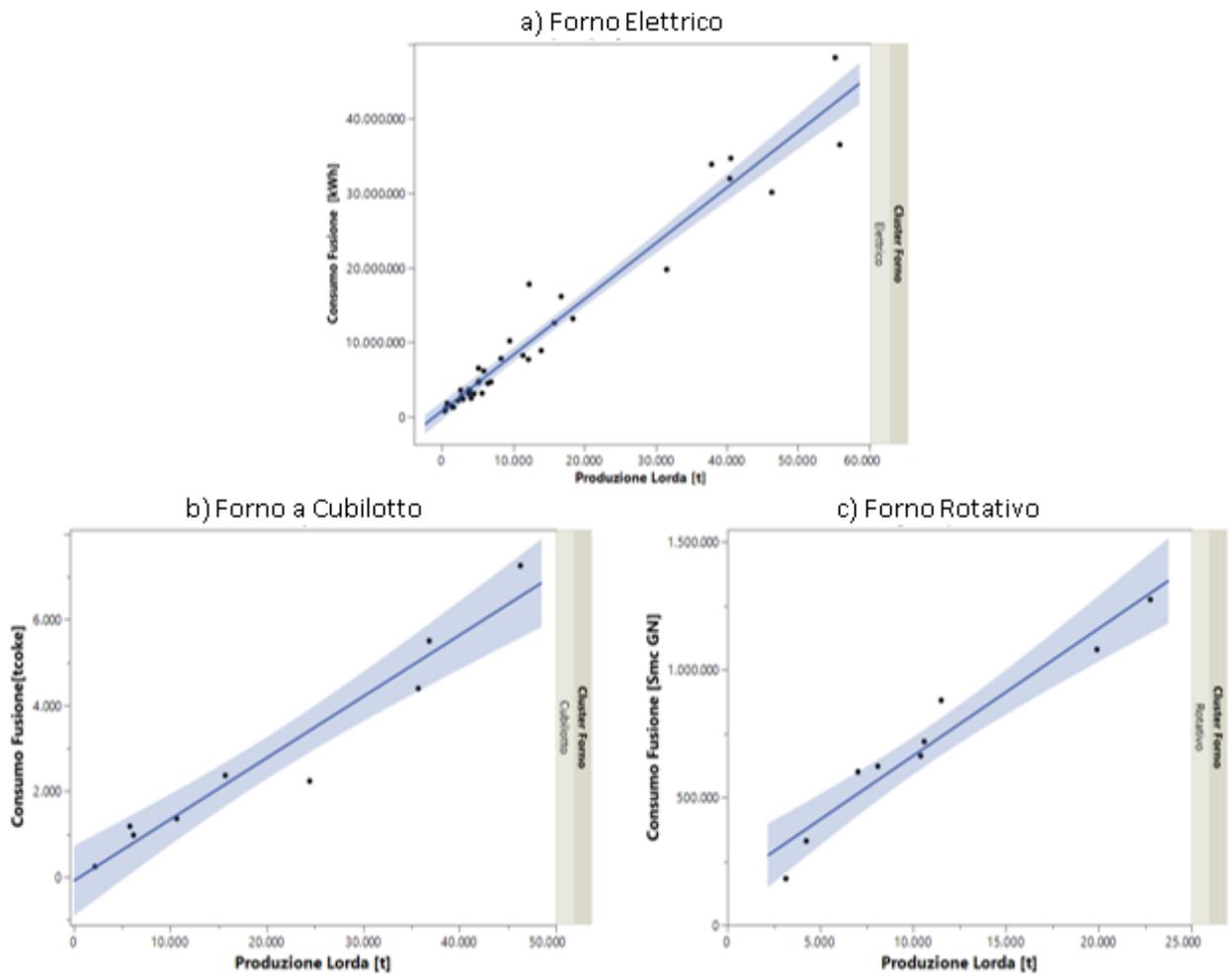


Figura 22 – Fonderie Ghisa - Analisi di regressione per le differenti tipologie di forni presenti negli stabilimenti tra il loro consumo energetico e la produzione lorda di ghisa [t]. I grafici rappresentano: in figura a) forni elettrici il cui consumo prevalente è elettrico [kWh]; in figura b) forni a cubilotto il cui consumo prevalente è relativo al coke di fonderia [t]; in figura c) forni rotativi il cui consumo prevalente è Gas Naturale [Smc GN]

Le rette di regressione riportate in Tabella 19 presentano una buona correlazione ( $R^2 > 0,93$ ), tuttavia l'equazione della retta relativa al consumo di coke di fonderia per i forni a cubilotto presenta intercetta negativa. Il valore dell'intercetta presenta infatti un p-value piuttosto alto ( $p\text{-value}_{intercetta} = 0,787$ ) il che ci porta a considerare che probabilmente il numero dei dati a disposizione non è sufficiente a rendere sufficientemente significativo il valore.

Tabella 19 - Fonderie di ghisa - Fase fusione: equazione e parametri statistici analisi di regressione tra consumo energetico e produzione lorda.

Fonderie di Ghisa – FASE DI FUSIONE –					
Forni ELETTRICI: Rette di Regressione Consumo Elettrico[kWh] vs Produzione lorda[t]					
Consumo EE [kWh]= 763.357 + 750 * Produzione lorda [t]					
Int Confidenza > 99%					
	$R^2$	R	P <sub>value</sub>	$R_{crit}$ (bidirezionale) $\alpha=0,05$	$R_{crit}$ (bidirezionale) $\alpha=0,01$

<b>Consumo Elettrico [kWh/t<sub>lorde</sub>]</b>	0,951	0,975	<0,0001	0,3044	0,3932
<b>Forni CUBILOTTI: Rette di Regressione Consumo Coke Fonderia[t] vs Produzione lorda[t]</b>					
Consumo Coke Fonderia [t]= -97 + 0,1435 * Produzione lorda [t] Int Confidenza > 99%					
	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R</b>	<b>P<sub>value</sub></b>	<b>R<sub>crit (bidirezionale)</sub> α=0,05</b>	<b>R<sub>crit (bidirezionale)</sub> α=0,01</b>
<b>Consumo Coke Fonderia [t/t<sub>lorde</sub>]</b>	0,940	0,969	<0,0001	0,6319	0,7646
<b>Forni ROTATIVI: Rette di Regressione Consumo GN[Sm<sup>3</sup>] vs Produzione lorda[t]</b>					
Consumo Gas Naturale [Sm <sup>3</sup> ]= 163.495 + 50 * Produzione lorda [t] Int Confidenza > 99%					
	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R</b>	<b>P<sub>value</sub></b>	<b>R<sub>crit (bidirezionale)</sub> α=0,05</b>	<b>R<sub>crit (bidirezionale)</sub> α=0,01</b>
<b>Consumo Gas Naturale [Sm<sup>3</sup>/t<sub>lorde</sub>]</b>	0,936	0,967	<0,0001	0,6319	0,7646

Per quanto riguarda gli IPE medi, come è possibile riscontrare in Tabella 20, presentano un livello di affidabilità medio-alto all'interno del campo di esistenza della produzione lorda analizzato.

Tabella 20 - Fonderie di ghisa - Fase fusione: IPE medi di secondo livello per le tre tipologie di forni: Elettrici, Cubilotto e Rotativi

<b>Fonderie di Ghisa – FASE DI FUSIONE –</b>				
<b>IPE Forni ELETTRICI: Consumo elettrico [kWh]/Produzione lorda [t]</b>				
<b>Campo variazione Produzione lorda</b>		<b>IPE</b>	<b>Affidabilità</b>	
<b>Min</b>	<b>Max</b>			
<b>t</b>	<b>t</b>	<b>kWh/t<sub>lorde</sub></b>	<b>Coefficiente di Variazione</b>	<b>Livello di affidabilità</b>
390	2.200	1.639 ± 732	44%	<b>MEDIO</b>
2.201	55.000	857 ± 217	25%	<b>MEDIO</b>
<b>IPE Forni a CUBILOTTI: Consumo coke fonderia [t]/Produzione lorda [t]</b>				
<b>Campo variazione Produzione lorda</b>		<b>IPE</b>	<b>Affidabilità</b>	
<b>Min</b>	<b>Max</b>			
<b>t</b>	<b>t</b>	<b>t<sub>coke</sub>/t<sub>lorde</sub></b>	<b>Coefficiente di Variazione</b>	<b>Livello di affidabilità</b>
2.200	46.000	0,145 ± 0,033	22%	<b>MEDIO</b>
<b>IPE Forni ROTATIVI: Consumo gas naturale [Sm<sup>3</sup>]/Produzione lorda [t]</b>				
<b>Campo variazione Produzione lorda</b>		<b>IPE</b>	<b>Affidabilità</b>	
<b>Min</b>	<b>Max</b>			
<b>t</b>	<b>t</b>	<b>Sm<sup>3</sup>/t<sub>lorde</sub></b>	<b>Coefficiente di Variazione</b>	<b>Livello di affidabilità</b>
3.100	23.000	67,3 ± 11,5	17%	<b>ALTO</b>

5.1.2.2.4.1. Fase di Formatura

Come per l’analisi degli IPE di secondo livello relativi alla fase di fusione anche per la formatura sono stati individuati tre cluster specifici per la tecnologia di formatura principale utilizzata all’interno dello stabilimento:

- formatura in Sabbia resina;
- formatura a verde;
- formatura mista.

A differenza della fase di fusione in questo caso come destinazione d’uso viene considerata la **produzione annua netta espressa in t**, mentre come vettore energetico il consumo di questa fase è principalmente legato al consumo di energia elettrica [kWh].

L’analisi dei dati ha mostrato una scarsa correlazione tra consumo elettrico e produzione netta, pertanto, non sono riportate le analisi di correlazione, in quanto poco significative.

Tuttavia, sono riportati i valori di IPE medio per le fasi di formatura a verde e in sabbia resina (Tabella 21). Per la formatura mista, avendo intrinsecamente un forte aleatorietà dovuta alle differenti incidenze del mix utilizzato non è possibile elaborare un IPE medio affidabile.

Tabella 21 - Fonderie di ghisa: IPE medi fase di formatura

Fonderie di Ghisa – FASE DI FORMATURA –				
IPE Formatura in SABBIA RESINA: Consumo elettrico [kWh]/Produzione netta [t]				
Campo variazione Produzione netta		IPE	Affidabilità	
Min	Max			
t	t	kWh/t <sub>netto</sub>	Coefficiente di Variazione	Livello di affidabilità
400	12.000	78 ± 65	83%	<b>BASSO</b>
IPE Formatura in TERRA VERDE: Consumo elettrico [kWh]/Produzione netta [t]				
Campo variazione Produzione netta		IPE	Affidabilità	
Min	Max			
t	t	kWh/t <sub>netto</sub>	Coefficiente di Variazione	Livello di affidabilità
1.200	3.000	195 ± 33	16%	<b>ALTO</b>
3.001	50.000	85 ± 34	40%	<b>MEDIO</b>

5.1.2.2.5. IPE di Secondo Livello per i Servizi Ausiliari

Gli IPE di II livello sono stati calcolati anche per le principali attività ausiliarie di cui sono disponibili sufficienti dati dalle diagnosi energetiche. In particolare, sono stati analizzati i consumi di energia elettrica relativi alla produzione di aria compressa e all'impianto di aspirazione.

#### 5.1.2.5.1. Produzione di Aria Compressa

Per quanto riguarda l'analisi dei consumi relativi alla produzione di aria compressa va preliminarmente detto che i dati forniti attraverso le diagnosi energetiche non hanno permesso un'analisi dei consumi energetici correlati alla produzione di aria prodotta [Sm<sup>3</sup>], pertanto in questo capitolo viene presentata un'analisi dei consumi correlata al valore della produzione netta di ghisa. Pertanto, per determinare degli Indici di prestazione energetica caratteristici si è deciso di valutarli sulla base dei quattro Cluster precedentemente definiti.

Nella figura seguente (Figura 23) sono riportate le rette di regressione relative alla produzione di aria compressa per i siti appartenenti ai 4 cluster. Tuttavia, per quanto riguarda il Cluster D (forno rotativo con formatura a verde) non è possibile determinare una correlazione lineare tra il consumo elettrico e la produzione netta di ghisa. I risultati ed i parametri statistici dell'analisi sono riportati nella Tabella 22.

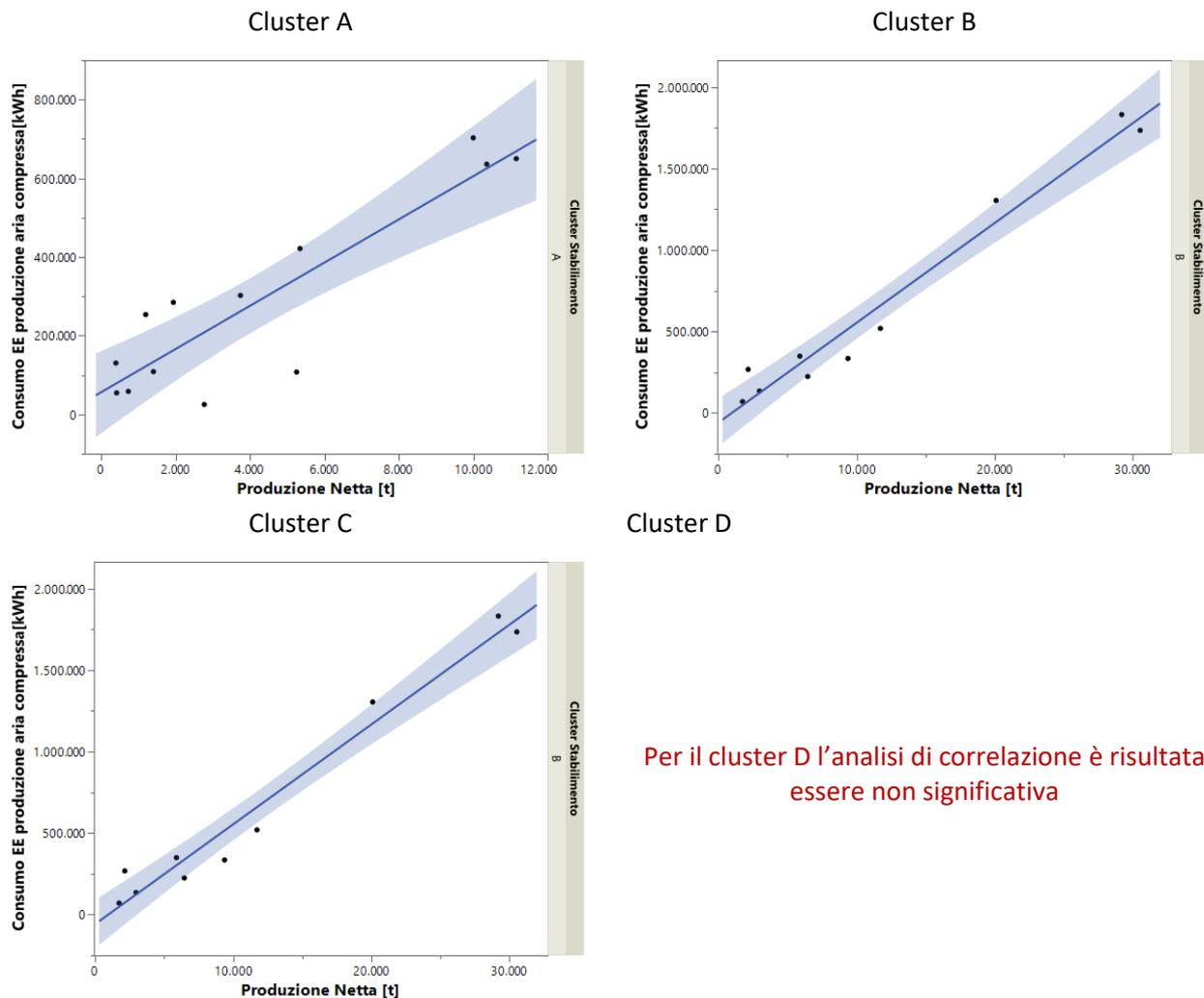


Figura 23 – Fonderie Ghisa, Analisi di regressione tra il consumo elettrico [kWh] per la produzione di Aria compressa e la produzione netta [t] valutata per le quattro tipologie di cluster (paragrafo 5.1.2.2)

Le rette di regressione ottenute presentano una buona correlazione ( $R^2 > 0,79$ ) ad eccezione del cluster C, mentre, l'equazione della retta di regressione relativa alla produzione di aria compressa per il Cluster B presenta intercetta negativa. Il valore dell'intercetta presenta infatti un p-value piuttosto alto (p-value intercetta = 0,4020) il che ci porta a considerare che probabilmente il numero dei dati a disposizione non è sufficiente a rendere sufficientemente significativo il valore.

Tabella 22 - Fonderie di ghisa - Produzione aria compressa: parametri analisi di regressione

Fonderie di Ghisa – Produzione Aria Compressa –					
Cluster A: Rette di Regressione Consumo Elettrico[kWh] vs Produzione netta[t]					
Consumo EE [kWh]= 56.966 + 55 * Produzione netta [t] Int Confidenza > 99%					
	R <sup>2</sup>	R	P <sub>value</sub>	R <sub>crit (bidirezionale)</sub> α=0,05	R <sub>crit (bidirezionale)</sub> α=0,01
Consumo Elettrico [kWh/t <sub>nette</sub> ]	0,797	0,892	<0,0001	0,5140	0,6411
Cluster B: Rette di Regressione Consumo Elettrico[kWh] vs Produzione netta[t]					
Consumo EE [kWh]= -56.669 + 61 * Produzione netta [t] Int Confidenza > 99%					
	R <sup>2</sup>	R	P <sub>value</sub>	R <sub>crit (bidirezionale)</sub> α=0,05	R <sub>crit (bidirezionale)</sub> α=0,01
Consumo Elettrico [kWh/t <sub>nette</sub> ]	0,966	0,982	<0,0001	0,5760	0,7079
Cluster C: Rette di Regressione Consumo GN[Sm <sup>3</sup> ] vs Produzione lorda[t]					
Consumo EE [kWh]= 199.310 + 65,7 * Produzione netta [t] 95%< Int Confidenza <99%					
	R <sup>2</sup>	R	P <sub>value</sub>	R <sub>crit (bidirezionale)</sub> α=0,05	R <sub>crit (bidirezionale)</sub> α=0,01
Consumo Elettrico [kWh/t <sub>nette</sub> ]	0,55	0,741	0,0002	0,6664	0,7977

Anche i valori degli IPE medi determinati presentano un livello di affidabilità medio-basso come mostrato in Tabella 23, possono tuttavia fornire un primo riferimento per valutare il consumo medio del settore/cluster.

Tabella 23 - Fonderie di ghisa - IPE produzione aria compressa in funzione della produzione netta di Ghisa

Fonderie di Ghisa – Produzione Aria Compressa –				
IPE produzione aria compressa Cluster A: Consumo elettrico [kWh]/Produzione netta [t]				
Campo variazione Produzione netta		IPE	Affidabilità	
Min	Max		Coefficiente di Variazione	Livello di affidabilità
t	t	kWh/t <sub>nette</sub>		
400	11.000	86 ± 56	65%	<b>BASSO</b>
IPE produzione aria compressa Cluster B: Consumo elettrico [kWh]/Produzione netta [t]				
Campo variazione Produzione netta		IPE	Affidabilità	

Min	Max			
t	t	kWh/t <sub>nette</sub>	Coefficiente di Variazione	Livello di affidabilità
1.700	31.000	49 ± 12	24%	<b>MEDIO</b>
<b>IPE produzione aria compressa Cluster C: Consumo elettrico [kWh]/Produzione netta [t]</b>				
Campo variazione Produzione netta		IPE	Affidabilità	
Min	Max			
t	t	kWh/t <sub>nette</sub>	Coefficiente di Variazione	Livello di affidabilità
3.600	30.000	90 ± 45	50%	<b>MEDIO</b>
<b>IPE produzione aria compressa Cluster D: Consumo elettrico [kWh]/Produzione netta [t]</b>				
Campo variazione Produzione netta		IPE	Affidabilità	
Min	Max			
t	t	kWh/t <sub>nette</sub>	Coefficiente di Variazione	Livello di affidabilità
1.200	13.000	72 ± 51	70%	<b>BASSO</b>

#### 5.1.2.2.5.2. Consumo impianti di Aspirazione

Come per l'analisi dei consumi energetici relativi alla produzione di aria compressa, anche per quelli relativi agli impianti di aspirazione viene presentata un'analisi dove i consumi vengono analizzati rispetto alla produzione netta di ghisa. Pertanto, come nel caso precedente per determinare degli Indici di prestazione energetica caratteristici si è deciso di valutarli sulla base dei quattro Cluster già definiti precedentemente. Nella Figura 24 sono riportate le rette di regressione relative ai consumi energetici negli impianti di aspirazione per i siti appartenenti ai quattro Cluster.

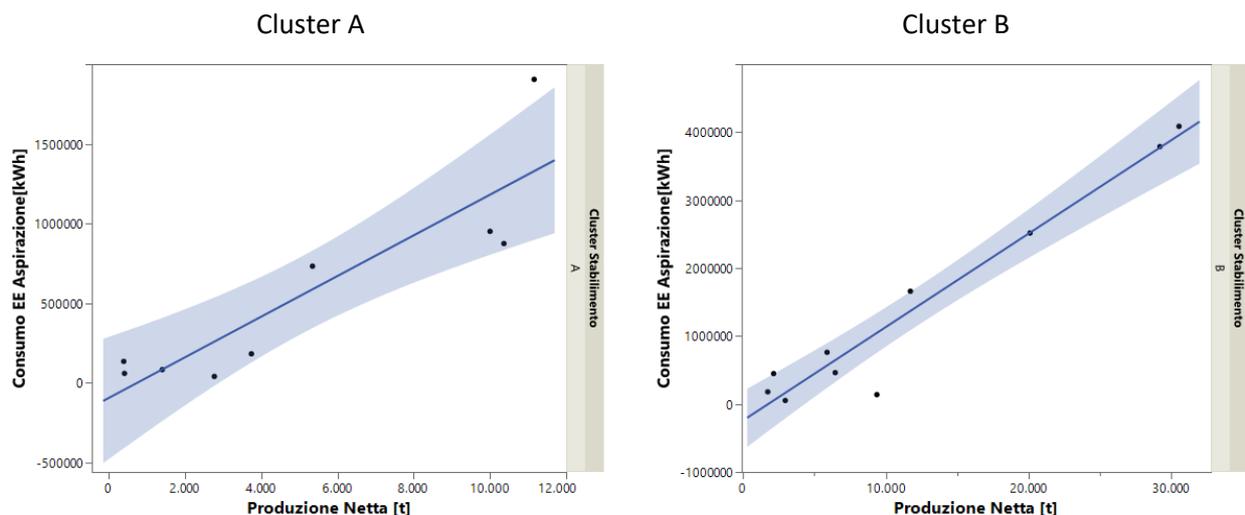


Figura 24 - Fonderie Ghisa, Analisi di regressione tra il consumo elettrico [kWh] relativo all'impianti di aspirazione e la produzione netta [t] valutata per solo due delle quattro tipologie di cluster: il cluster A ed il Cluster B

Tuttavia, per quanto riguarda sia il Cluster C (forno cubilotto con formatura a verde) che quello D (forno rotativo con formatura a verde) non è stato possibile determinare una correlazione lineare tra il consumo elettrico e la produzione netta di ghisa. I risultati ed i parametri statistici dell'analisi sono riportati nella Tabella 24.

Come è possibile notare in Tabella 24 le equazioni delle rette di regressione relative all'impianto di aspirazione per i cluster A (forno elettrico con formatura in Sabbia/Resina) e B (forno elettrico con formatura a verde) pur presentando una buona correlazione ( $R^2 > 0,79$ ) hanno entrambe intercetta negativa. Il valore dell'intercetta presenta, infatti, un p-value piuttosto alto (p-value\_intercetta = 0,5715 per il Cluster A e p-value\_intercetta = 0,2383 per il Cluster B) per cui sarebbero necessari ulteriori dati per rendere più significativo il valore.

Per i cluster C e D non è possibile correlare i consumi elettrici per l'impianto di aspirazione alla produzione per cui viene riportato solo il valore dell'IPE medio.

Tabella 24 - Fonderie di ghisa - Impianto di aspirazione: parametri analisi di regressione tra consumo e produzione netta

Fonderie di Ghisa – Impianto Aspirazione –					
Cluster A: Rette di Regressione Consumo Elettrico[kWh] vs Produzione netta[t]					
Consumo EE [kWh]= -96.273 + 128 * Produzione netta [t] Int Confidenza > 99%					
	R <sup>2</sup>	R	P <sub>value</sub>	R <sub>crit (bidirezionale)</sub> α=0,05	R <sub>crit (bidirezionale)</sub> α=0,01
<b>Consumo Elettrico</b> <b>[kWh/t<sub>nette</sub>]</b>	0,791	0,889	0,0013	0,6021	0,7348
Cluster B: Rette di Regressione Consumo Elettrico[kWh] vs Produzione netta[t]					
Consumo EE [kWh]= -239.406 + 137,5 * Produzione netta [t] Int Confidenza > 99%					
	R <sup>2</sup>	R	P <sub>value</sub>	R <sub>crit (bidirezionale)</sub> α=0,05	R <sub>crit (bidirezionale)</sub> α=0,01
<b>Consumo Elettrico</b> <b>[kWh/t<sub>nette</sub>]</b>	0,944	0,971	<0,0001	0,5760	0,7079

L'analisi degli IPE medi, come mostrato in Tabella 25, presenta in tre cluster su quattro un livello di affidabilità medio e solo per il cluster D il livello di affidabilità è basso.

Tabella 25 - Fonderie di ghisa - IPE Consumo impianto di Aspirazione in funzione della produzione netta di Ghisa

Fonderie di Ghisa – Impianto Aspirazione –				
IPE Impianto Aspirazione Cluster A: Consumo elettrico [kWh]/Produzione netta [t]				
Campo variazione Produzione netta		IPE	Affidabilità	
Min	Max		Coefficiente di Variazione	Livello di affidabilità
t	t	kWh/t <sub>nette</sub>		
400	11.000	93 ± 53	56%	<b>MEDIO</b>
IPE Impianto Aspirazione Cluster B: Consumo elettrico [kWh]/Produzione netta [t]				
Campo variazione Produzione netta		IPE	Affidabilità	
Min	Max			

t	t	kWh/t <sub>nette</sub>	Coefficiente di Variazione	Livello di affidabilità
1.700	31.000	108 ± 59	55%	<b>MEDIO</b>
<b>IPE Impianto Aspirazione Cluster C: Consumo elettrico [kWh]/Produzione netta [t]</b>				
<b>Campo variazione Produzione netta</b>		<b>IPE</b>	<b>Affidabilità</b>	
<b>Min</b>	<b>Max</b>			
t	t	kWh/t <sub>nette</sub>	Coefficiente di Variazione	Livello di affidabilità
3.600	30.000	92 ± 28	30%	<b>MEDIO</b>
<b>IPE Impianto Aspirazione Cluster D: Consumo elettrico [kWh]/Produzione netta [t]</b>				
<b>Campo variazione Produzione netta</b>		<b>IPE</b>	<b>Affidabilità</b>	
<b>Min</b>	<b>Max</b>			
t	t	kWh/t <sub>nette</sub>	Coefficiente di Variazione	Livello di affidabilità
1.200	13.000	149 ± 116	77%	<b>BASSO</b>

### 5.1.2.3. Fonderie di acciaio

In questo capitolo si riporta l'analisi effettuata sulle fonderie di acciaio.

A differenza delle fonderie di ghisa nel caso dell'acciaio, data l'elevata omogeneità dei forni e della tipologia di formatura, si è considerato un unico cluster (forni elettrici con formatura in sabbia resina) nell'elaborazione sia degli IPE di stabilimento (primo livello) che per quelli di secondo livello.

#### 5.1.2.3.1. Distribuzione dei consumi

La distribuzione percentuale dei consumi finali Elettrici e Termici per le fonderie di acciaio è riportata in Figura 25. Come risulta evidente dalla figura sebbene i processi utilizzino forni elettrici c'è una prevalenza di consumo Termico considerando prima l'intero ciclo produttivo (53%) e successivamente le sole attività principali (57%). Questa è dovuto all'elevato peso dei trattamenti termici che vengono effettuati sui siti produttivi. Per quanto riguarda, invece, i consumi dei Servizi Ausiliari (legati principalmente alla produzione di aria compressa e servizi di aspirazione) prevale nettamente il consumo elettrico (73%).

In Figura 26, si riporta la ripartizione dei consumi Elettrici e Termici tra le diverse aree funzionali. Il 70% dei consumi elettrici è attribuibile alle attività principali, mentre il 24% ai servizi ausiliari e il 5% ai servizi generali. Il consumo termico delle attività principali è pari, invece, all'82% con i servizi ausiliari e i servizi generali rispettivamente all'8% e il 9% di utilizzo.

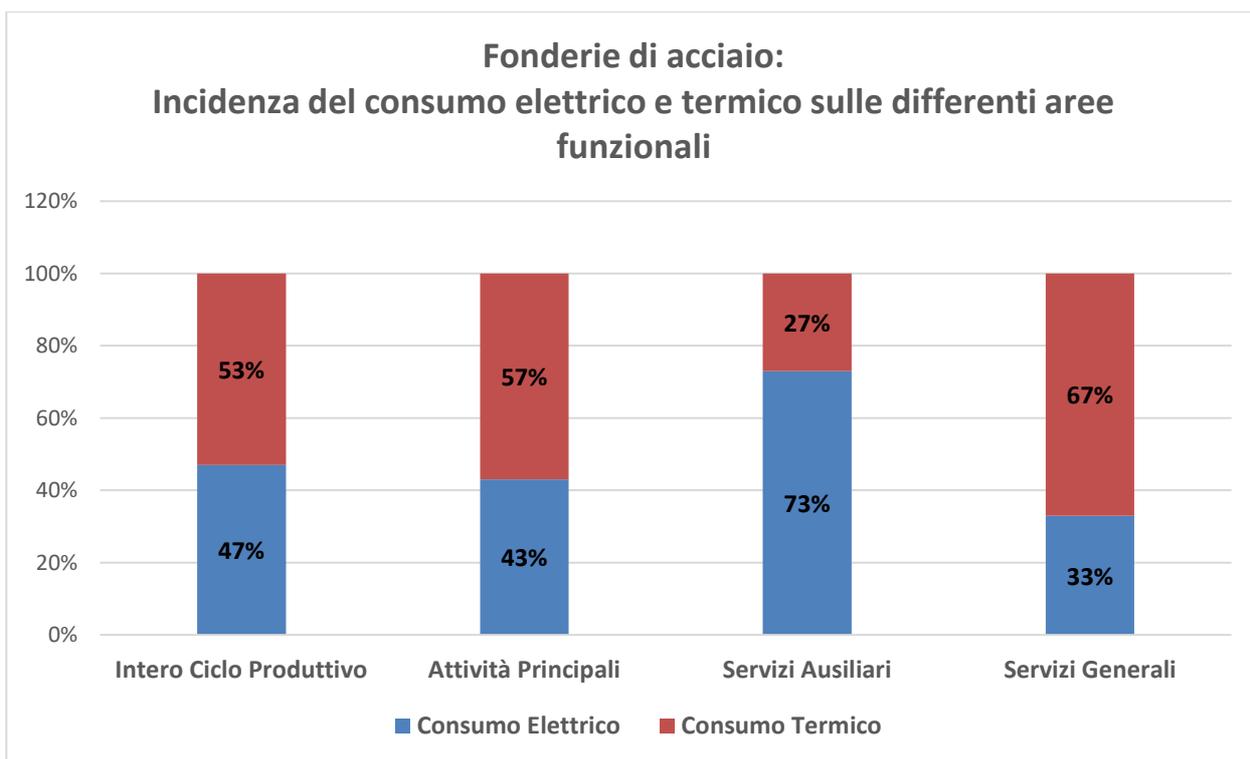


Figura 25 - Fonderie di acciaio: ripartizione dei consumi finali elettrici e termici relativi sia all'intero dell'intero impianto che relativamente alle differenti aree funzionali

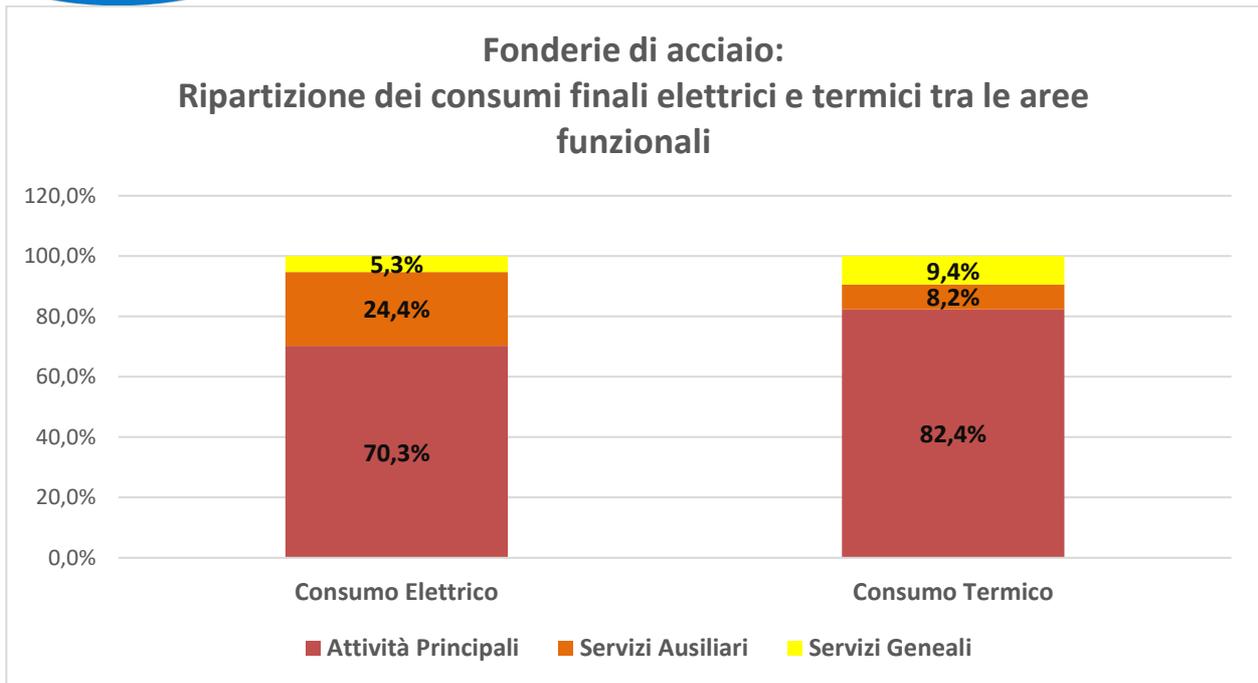


Figura 26 - Fonderie di acciaio: ripartizione dei consumi elettrici e termici finali tra le aree funzionali

Il mix di combustibili utilizzati per produrre l'energia termica è riportato in Figura 27 e mostra che il 92% dell'energia termica utilizzata sui siti è ottenuta dalla combustione del Gas Naturale.

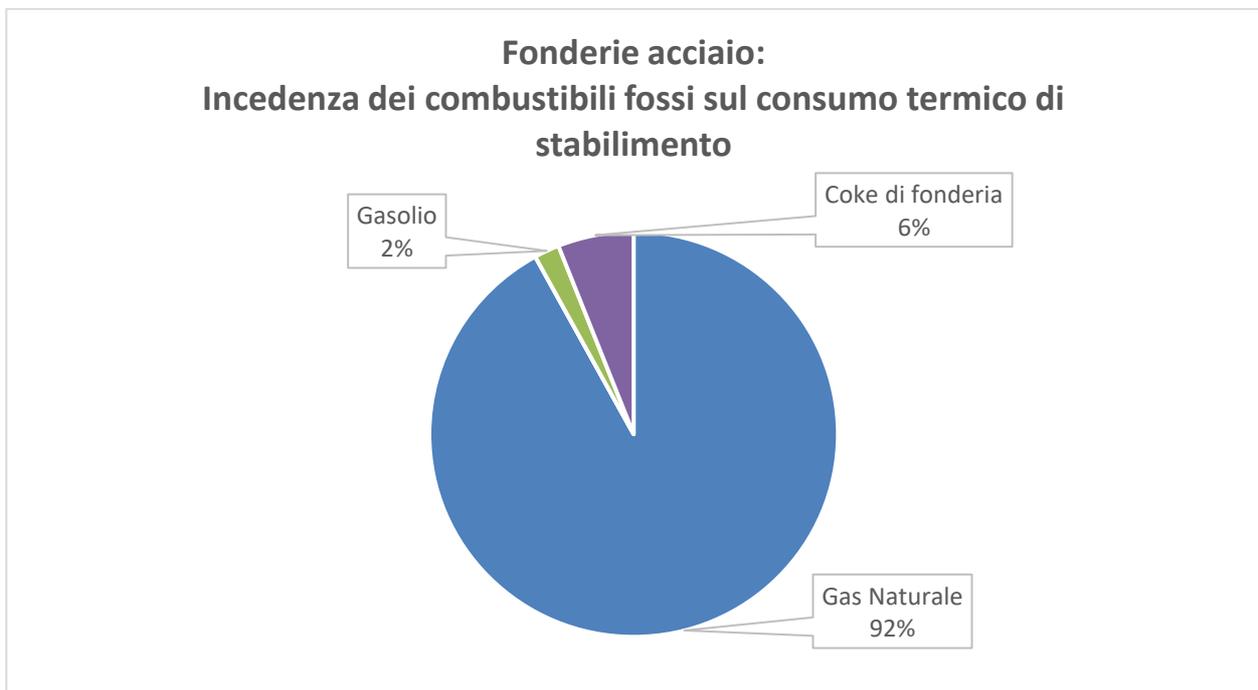


Figura 27 - Fonderie di acciaio: incidenza dei combustibili sul consumo termico di stabilimento

#### 5.1.2.3.2. IPE di Primo Livello

In questo capitolo sono illustrati gli indici di prestazione energetica di primo livello (IPE) relativi al consumo Elettrico, Termico e Totale e come destinazione d'uso la produzione annua netta espressa in tonnellate. Le rette di regressione ricavate dall'elaborazione dei dati di consumo elettrico, termico e totale in funzione della produzione sono mostrate in Figura 28.

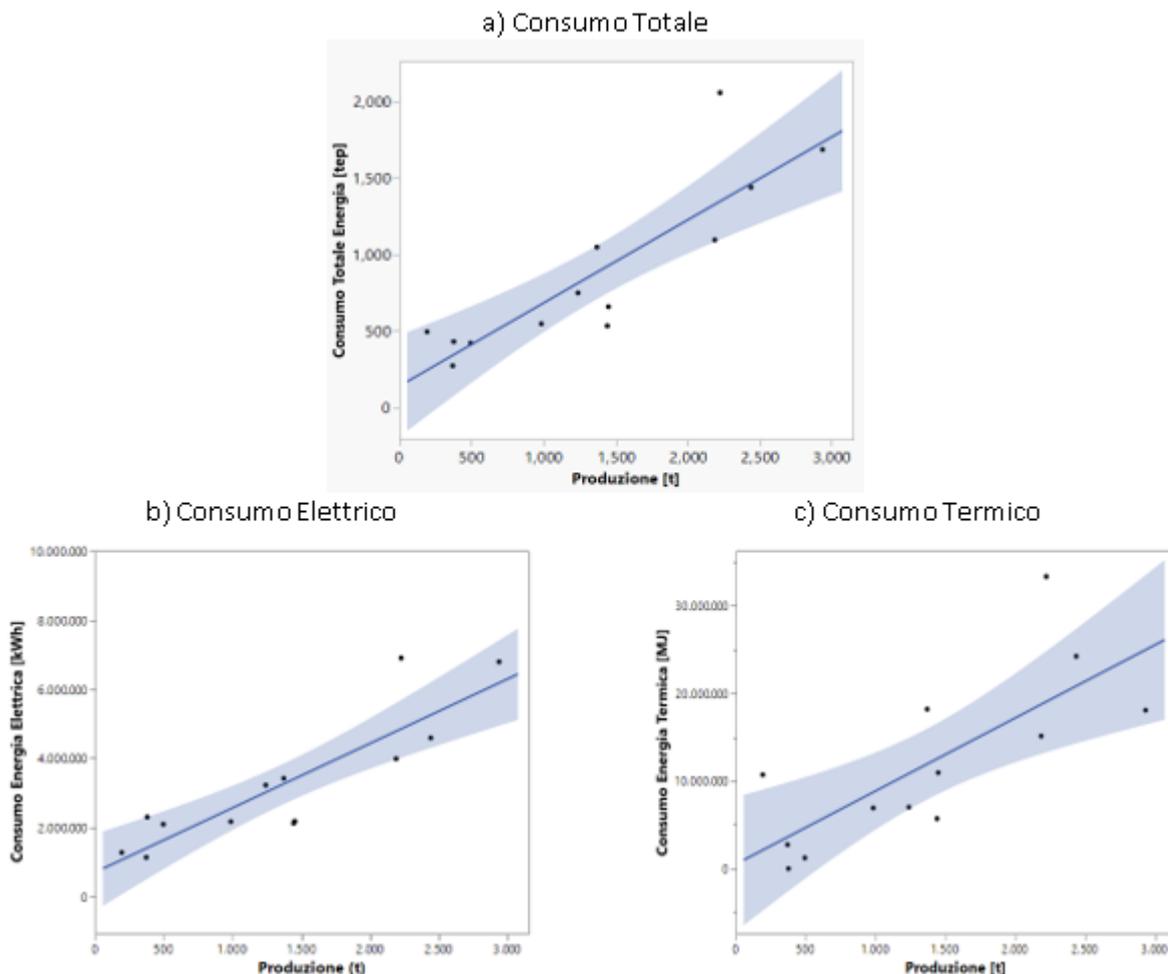


Figura 28 – Fonderie di Acciaio: analisi di regressione tra i consumi Totali, Elettrici e Termici di sito e la produzione netta

I parametri statistici e le equazioni delle rette di regressione ottenute e mostrate nelle figure precedenti sono riportati nella Tabella 26. Le rette di regressione presentano una buona correlazione ( $R^2 > 0,75$ ) ad eccezione di quella relativa al consumo termico ( $R^2 = 0,57$  e  $p_{value} = 0,0027$ ).

Tabella 26 - Fonderie di Acciaio: parametri analisi di regressione tra consumo elettrico, termico e totale e produzione

Fonderie di Acciaio					
Rette di Regressione Consumo Totale[tep] vs Produzione netta[t]					
Consumo Etot [tep]= 141,4 + 0,542 * Produzione netta [t]					
Int Confidenza > 99%%					
	R <sup>2</sup>	R	P <sub>value</sub>	R <sub>crit</sub> (bidirezionale) α=0,05	R <sub>crit</sub> (bidirezionale) α=0,01
<b>Consumo Totale [tep/t]</b>	0,762	0,872	<0,0001	0,5140	0,6411
Rette di Regressione Consumo Elettrico[kWh] vs Produzione netta[t]					
Consumo EE [kWh]= 710.711 + 1.865 * Produzione netta [t]					
Int Confidenza > 99%					
	R <sup>2</sup>	R	P <sub>value</sub>	R <sub>crit</sub> (bidirezionale) α=0,05	R <sub>crit</sub> (bidirezionale) α=0,01
<b>Consumo Elettrico [kWh/t]</b>	0,965	0,982	<0,0001	0,455	0,5751

Rette di Regressione Consumo Termico[MJ] vs Produzione netta[t]					
Consumo Eth [MJ] = 527.068 + 8.336 * Produzione netta [t]					
Int Confidenza > 99%					
	R <sup>2</sup>	R	P <sub>value</sub>	R <sub>crit (bidirezionale)</sub> α=0,05	R <sub>crit (bidirezionale)</sub> α=0,01
<b>Consumo Termico [MJ/t]</b>	0,572	0,845	0,0003	0,5140	0,6411

In Tabella 27 si riportano gli IPE medi relativi al consumo elettrico, termico e totale e le relative deviazioni standard per specifici intervalli di produzione netta annua. Gli IPE medi hanno un livello di affidabilità medio con la sola eccezione dell'IPE relativo al consumo termico che presenta un livello di affidabilità basso.

Tabella 27 - Fonderie di Acciaio: IPE medi di stabilimento

Fonderie di Acciaio				
IPE Totale				
Campo variazione Produzione netta		IPE	Affidabilità	
Min	Max		Coefficiente di Variazione	Livello di affidabilità
t	t	tep/t		
360	3.000	0,36±0,15	42%	<b>MEDIO</b>
IPE Elettrico				
Campo variazione Produzione netta		IPE	Affidabilità	
Min	Max		Coefficiente di Variazione	Livello di affidabilità
t	t	kWh/t		
360	1.200	4.472 ± 1.923	43%	<b>MEDIO</b>
1.200	3.000	2.152 ± 576	26%	<b>MEDIO</b>
IPE Termico				
Campo variazione Produzione netta		IPE	Affidabilità	
Min	Max		Coefficiente di Variazione	Livello di affidabilità
t	t	MJ/t		
360	3.000	6.744 ± 4.015	60%	<b>BASSO</b>

#### 5.1.2.3.3. IPE di Secondo Livello per le Attività Principali

In questo capitolo, sempre relativamente ai siti delle fonderie di acciaio, sono illustrati gli indici di prestazione energetica specifici o di secondo livello (IPE<sub>s</sub>) delle fasi di fusione e formatura.

5.1.2.3.3.1. Fase di Fusione

Per la fase di fusione la retta di regressione relativa ai dati di consumo elettrico in funzione della produzione lorda è mostrata in Figura 29.

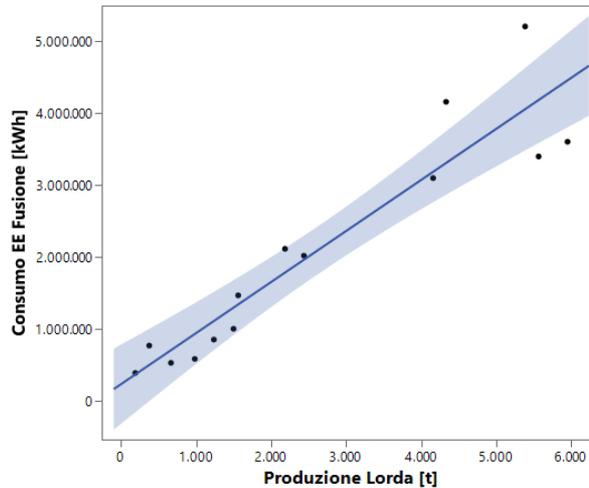


Figura 29 - Fonderie di acciaio: analisi di regressione tra consumo elettrico fusione e produzione lorda

Come mostrato nella Tabella 28, la retta di regressione ottenuta è statisticamente valida con un buon coefficiente di determinazione ( $R^2 > 0,87$ ).

Tabella 28 - Fonderie di acciaio-IPE fusione: parametri analisi di regressione tra consumo e produzione lorda

Fonderie di Acciaio – FASE DI FUSIONE -					
Rette di Regressione Consumo Elettrico[kWh] vs Produzione lorda[t]					
Consumo EE [kWh]= 231.518 + 709 * Produzione lorda [t]					
Int Confidenza > 99%					
	R <sup>2</sup>	R	P <sub>value</sub>	R <sub>crit (bidirezionale)</sub> α=0,05	R <sub>crit (bidirezionale)</sub> α=0,01
<b>Consumo Elettrico</b> <b>[tep/t<sub>lorde</sub>]</b>	0,876	9,935	<0,0001	0,5140	0,6411

Nella Tabella 29, è riportato l’IPE medio elettrico riferito alla produzione lorda dell’impianto, che, come si può osservare, presenta un livello di affidabilità medio-alto.

Tabella 29 - Fonderie di acciaio: IPE medio fase di fusione

Fonderie di Acciaio – FASE DI FUSIONE -				
IPE Elettrico				
Campo variazione Produzione lorda		IPE	Affidabilità	
Min	Max		Coefficiente di Variazione	Livello di affidabilità
t <sub>lorde</sub>	t <sub>lorde</sub>	kWh/t <sub>lorde</sub>		
190	1.400	1.229 ± 740	60%	<b>MEDIO</b>
1.400	6.000	809 ± 155	19%	<b>ALTO</b>

### 5.1.2.3.3.2. Fase di Formatura

Per quanto riguarda la fase di formatura data l'eterogeneità dei dati contenuti nel campione a disposizione non è stato possibile individuare una correlazione lineare tra consumi e produzione netta e pertanto, in Tabella 30, viene presentato solo l'IPE medio che presenta comunque un livello di affidabilità basso.

Tabella 30 - Fonderie di acciaio-IPE medi fase di formatura

Fonderie di Acciaio – FASE DI FORMATURA -				
IPE Elettrico				
Campo variazione Produzione netta		IPE	Affidabilità	
Min	Max			
t <sub>nette</sub>	t <sub>nette</sub>	kWh/t <sub>nette</sub>	Coefficiente di Variazione	Livello di affidabilità
370	2.400	152±112	73%	<b>BASSO</b>

### 5.1.2.3.4. IPE di Secondo Livello per i Servizi Ausiliari

Per quanto riguarda gli IPE specifici o di secondo livello per i servizi ausiliari vengono, per mancanza di dati sufficienti provenienti dalle diagnosi energetiche, sono riportati solamente quelli relativi alla produzione di aria compressa e agli impianti di aspirazione, i quali sempre per mancanza delle informazioni relativi alla loro "produzione specifica" (portata aria prodotta e aspirata rispettivamente) sono riferiti alle produzioni nette di acciaio. Nelle Tabella 31 e

Tabella 32 sono pertanto riportati i soli valori dell'IPE rispettivamente per la produzione di aria compressa e per l'aspirazione dei fumi.

In entrambi i casi il valore di IPE determinato presenta un'affidabilità bassa.

Tabella 31 - Fonderie di acciaio: IPE medi produzione di aria compressa

Fonderie di Acciaio – ARIA COMPRESSA -				
IPE Elettrico				
Campo variazione Produzione netta		IPE	Affidabilità	
Min	Max			
t <sub>nette</sub>	t <sub>nette</sub>	kWh/t <sub>nette</sub>	Coefficiente di Variazione	Livello di affidabilità
370	5.400	210 ± 171	81%	<b>BASSO</b>

Tabella 32 - Fonderie di acciaio: IPE medi aspirazione

Fonderie di Acciaio – ASPIRAZIONE -				
IPE Elettrico				
Campo variazione Produzione netta		IPE	Affidabilità	
Min	Max			
t <sub>nette</sub>	t <sub>nette</sub>	kWh/t <sub>nette</sub>	Coefficiente di Variazione	Livello di affidabilità
370	5.400	167 ± 107	64%	<b>BASSO</b>

### 5.1.3. Risultanze delle diagnosi energetiche per le fonderie di metalli non ferrosi - ATECO 24.53 e ATECO 24.54

Le diagnosi energetiche pervenute ad ENEA alla scadenza del 5 dicembre 2019 relative alle fonderie di **metalli non ferrosi** sono state complessivamente 122.

Di queste:

- 70 diagnosi sono afferenti al codice ATECO 24.53.00 – Fusione di metalli leggeri
- 52 diagnosi sono afferenti al codice ATECO 24.54.00 – Fusione di altri metalli non ferrosi

#### 5.1.3.1. Ripartizione dei consumi ed indici di prestazione energetica

Le analisi qui riportate sono relative ad un sottogruppo afferente ai codici ATECO 24.53 e 24.54 e relative a fonderie produttrici di **getti in alluminio** (con piccole percentuali di altri metalli non ferrosi quali zama, zinco e altre leghe di alluminio) tramite pressocolata. In particolare, vengono forniti:

- la ripartizione media dei consumi energetici (totali e per tipologia di vettore energetico, ad es.: energia elettrica ed energia termica) tra le differenti aree funzionali e/o reparti;
- l'analisi degli Indici di Prestazione Energetica generale (IPEg) o di primo livello valutando prima la relazione tra il vettore energetico (Energia Totale, Elettrica e Termica) e la destinazione uso (tipicamente la produzione netta dello stabilimento) e successivamente i valori di IPE medio con i relativi: campo di esistenza, deviazione standard e livello di affidabilità;
- l'analisi degli Indici di Prestazione Energetica specifici (IPEs) o di secondo livello valutando, cioè viene presentata per i diversi reparti principali dello stabilimento (dove possibile in base ai dati estrapolabili dalle diagnosi energetiche) sia un'analisi di correlazione tra consumo e destinazione d'uso specifica che i valori di IPE medio con i relativi: campo di esistenza, deviazione standard e livello di affidabilità.

La mancanza di dati sufficienti non ha permesso l'analisi di altre tipologie di processi produttivi relativi ai metalli non ferrosi.

#### 5.1.3.2. Fonderie di alluminio con pressocolata

In questo capitolo si riporta l'analisi effettuata sulle fonderie di alluminio con pressocolata.

##### 5.1.3.2.1. Distribuzione dei consumi

La distribuzione percentuale dei consumi finali Elettrici e Termici per le fonderie di alluminio è riportata in Figura 30. Come si vede dalla figura l'utilizzo di forni a gas incide sulla percentuale di consumo termico sia considerando le sole attività principali (70% dei consumi sono termici) che l'intero processo produttivo (64% di consumi termici). Per quanto riguarda invece i consumi dei servizi ausiliari (principalmente relativi alla produzione di aria compressa e servizi di aspirazione) prevale nettamente il consumo elettrico (70%). Torna, invece, ad essere predominante il consumo termico nei servizi generali in quanto legati al riscaldamento degli ambienti.

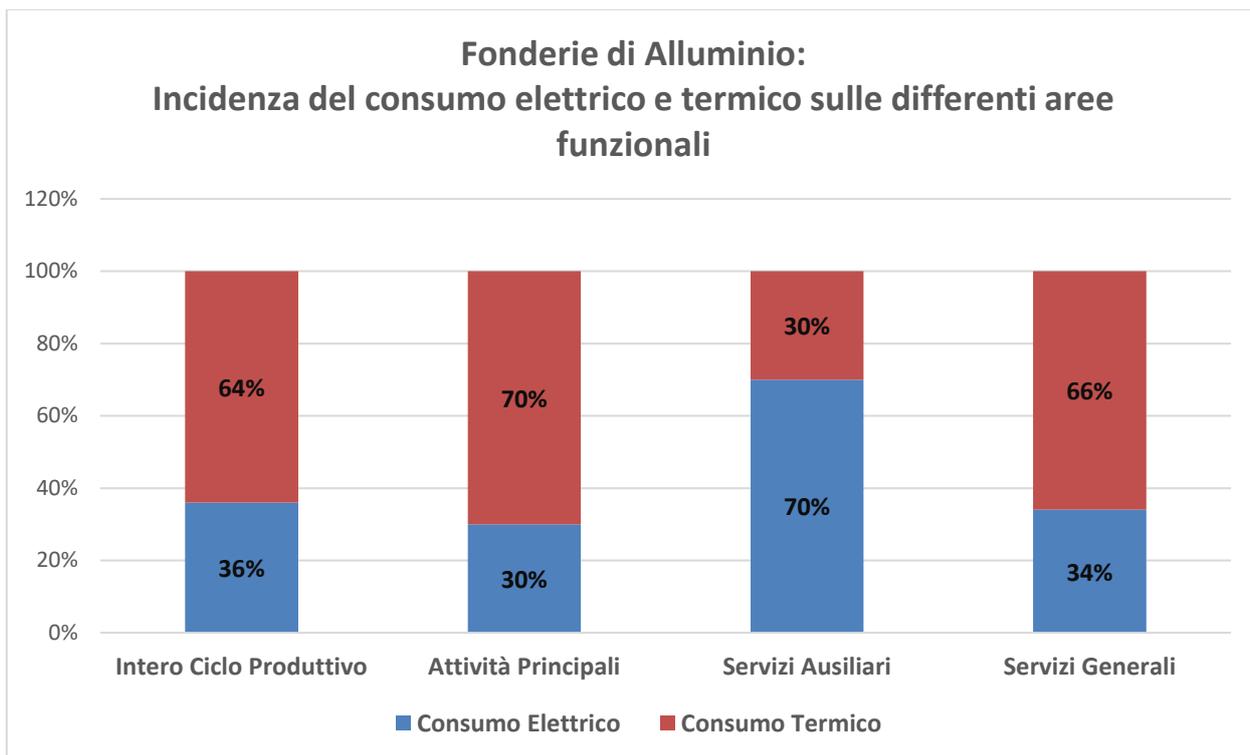


Figura 30 - Fonderie alluminio: ripartizione dei consumi finali

In Figura 31 troviamo la ripartizione dei consumi elettrici e termici tra le diverse aree funzionali. Il 64% dei consumi elettrici è attribuibile alle attività principali mentre il 30% ai servizi ausiliari e il 6% ai servizi generali. Il consumo termico delle attività principali è pari invece all'86% con i servizi ausiliari e i servizi generali che utilizzano entrambi circa il 7% dei consumi termici totali.

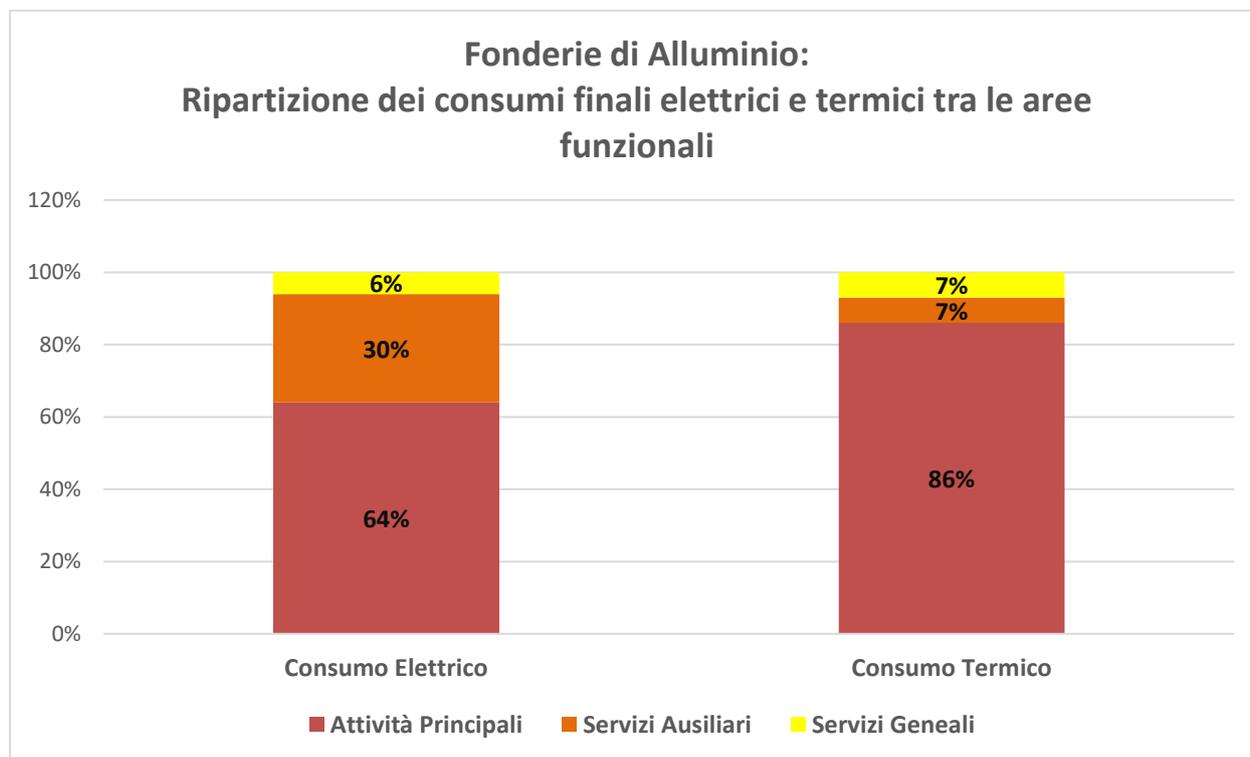


Figura 31 - Fonderie alluminio: ripartizione dei consumi elettrici e termici finali tra le diverse aree funzionali

Il mix di combustibili utilizzati per produrre l'energia termica è riportato in Figura 32 e mostra che il 95% dell'energia termica utilizzata sui siti è ottenuta dalla combustione del Gas Naturale, il restante 5% è imputabile quasi interamente al Gasolio, con una piccolissima percentuale, circa lo 0,05%, di altri combustibili.

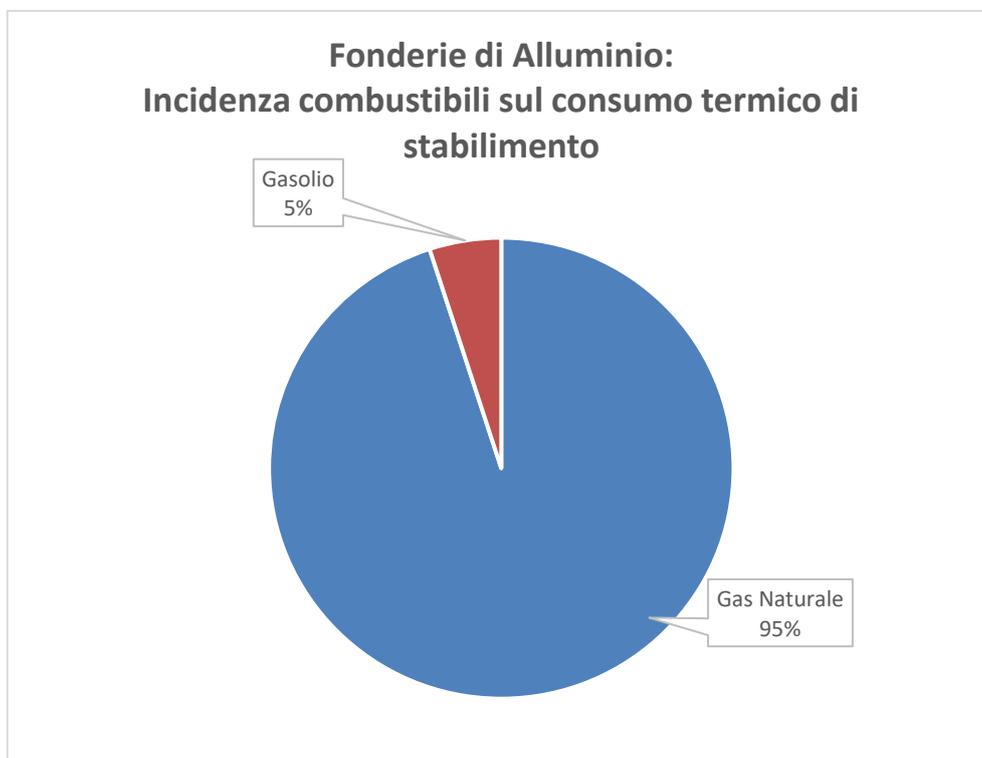


Figura 32 - Fonderie alluminio: incidenza combustibili sul consumo termico di stabilimento

Tabella 33 - Fonderie di alluminio: distribuzione percentuale dei consumi finali tra i principali centri di consumo

Centri di consumo prevalenti				
Fusione	Isole di pressocolata	Produzione Aria Compressa	Impianti Aspirazione	Altro
53%	17%	5%	2%	23%

Nella Tabella 33 si riporta, infine, la distribuzione percentuale dei consumi finali prevalenti tra le diverse fasi del processo e i principali servizi ausiliari per le fonderie di alluminio. L'analisi dei dati contenuti nelle diagnosi ha evidenziato come i consumi delle imprese del settore siano concentrati, relativamente alle attività principali, sulle fasi di fusione e pressocolata e, per quanto riguarda i servizi ausiliari, i consumi "rilevanti" si concentrino sulla produzione di aria compressa e sugli impianti di aspirazione. Ulteriori consumi sono attribuibili principalmente ad eventuali forni di attesa, trattamenti termici e di finitura ed ai servizi generali.

#### 5.1.3.2.2. IPE di Primo Livello

In questo capitolo vengono illustrate le analisi svolte con il fine di individuare gli indici di prestazione energetica di primo livello (IPEg) relativi al consumo Totale, Elettrico e Termico.

Gli IPE di primo livello (Totale, Elettrico e Termico) qui riportati si basano sull'analisi dei dati provenienti da un campione di siti cui si effettua la produzione di getti in alluminio tramite pressocolata e utilizzo di forni a gas. Come destinazione d'uso è stata considerata la produzione annua netta espressa in t.

Le rette di regressione ricavate dall'elaborazione dei dati di consumo Totale, Elettrico e Termico in funzione della produzione sono riportate in Figura 33.

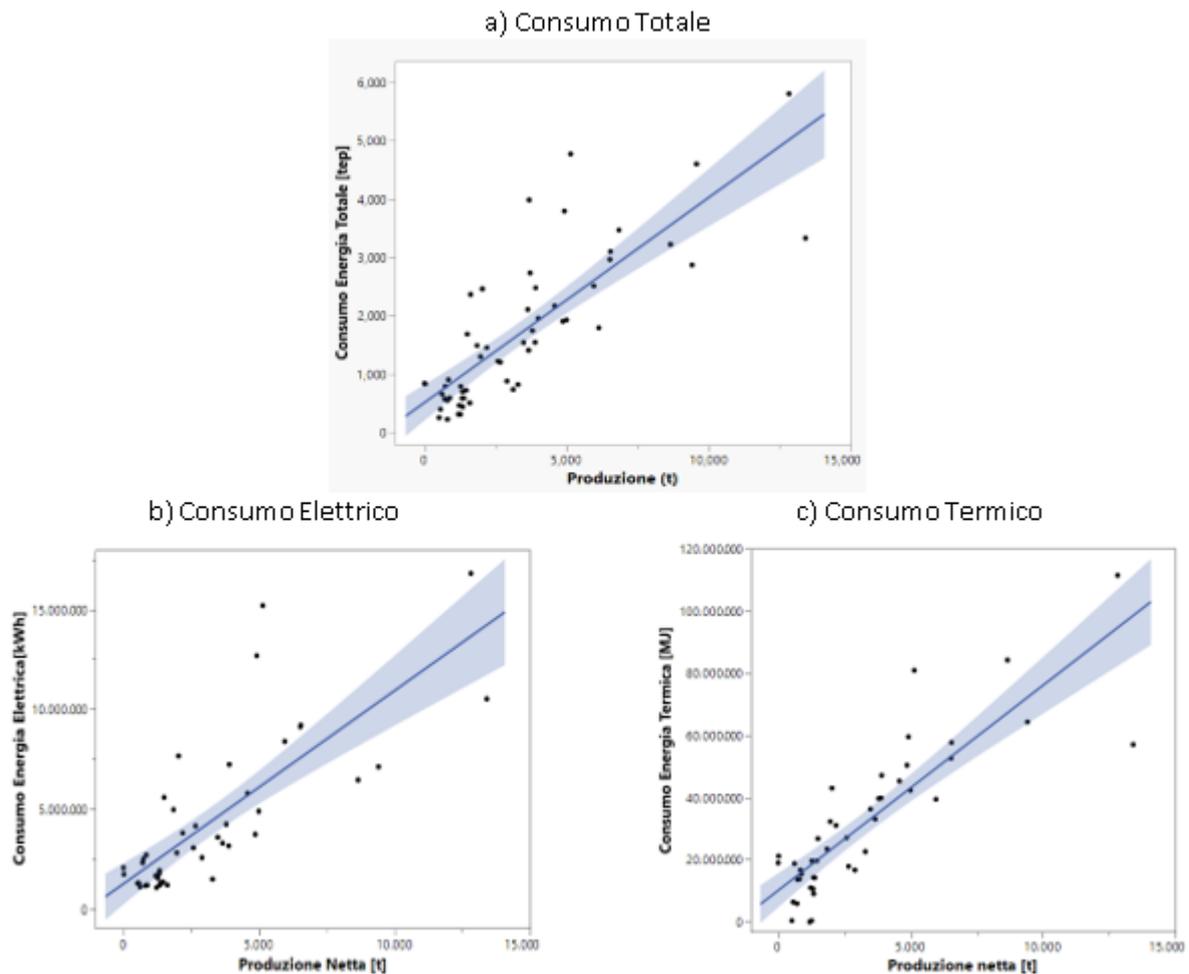


Figura 33 - Fonderie di Alluminio: analisi di regressione tra i consumi Totali, Elettrici e Termici di sito e la produzione netta

Le equazioni delle rette di regressione ed i relativi parametri statistici riferite sono riportati nella Tabella 34. Le rette di regressione ottenute presentano una buona correlazione ( $R^2 > 0,72$ ) ad eccezione di quella relativa al consumo elettrico ( $R^2 = 0,61$ ).

Tabella 34 – Fonderie di alluminio: parametri analisi di regressione tra il consumo Totale, Elettrico e Termico ed i livelli di produzione netta

Fonderie di Alluminio					
Rette di Regressione Consumo Totale[tep] vs Produzione netta[t]					
Consumo Etot [tep] = 517 + 0,351 * Produzione netta [t]					
Int Confidenza > 99%					
	R <sup>2</sup>	R	P <sub>value</sub>	R <sub>crit</sub> (bidirezionale) α=0,05	R <sub>crit</sub> (bidirezionale) α=0,01
<b>Consumo Totale [tep/t]</b>	0,665	0,815	<0,0001	0,288	0,374
Rette di Regressione Consumo Elettrico[kWh] vs Produzione netta[t]					
Consumo EE [kWh] = 1.342.487 + 9.592 * Produzione netta [t]					
Int Confidenza > 99%					

	R <sup>2</sup>	R	P <sub>value</sub>	R <sub>crit (bidirezionale)</sub> α=0,05	R <sub>crit (bidirezionale)</sub> α=0,01
<b>Consumo Elettrico [kWh/t]</b>	0,608	0,779	<0,0001	0,288	0,374
<b>Rette di Regressione Consumo Termico[MJ] vs Produzione netta[t]</b>					
Consumo Eth [MJ]= 1.012 * 10 <sup>7</sup> + 6.597 * Produzione netta [t] Int Confidenza > 99%					
	R <sup>2</sup>	R	P <sub>value</sub>	R <sub>crit (bidirezionale)</sub> α=0,05	R <sub>crit (bidirezionale)</sub> α=0,01
<b>Consumo Termico [MJ/t]</b>	0,732	0,855	<0,0001	0,288	0,374

In Tabella 35 sono riportati gli IPE medi relativi al consumo Totale, Elettrico e Termico con le relative deviazioni standard e livello di affidabilità per specifici intervalli di produzione annua. Gli IPE medi di primo livello qui riportati presentano un livello di affidabilità medio con la sola eccezione dell'IPE elettrico calcolato per bassi livelli di produzione che presenta un livello di affidabilità basso.

Tabella 35 - Fonderie di Alluminio: IPE medi di stabilimento

<b>Fonderie di Alluminio</b>				
<b>IPE Totale</b>				
<b>Campo variazione Produzione netta</b>		<b>IPE</b>	<b>Affidabilità</b>	
<b>Min</b>	<b>Max</b>			
<b>t</b>	<b>t</b>	<b>tep/t</b>	<b>Coefficiente di Variazione</b>	<b>Livello di affidabilità</b>
500	2.600	0,73 ± 0,34	46%	<b>MEDIO</b>
2.601	13.000	0,47 ± 0,19	40%	<b>MEDIO</b>
<b>IPE Elettrico</b>				
<b>Campo variazione Produzione netta</b>		<b>IPE</b>	<b>Affidabilità</b>	
<b>Min</b>	<b>Max</b>			
<b>t</b>	<b>t</b>	<b>kWh/t</b>	<b>Coefficiente di Variazione</b>	<b>Livello di affidabilità</b>
500	900	2.611 ± 1764	67%	<b>BASSO</b>
901	13.000	1.440 ± 790	55%	<b>MEDIO</b>
<b>IPE Termico</b>				
<b>Campo variazione Produzione netta</b>		<b>IPE</b>	<b>Affidabilità</b>	
<b>Min</b>	<b>Max</b>			
<b>t</b>	<b>t</b>	<b>MJ/t</b>	<b>Coefficiente di Variazione</b>	<b>Livello di affidabilità</b>
500	2.600	13.823 ± 4.405	32%	<b>MEDIO</b>
2.601	13.000	9.040 ± 2.850	31%	<b>MEDIO</b>

### 5.1.3.2.3. IPE di II Livello per le Attività Principali

In questo capitolo vengono illustrati gli Indici di Prestazione Energetica specifici o di Secondo Livello (IPEs) delle fasi di fusione (con forni a gas) e pressocolata nei siti relativi alle fonderie di alluminio.

#### 5.1.3.2.3.1. Fase di fusione

Nelle fonderie per la produzione di Alluminio è possibile trovare diverse tipologie di forni suddivisi in due macro-famiglie: Elettrici o a Gas Naturale. All'interno di queste macro-famiglie è possibile individuare più soluzioni tecnologiche/impiantistiche (Figura 34).

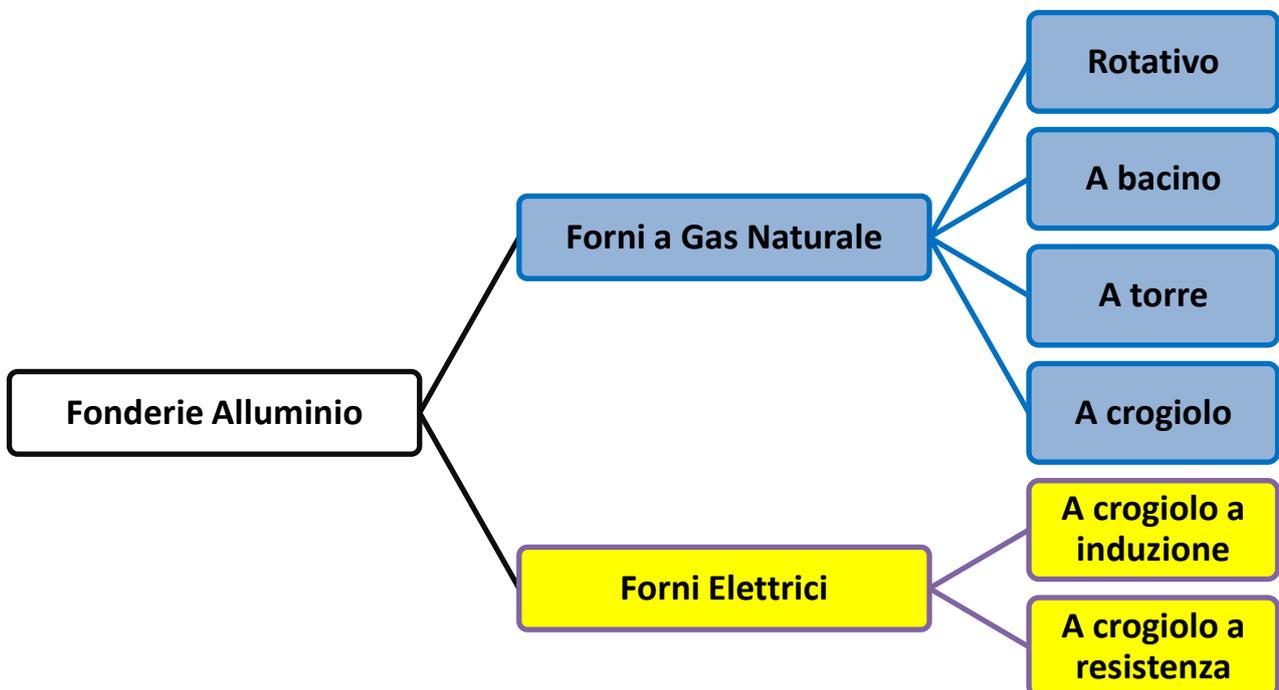


Figura 34 – Tipologie di forno utilizzati nelle fonderie di metalli non ferrosi

In particolare, in questo capitolo sono riportati i risultati dell'analisi relativa solamente ai forni a Gas Naturale e tra questi si scende nel dettaglio dei forni a torre ed a bacino. Per le altre tipologie non è possibile riportare nessuna informazione in quanto i dati estrapolati dall'analisi delle diagnosi energetiche risultano essere insufficienti o non presenti per approfondire le altre tipologie di soluzioni.

In Figura 35 è mostrata la retta di regressione ricavata dall'elaborazione dei dati di consumo di tutte le tipologie di forni a gas naturale [ $\text{Sm}^3$ ] relativi alla fusione in funzione della produzione lorda [t] di alluminio.

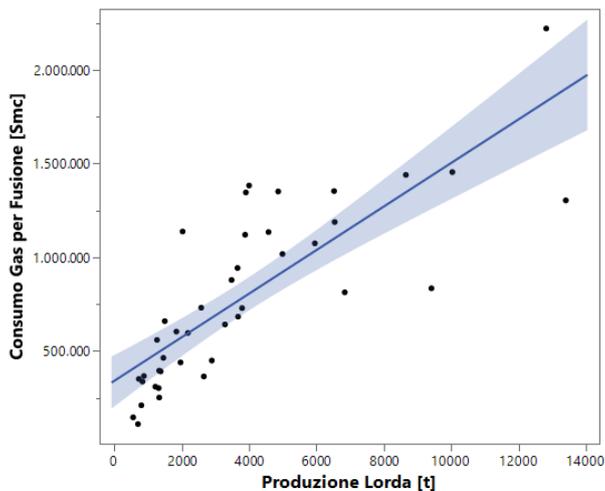


Figura 35 - Fonderie di alluminio: analisi di regressione tra consumo gas naturale per la fusione e produzione lorda

In Tabella 36 sono riportati i risultati dell’analisi di regressione, in particolare, l’equazione della retta ed i relativi parametri statistici. Come mostrato in tabella la retta di regressione presenta una correlazione media con un coefficiente di determinazione  $R^2 > 0,65$ .

Tabella 36 - Fonderie di alluminio - Fusione: parametri analisi di regressione tra consumo di Gas Naturale e Produzione lorda

Fonderie di Alluminio – FASE DI FUSIONE con FORNI A GAS-					
Rette di Regressione Gas Naturale [tep] vs Produzione lorda[t]					
Consumo Gas Naturale [Sm <sup>3</sup> ] = 341.532 + 116 * Produzione lorda [t]					
Int Confidenza > 99%					
	R <sup>2</sup>	R	P <sub>value</sub>	R <sub>crit</sub> (bidirezionale) α=0,05	R <sub>crit</sub> (bidirezionale) α=0,01
<b>Consumo Gas Naturale [tep/t<sub>l,rd</sub>]</b>	0,652	0,807	<0,0001	0,288	0,374

In Tabella 37 viene riportato il valore dell’IPE medio relativo alla fase di fusione sempre relativo all’intero campione di siti con forni a gas naturale, il valore dell’IPE medio riportato presenta un livello di affidabilità medio.

Tabella 37 - Fonderie di alluminio – Fusione: IPE medi fase di fusione per forni a Gas Naturale

Fonderie di Alluminio – FASE DI FUSIONE –				
IPE Forni a GAS: Gas Naturale [Sm <sup>3</sup> ]/Produzione lorda[t]				
Campo variazione Produzione lorda		IPE	Affidabilità	
Min	Max		Coefficiente di Variazione	Livello di affidabilità
t	t	Sm <sup>3</sup> /t <sub>l,rd</sub>		
560	2.600	321 ± 107	33%	<b>MEDIO</b>
2.601	14.000	202 ± 71	35%	<b>MEDIO</b>

Come premesso, oltre all'elaborazione di indici di tipo generale per i forni a gas, in Tabella 38 vengono presentati IPE di secondo livello che scendendo ad un livello di dettaglio maggiore. In Tabella 38 sono mostrati gli IPE per i **forni a Bacino** e per quelli **a Torre**, per entrambi il livello di affidabilità risulta essere medio.

Tabella 38 - Fonderie di alluminio – Fusione: IPE medi fase di fusione per forni a Gas Naturale a BACINO ed a TORRE

Fonderie di Alluminio				
IPE Forni a GAS NATURALE A BACINO: Gas Naturale [Sm <sup>3</sup> ]/Produzione lorda[t]				
Campo variazione Produzione lorda		IPE	Affidabilità	
Min	Max		Coefficiente di Variazione	Livello di affidabilità
t	t	tep/t		
700	3.300	372 ± 135	36%	<b>MEDIO</b>
3.301	20.000	222 ± 99	44%	<b>MEDIO</b>
IPE Forni a GAS NATURALE A TORRE: Gas Naturale [Sm <sup>3</sup> ]/Produzione lorda[t]				
Campo variazione Produzione netta		IPE	Affidabilità	
Min	Max		Coefficiente di Variazione	Livello di affidabilità
t	t	kWh/t		
800	19.000	186 ± 80	43%	<b>MEDIO</b>

#### 5.1.3.2.3.2. Isole di Pressocolata

I consumi energetici associati alle Isole di Pressocolata nella produzione di Alluminio solitamente possono ricomprendere:

- Sistemi di preriscaldamento delle siviere;
- Sistemi di trattamento del metallo liquido (es. degassaggio);
- Componenti specifici delle Isole come: Pressa, Trancia ed eventualmente il Robot;
- Eventuali altri componenti specifici.

La presenza o meno di alcuni di questi componenti ovviamente incide sul consumo specifico del reparto, in Figura 36, è riportata la retta di regressione ricavata dall'elaborazione dei dati di consumo di energia elettrica relativi alle isole di pressocolata in funzione della produzione netta.

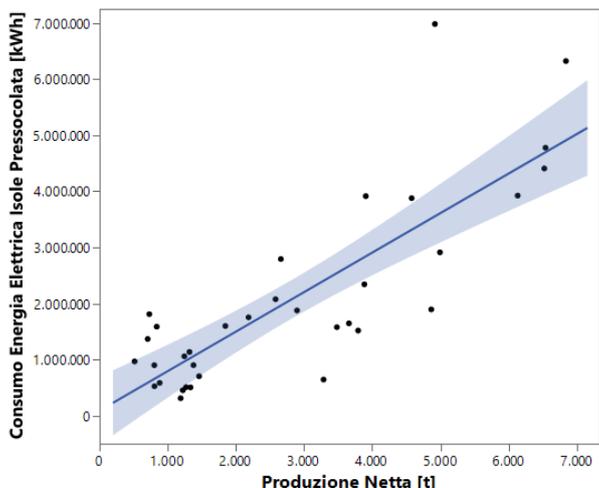


Figura 36 - Fonderie di alluminio: analisi di regressione tra consumo energia elettrica isole pressocolata e produzione netta

I risultati provenienti dall’analisi di regressione, riportati in Tabella 39, mostrano una correlazione non forte tra il consumo di energia elettrica e la produzione netta, come evidenzia anche il coefficiente di determinazione ( $R^2 > 0,64$ ). La dispersione dei punti mostrati nel grafico di Figura 36 è intrinseca al processo in questione legato, come già illustrato, alle diverse tipologie di elementi che possono essere ricompresi nel reparto.

Tabella 39 - Fonderie di alluminio - Isole Pressocolata: parametri analisi di regressione tra consumo e produzione netta

Fonderie di Alluminio – ISOLE DI PRESSOCOLATA-					
Rette di Regressione Consumo Elettrico [kWh] vs Produzione netta[t]					
Consumo EE [kWh]= 135.514 + 712 * Produzione netta [t]					
Int Confidenza > 99%					
	R <sup>2</sup>	R	P <sub>value</sub>	R <sub>crit (bidirezionale)</sub> α=0,05	R <sub>crit (bidirezionale)</sub> α=0,01
<b>Consumo Energia Elettrica [kWh/t<sub>netta</sub>]</b>	0,646	0,803	<0,0001	0,3013	0,3893

In Tabella 40 viene riportato il valore dell’IPE medio relativo alla fase di pressocolata corredato della relativa deviazione standard e del livello di affidabilità, che risulta essere medio.

Tabella 40 - Fonderie di alluminio-IPE medi fase di pressocolata

Fonderie di Alluminio – ISOLE DI PRESSOCOLATA –				
IPE Isole di pressocolata				
Campo variazione Produzione netta		IPE	Affidabilità	
Min	Max			
t	t	kWh/t <sub>netta</sub>	Coefficiente di Variazione	Livello di affidabilità
510	880	1.667 ± 657	39%	<b>MEDIO</b>
881	6.840	685 ± 298	43%	<b>MEDIO</b>

Come per la fase di fusione, oltre ad un'analisi generale della fase di pressocolata che ha incluso diverse tipologie di Isole di Pressocolata, in Tabella 41, viene fornita un'analisi più specifica degli IPE di secondo livello fornendo valori dell'IPE per:

- **isole di pressocolata complete equipaggiate con forni di colata elettrici** (che comprendono presse, sistemi di tranciatura, uno o più robot, lubrificatori, termoregolatori, preriscaldamento stampi, forni di colata ad energia elettrica, ecc.);
- **isole di pressocolata complete senza forni di colata.**

I valori di IPEs trovati, presentano un livello di affidabilità basso nel primo caso e medio nel secondo.

Tabella 41 - Fonderie di alluminio-IPE medi fase di pressocolata: isole complete e isole complete senza forni di colata

Fonderie di Alluminio – ISOLE DI PRESSOCOLATA –				
IPE Isole di pressocolata COMPLETE CON FORNI DI COLATA				
Campo variazione Produzione netta		IPE	Affidabilità	
Min	Max		Coefficiente di Variazione	Livello di affidabilità
t	t	kWh/t <sub>netta</sub>		
700	9.500	1.289 ± 842	65%	<b>BASSO</b>
IPE Isole di pressocolata COMPLETE SENZA FORNI DI COLATA				
Campo variazione Produzione netta		IPE	Affidabilità	
Min	Max		Coefficiente di Variazione	Livello di affidabilità
t	t	kWh/t <sub>netta</sub>		
2.000	5.000	573 ± 165	28%	<b>MEDIO</b>

#### 5.1.3.2.4. IPE di Secondo Livello per i Servizi Generali

Gli IPE di secondo livello vengono presentati anche per le principali attività ausiliarie dove è stato possibile disporre di sufficienti dati dalle diagnosi energetiche. In particolare, sono riportati:

- in Tabella 42 il valore dell'IPEs relativo al consumo di energia elettrica per la produzione di aria compressa rispetto alle tonnellate nette prodotte. Il valore presenta un livello di affidabilità medio;
- in Tabella 43, il valore dell'IPEs relativo al consumo di energia elettrica per l'aspirazione dei fumi rispetto alle tonnellate nette prodotte. In questo caso il livello di affidabilità dell'IPEs risulta essere basso.

Tabella 42 - Fonderie di alluminio-IPE medi produzione di aria compressa

Fonderie di Alluminio – ARIA COMPRESSA -				
IPE produzione di Aria compressa				
Campo variazione Produzione netta		IPE	Affidabilità	
Min	Max		Coefficiente di Variazione	Livello di affidabilità
t <sub>netta</sub>	t <sub>netta</sub>	kWh/t <sub>netta</sub>		
510	2.600	253 ± 118	47%	<b>MEDIO</b>
2.601	6.840	197 ± 85	43%	<b>MEDIO</b>

Tabella 43 - Fonderie di alluminio-IPE medio sistema di aspirazione

Fonderie di Alluminio – SISTEMA DI ASPIRAZIONE -				
IPE sistema di aspirazione				
Campo variazione Produzione netta		IPE	Affidabilità	
Min	Max			
t <sub>nette</sub>	t <sub>nette</sub>	kWh/t <sub>nette</sub>	Coefficiente di Variazione	Livello di affidabilità
510	6.500	109 ± 98	90%	<b>BASSO</b>

## 5.2. Incenerimento rifiuti

I rifiuti urbani prodotti in Italia nel 2020 sono stati circa 28,9 milioni di tonnellate, dato in calo rispetto al 2020 (-3,6%, corrispondente a circa -1,1 Mln di tonnellate), come conseguenza dell'emergenza sanitaria da Covid-19 che ha segnato il contesto socio-economico nazionale a causa delle misure di restrizione adottate e delle chiusure di diverse tipologie di esercizi commerciali. La produzione di rifiuti nel 2020 ha registrato un decremento nel Nord Italia, che ha prodotto quasi 13,9 milioni di tonnellate di rifiuti, (-3,5% rispetto al 2020), al Centro (-4,6%) con circa 6,5 milioni di tonnellate e al Sud (-2,2%) con 8,9 milioni di tonnellate.

Nel 2020, sul territorio nazionale, risultano operativi 37 impianti di Incenerimento (rispetto al 2019 è stato chiuso il sito di Ravenna, mentre ha ripreso ad essere operativo, solo dal dicembre 2020, quello di Fusina-Venezia) che trattano rifiuti urbani e rifiuti derivanti dal trattamento degli stessi, quali rifiuti combustibili (CSS), frazione secca (FS) e bioessiccato, mentre i rifiuti trattati complessivamente con Incenerimento nel 2020 ammontano a 6.242.511 tonnellate [30].

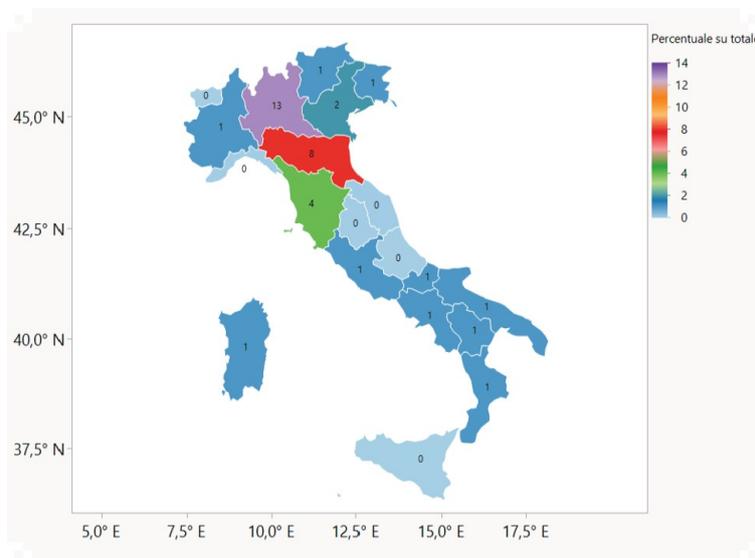


Figura 37 - Numero di impianti di incenerimento dei rifiuti suddivisi per regione [1].

In Tabella 44 è riportata, in riferimento all'anno 2020, la suddivisione per Macro-area sia degli inceneritori italiani, sia della quantità di rifiuti trattati, espressa in tonnellate, mentre in Figura 37 è riportata la distribuzione degli inceneritori nelle regioni italiane, sempre in riferimento all'anno 2020 [30].

Macro-area	N° impianti	Quantità totale di rifiuti trattati (t)	Quantità di rifiuti urbani (RU) trattati (t)
<b>Nord</b>	26	4.602.987	3.739.079
<b>Centro</b>	5	537.478	532.399
<b>Sud</b>	6	1.102.046	1.053.166
<b>Totale</b>	<b>37</b>	<b>6.242.511</b>	<b>5.324.644</b>

Tabella 44 - Numero di impianti di Incenerimento dei rifiuti e quantità di rifiuti totali e urbani trattati per Macro-area [Fonte Ispra].

### 5.2.1.1. Il processo di Incenerimento dei rifiuti

Lo schema del processo di Incenerimento dei rifiuti è mostrato in Figura 38.



Figura 38 - Schematizzazione del processo di incenerimento dei rifiuti.

Le principali sezioni costituenti un impianto di incenerimento sono le seguenti:

- Sezione di combustione;
- Sezione di depurazione fumi;
- Sezione di recupero energetico.

#### 5.2.1.1.1. Sezione di combustione

Le tecnologie di combustione maggiormente diffuse per il trattamento dei rifiuti urbani sono il forno a griglia ed il forno a letto fluido.

I forni a griglia costituiscono la tecnologia di più largo impiego, grazie alla flessibilità di funzionamento e all'affidabilità. Consistono in una griglia, orizzontale o inclinata, su cui viene disposto un letto di rifiuti dello spessore di alcune decine di centimetri. La griglia è costituita da un insieme di elementi, detti "barrotti", disposti in modo da consentire il passaggio dell'aria comburente e la sua ripartizione su tutto il letto di rifiuti. L'aria di combustione viene iniettata sia sotto la griglia, sia nella parte alta della camera di combustione, ovvero all'interno dei fumi; quest'ultima viene utilizzata anche per il controllo della temperatura. Il tempo di permanenza del rifiuto sulla griglia deve essere tale da garantire il completamento delle diverse fasi del processo di combustione ed è in genere compreso tra 30 e 60 minuti. Livelli di temperatura dell'ordine dei 950 - 1000 °C sono ritenuti sufficienti, in corrispondenza di adeguati tenori di ossigeno (6 – 8%) e turbolenza,

a garantire il completamento pressoché totale dell'ossidazione dei componenti organici nei processi di combustione, minimizzando in tal modo le emissioni di prodotti incombusti. Le ceneri pesanti residue del processo vengono scaricate dalla parte finale della griglia con opportuni sistemi in vasche di accumulo a bagno d'acqua, che provvedono anche al loro raffreddamento.

Il forno a letto fluido è costituito da una camera di combustione all'interno della quale viene mantenuto un certo quantitativo di materiale inerte (il "letto"), di solito costituito da sabbia, in sospensione ("fluido") da una corrente ascendente di aria (che funge anche da comburente). Il movimento del letto di sabbia garantisce un buon contatto comburente - combustibile, oltre a una notevole uniformità di temperatura e di miscelazione, che contribuiscono a garantire una combustione costante e completa. Questa apparecchiatura, messa a punto inizialmente nell'industria petrolchimica, è stata adattata successivamente alla combustione di sostanze piuttosto omogenee e di pezzatura ridotta. I rifiuti urbani debbono dunque subire un pretrattamento costituito, come minimo, da operazioni di vagliatura e triturazione.

#### 5.2.1.2. Sezione di depurazione fumi

Un impianto di incenerimento dà origine a emissioni di tipo gassoso, liquido e solido. Prima del loro rilascio in atmosfera i fumi sono sottoposti ad un trattamento con l'obiettivo di ridurre in modo sostanziale le concentrazioni delle sostanze inquinanti. La sezione di trattamento fumi risulta molto articolata e complessa, in conseguenza dei limiti sempre più rigorosi imposti dalla normativa e di un concreto progresso tecnologico, che ha condotto negli ultimi anni allo sviluppo di sistemi sofisticati, in grado di consentire il raggiungimento di valori di emissione al limite della soglia di misurabilità.

I contaminanti presenti nei fumi sono raggruppabili in:

- macroinquinanti: sostanze presenti nei fumi in concentrazioni dell'ordine dei mg/Nm<sup>3</sup>, quali le polveri, gli ossidi di zolfo (principalmente anidride solforosa, SO<sub>2</sub>) e di azoto (NO<sub>x</sub>), il monossido di carbonio (CO) e gli acidi alogenidrici (essenzialmente HCl e HF);
- microinquinanti: sostanze, presenti nelle emissioni in concentrazioni di molto inferiori, che includono sia specie inorganiche, come i metalli pesanti (Cd, Cr, Hg, Pb, Ni, ecc.), che organiche come diossine, furani e idrocarburi policiclici aromatici (PCDD, PCDF, IPA). I valori limite per le emissioni dei microinquinanti si collocano nell'ordine dei µg/Nm<sup>3</sup> (ricordando che 1 µg = 0,001 mg), o addirittura dei ng/Nm<sup>3</sup> (ricordando che 1 ng equivale a un milionesimo di mg) per le diossine e componenti analoghe, di particolare pericolosità per la salute dell'uomo.

Per quanto riguarda la riduzione di tali emissioni, secondo la normativa vigente ci si deve basare sulle BAT (Best Available Techniques, cioè le migliori tecniche attualmente disponibili e sfruttabili industrialmente), definite in un documento ufficiale dell'IPPC Bureau per gli impianti di incenerimento (European Commission, 2019). Sintetizzando quanto riportato nel documento della Commissione Europea [European Commission, 2019] per gli impianti di incenerimento si ha quanto segue:

- i dispositivi di abbattimento del particolato (ceneri volanti) più impiegati sono i filtri a maniche e i filtri elettrostatici (o elettrofiltri);
- l'abbattimento dei gas a comportamento acido, in particolare cloruro di idrogeno (HCl), anidride solforosa (SO<sub>2</sub>), e fluoruro di idrogeno (HF) può essere ottenuto con modalità diverse (metodo del lavaggio a umido, a secco o a semisecco);
- le emissioni di ossidi di azoto vengono controllate mediante due diversi sistemi: il primo comprende accorgimenti che ne riducono la formazione durante il processo, in modo che la concentrazione risulti inferiore al limite di legge; il secondo prevede la rimozione degli NO<sub>x</sub> mediante una reazione chimica con ammoniacca gassosa (NH<sub>3</sub>), che li trasforma in azoto elementare. La rimozione può essere effettuata con due modalità diverse: a bassa temperatura (300 – 400°C) in presenza di catalizzatori (SCR, Selective Catalytic Reduction) oppure ad elevata temperatura (950 - 1000°C) in assenza di catalizzatori (SNCR, Selective Non Catalytic Reduction);
- per ciò che riguarda i microinquinanti (metalli pesanti e diossine) viene comunemente praticata l'iniezione di carbone attivo. Si segnala inoltre che i microinquinanti organici (diossine e furani in

particolare) possono essere abbattuti anche all'interno dei sistemi SCR utilizzati per l'abbattimento degli ossidi d'azoto.

#### 5.2.1.3. Sezione di recupero energetico

Il recupero di energia dall'incenerimento viene comunemente ottenuto attraverso il raffreddamento dei fumi che si rende necessario per il loro successivo trattamento. Il recupero avviene sotto forma di produzione di energia elettrica e/o termica, ottenuta attraverso l'impiego del vapore generato in un'apposita caldaia, concettualmente costituita da uno scambiatore di calore. Lo schema impiantistico è del tutto simile a quello tipico delle centrali termoelettriche, anche se le condizioni operative (pressione, temperatura) sono assai meno severe, a causa della presenza nei fumi di composti corrosivi e di ceneri trascinate che possono dare luogo a fenomeni di corrosione e erosione, nonché alla formazione di depositi di materiale sulle pareti di scambio termico. Il vapore prodotto dalla combustione del rifiuto può essere utilizzato secondo una delle modalità seguenti:

- fornitura diretta di vapore ad utenze termiche industriali o di acqua calda/surriscaldata ad utenze civili, mediante scambiatore di calore (solo calore);
- produzione di energia elettrica mediante espansione del vapore in turbina con ciclo a condensazione (solo elettricità);
- produzione combinata di energia elettrica e termica (cogenerazione).

#### 5.2.2. Analisi dei consumi energetici del settore sulla base dei dati ottenuti dalle Diagnosi Energetiche Obbligatorie

In questo capitolo vengono presentate le analisi dei consumi energetici che ENEA ha svolto sulla base dei dati forniti con le diagnosi energetiche obbligatorie caricate sul portale AUDIT102 negli anni 2019 e 2020. Si fa presente che ogni diagnosi energetica è sempre riferita ad un singolo sito produttivo.

##### 5.2.2.1. Il campione dati

Le diagnosi pervenute ad ENEA la cui analisi del processo produttivo del sito era riconducibile a quello dell'incenerimento dei rifiuti sono state 26, di cui:

- 20 appartenenti al Codice ATECO 38.21.09;
- 1 appartenente al Codice ATECO 38.11.00;
- 2 appartenenti al Codice ATECO 38.22.00;
- 3 appartenenti al Codice ATECO 35.11.00.

Analizzando le 26 diagnosi (siti) sulla base del combustibile utilizzato, si ha:

- 19 siti utilizzano solo rifiuti non precedentemente trasformati in CSS o pulper di cartiera;
- siti utilizzano CSS insieme a rifiuti non trattati o fanghi, di questi solamente quattro producono CSS in loco.

Infine, va rilevato che tra i siti analizzati, 8 sono collegati ad una rete di Teleriscaldamento.

### 5.2.2.2. Distribuzione dei consumi energetici nel processo di Incenerimento dei rifiuti

I vettori energetici utilizzati in maniera prevalente all'interno dei siti oggetto dell'analisi (non considerando il rifiuto) risultano essere l'Energia elettrica ed il Gas naturale, a cui si aggiunge un moderato utilizzo di Gasolio, mentre per quanto riguarda il GPL il suo utilizzo può essere considerato trascurabile.

Va fatto presente, che i siti oggetto dell'analisi in alcuni casi presentavano all'interno del proprio processo produttivo delle fasi non strettamente legate all'Incenerimento dei rifiuti (es. Selezione meccanica e biostabilizzazione dei rifiuti, produzione CSS/CDR o compost, essiccamento fanghi, trattamento scorie/ceneri o acque reflue di processo, caldaie di Teleriscaldamento, etc.). In considerazione di ciò, nella determinazione delle distribuzioni dei consumi di Energia elettrica e termica, vengono presentate due distinte elaborazioni dati: la prima in cui vengono presi in considerazione tutti i consumi energetici anche delle eventuali fasi non strettamente legate al processo di incenerimento e la seconda in cui tali consumi sono stati esclusi.

La distribuzione dei consumi Elettrici e Termici per l'intero processo di Incenerimento dei rifiuti è mostrata nei due grafici di Figura 39.

In particolare, in Figura 39a i consumi Elettrico e Termico comprendono anche i consumi delle fasi non strettamente legate al processo di Incenerimento, se presenti sul sito: come si può osservare in tale caso circa il 76% dei consumi è di tipo Elettrico, mentre il restante 24% circa è di tipo Termico.

In Figura 39b invece sono stati considerati solo i consumi del processo di Incenerimento, escludendo quindi quelli delle fasi non strettamente legate ad esso: come si può osservare in tale caso la percentuale del consumo Elettrico sale a circa l'81%, mentre il restante 19% circa è un consumo di tipo Termico.

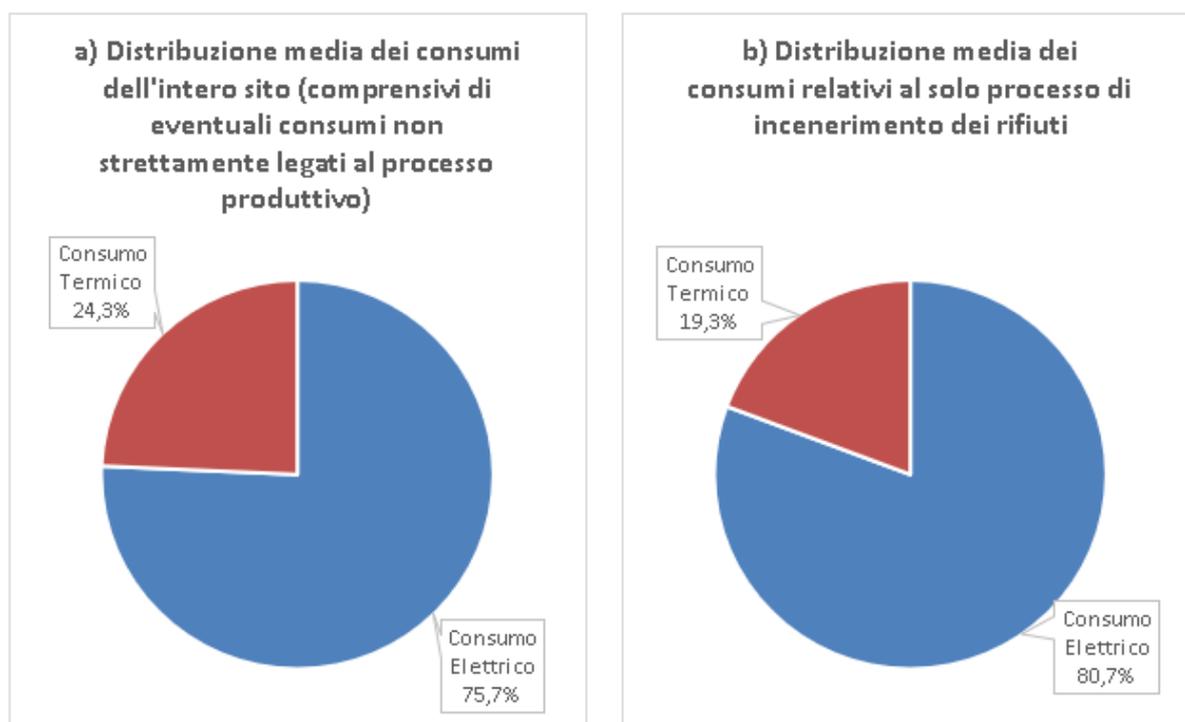


Figura 39 – Distribuzione dei consumi Elettrico e Termico all'interno del sito produttivo: in particolare nella figura a vengono conteggiati anche i consumi al lordo dei consumi non strettamente legati al processo produttivo; nella figura b è rappresentata la distribuzione dei consumi relativi al solo processo di incenerimento dei rifiuti

La distribuzione percentuale di consumi Elettrico e Termico per le Attività Principali è mostrata nei due grafici di Figura 40: in particolare in Figura 40a i consumi Elettrico e Termico delle Attività Principali comprendono anche i consumi delle fasi non strettamente legate al processo di

Incenerimento, se presenti sul sito: come si può osservare in tale caso circa il 74% dei consumi è di tipo Elettrico, mentre il restante 26% circa è di tipo Termico. In Figura 40b invece il consumo Elettrico e Termico delle Attività Principali non comprende i consumi non strettamente legati al processo di Incenerimento: come si può osservare in tale caso il consumo di tipo Elettrico sale a circa il 78%, mentre i consumi Termici, sono pari al restante 22% circa.

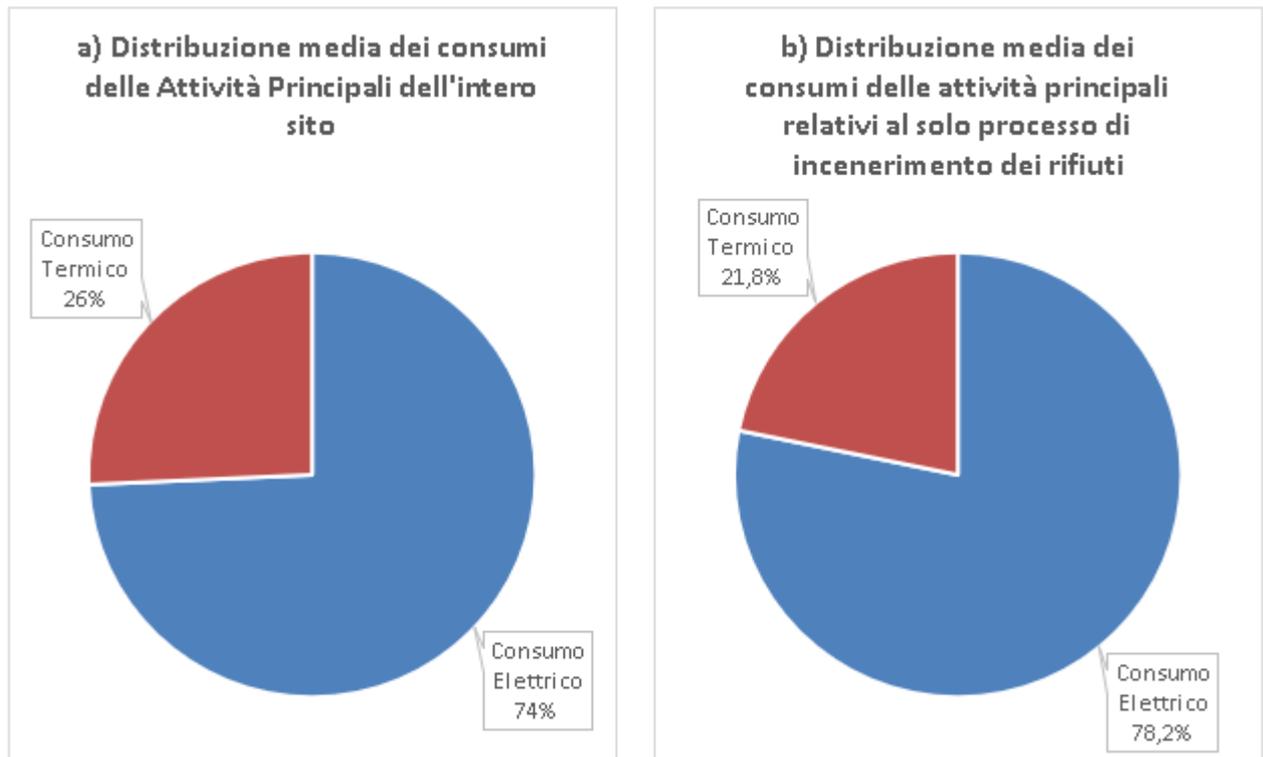


Figura 40 - Distribuzione dei consumi medi Elettrico e Termico delle Attività Principali all'interno del sito produttivo: in particolare nella figura a vengono conteggiati anche i consumi al lordo dei consumi non strettamente legati al processo produttivo; nella figura b è rappresentata la distribuzione dei consumi relativi al solo processo di incenerimento dei rifiuti

La distribuzione del consumo Elettrico nelle 3 Aree Principali è mostrata nella Figura 41. In particolare, nella Figura 41a è mostrata la distribuzione del consumo Elettrico comprendendo anche quello delle fasi non strettamente legate al processo di Incenerimento dei rifiuti, se presenti sul sito. In tale caso il consumo Elettrico si distribuisce per l'88,7% nelle Attività Principali, per il 6,9% nei Servizi Ausiliari, mentre la percentuale di consumo Elettrico dei Servizi Generali ricopre una percentuale del 4,4%. In Figura 41b invece, il consumo Elettrico nelle 3 Aree Principali non comprende i consumi non strettamente legati al processo di Incenerimento. La distribuzione del consumo Elettrico diventa: l'87,3% per le Attività Principali, 7,7% per i Servizi Ausiliari, il restante 5% di consumo elettrico risulta ascrivibile ai Servizi Generali.

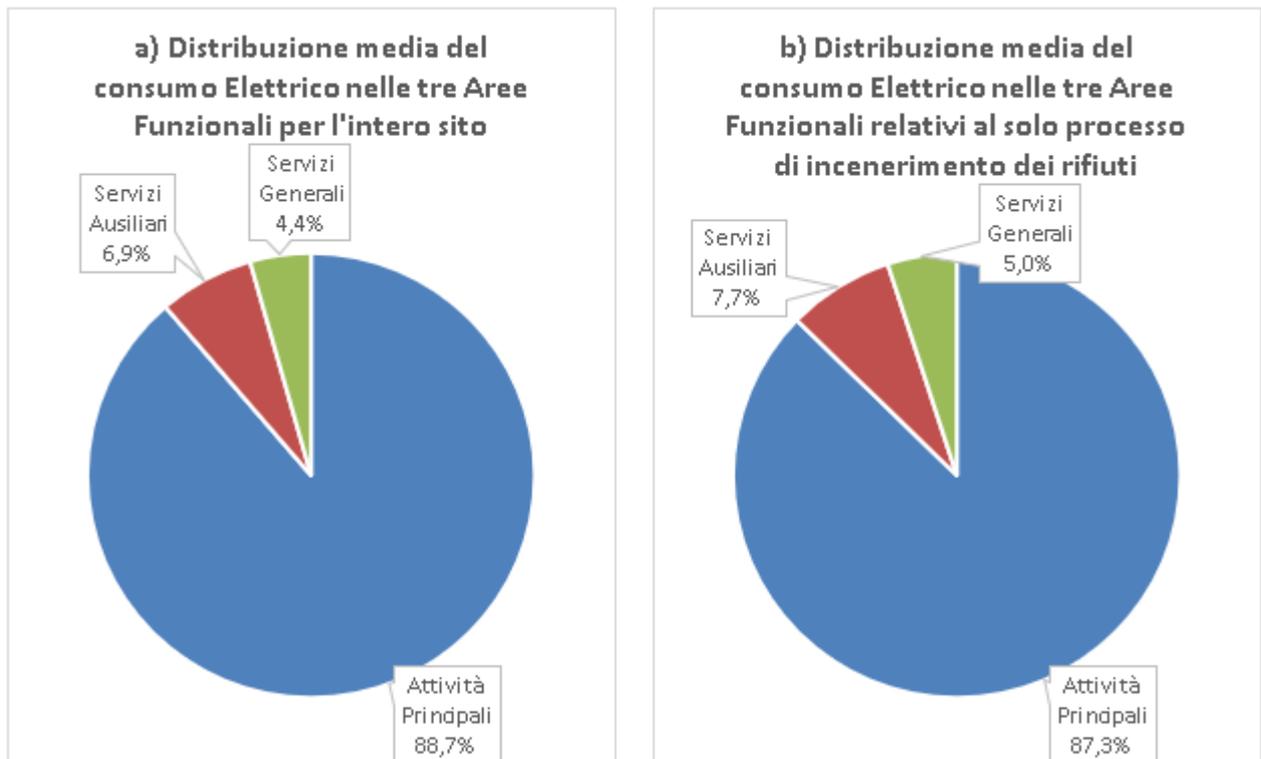


Figura 41 - Distribuzione del consumo medio Elettrico tra le Aree Funzionali: in particolare nella figura a) vengono conteggiati i consumi al lordo di quelli non strettamente legati al processo produttivo; nella figura b) la distribuzione dei consumi si riferisce ai soli strettamente legati al processo produttivo.

La distribuzione del consumo Termico nelle 3 Aree Principali è mostrata nella Figura 42.

In particolare, nella Figura 42a è mostrata la distribuzione del consumo Termico comprendendo anche i consumi delle fasi non strettamente legate al processo di Incenerimento dei rifiuti, se presenti sul sito (in tale caso si tratta principalmente dei consumi di Gas naturale delle caldaie di Teleriscaldamento). In tale caso il consumo Termico è imputabile per il 96,1% alle Attività Principali, mentre i consumi termici dei Servizi Ausiliari sono pari al 3,2%. Trascurabili sono i consumi termici dei Servizi Generali che ricoprono lo 0,8% del consumo totale Termico e sono da imputare ai consumi di Gas naturale (o, in maniera più ridotta, di GPL e Gasolio) per il Riscaldamento ambienti e produzione ACS.

In Figura 42b invece, il consumo Termico nelle 3 Aree Principali non comprende i consumi non strettamente legati al processo di Incenerimento. In questo caso la ripartizione dei consumi termici vede il 94,6% dei consumi termici imputabile alle Attività Principali, il 4,4% ai Servizi Ausiliari e l'1% ai Servizi Generali.

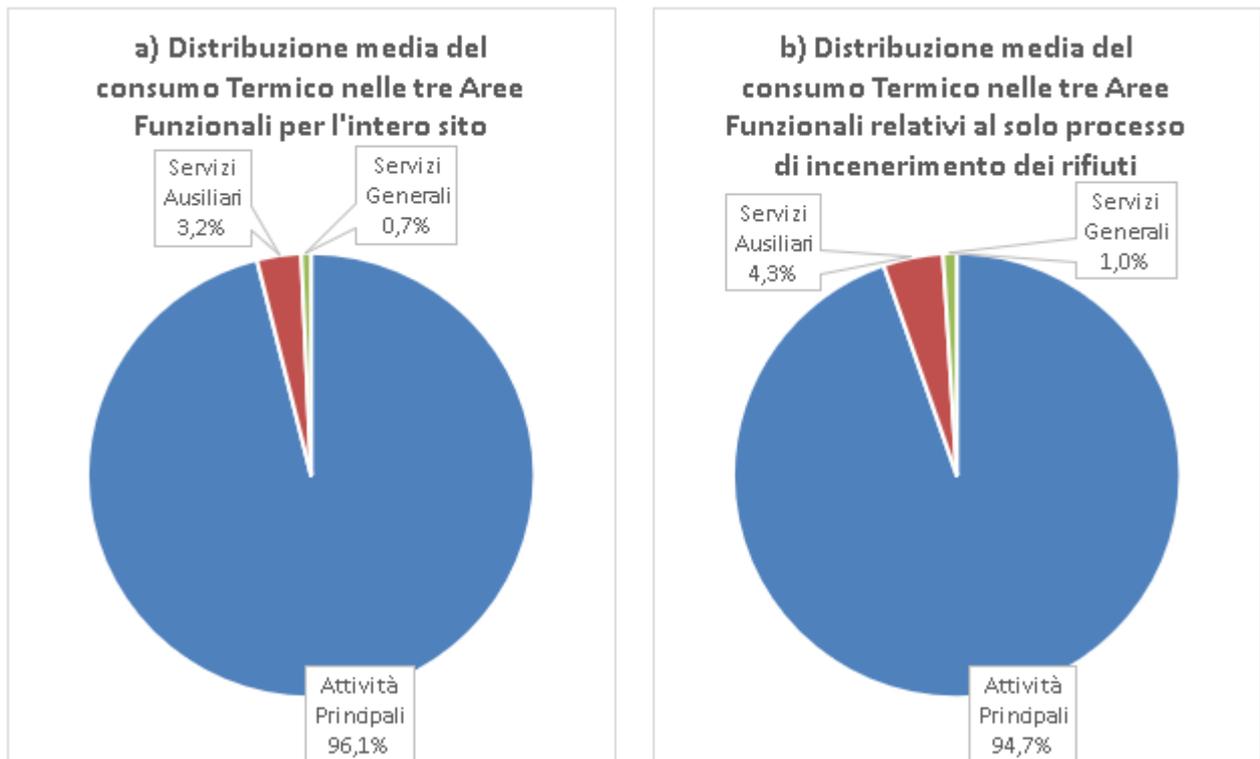


Figura 42 - Distribuzione del consumo medio Termico tra le Aree Funzionali: in particolare nella figura a) vengono conteggiati i consumi al lordo di quelli non strettamente legati al processo produttivo; nella figura b) la distribuzione dei consumi si riferisce ai soli strettamente legati al processo produttivo.

In Figura 43 è mostrata la distribuzione del consumo Termico tra i singoli vettori energetici. In particolare, in Figura 43a sono stati considerati i consumi anche delle fasi non strettamente legate al processo di Incenerimento. In questo caso quasi il 90% dei consumi termici è legato all'utilizzo di Gas naturale, mentre il Gasolio ricopre solamente il 10% circa dei consumi. In Figura 43b, invece, sono stati esclusi i consumi delle fasi non strettamente legate al processo di Incenerimento.: In questo caso l'utilizzo del Gas Naturale ricopre quasi l'86% dei consumi termici, mentre il restante 14% è ascrivibile all'utilizzo di Gasolio. Il consumo di GPL, in entrambi i casi, è trascurabile (corrisponde allo 0,02% circa del consumo Termico).

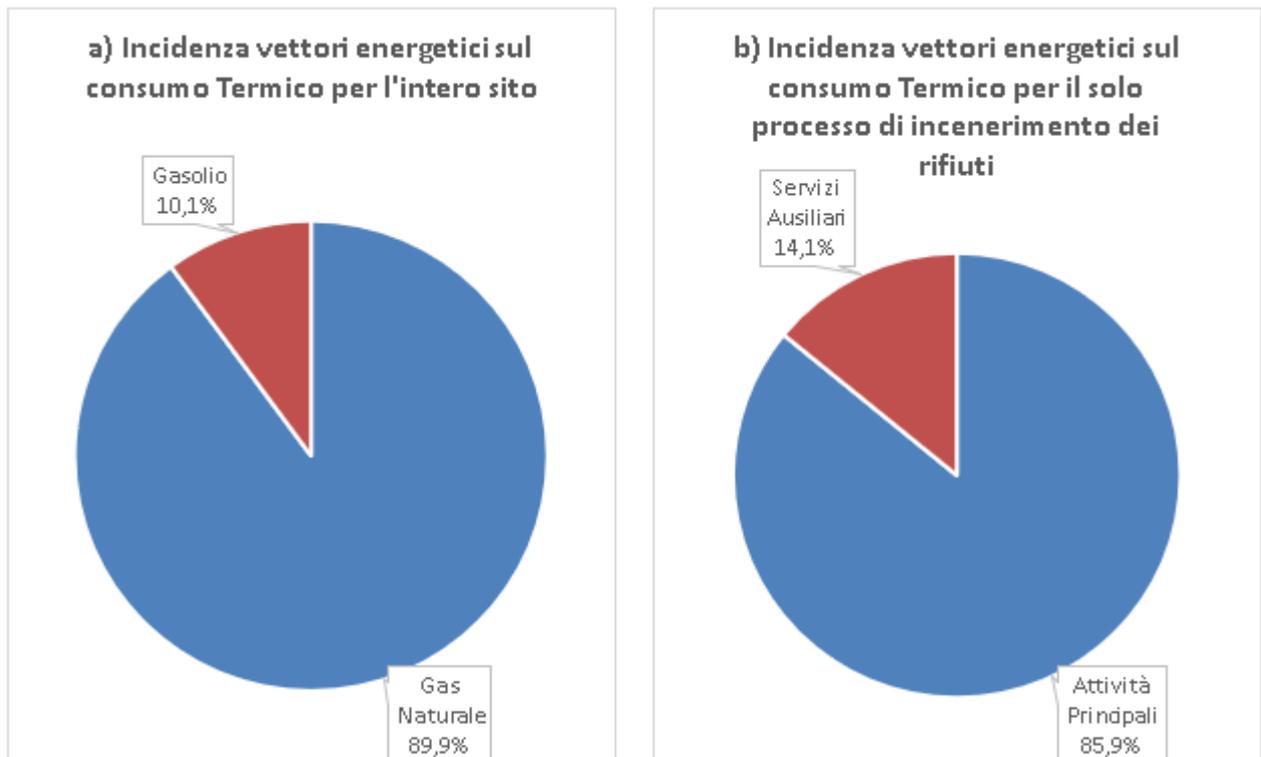


Figura 43 – Incidenza dei vettori energetici sul consumo Termico: in particolare nella figura a) vengono conteggiati i consumi al lordo di quelli non strettamente legati al processo produttivo; nella figura b) la distribuzione dei vettori si riferisce ai soli consumi strettamente legati al processo produttivo.

In Figura 44 è riportata la distribuzione del consumo Elettrico all'interno dell'Attività Principale.

Nella Figura 44a la ripartizione dei consumi tiene conto anche dei consumi non strettamente legati al processo di Incenerimento. Dalla figura si evince che la maggiore percentuale del consumo Elettrico è da imputare alla fase "Ciclo Termico" che ricopre il 33,8% del totale del consumo Elettrico, le fasi di "Depurazione fumi" e "Forno o Generatore di Vapore" ricoprono rispettivamente il 27,8 e il 23,6 % del consumo Elettrico. La fase di Movimentazione/Alimentazioni rifiuti riguarda solo il 3,6% dei consumi elettrici, mentre il restante 11,2% è ascrivibile ai consumi non strettamente legati al processo di incenerimento dei rifiuti (Pretrattamento rifiuti, Produzione di compost, Trattamento scorie e ceneri e acque reflue di processo, ecc.).

In Figura 44b viene mostrata la ripartizione del consumo elettrico considerando solo i consumi strettamente legati al processo di incenerimento dei rifiuti. Ripartizione del consumo elettrico che vede crescere la fase "Ciclo Termico" al 38,1% del totale del consumo Elettrico, quelle di "Depurazione fumi" e "Forno o Generatore di vapore" rispettivamente al 31,3% ed al 26,6 %; ed al 4,1% la fase di "Movimentazione o Alimentazioni" rifiuti.

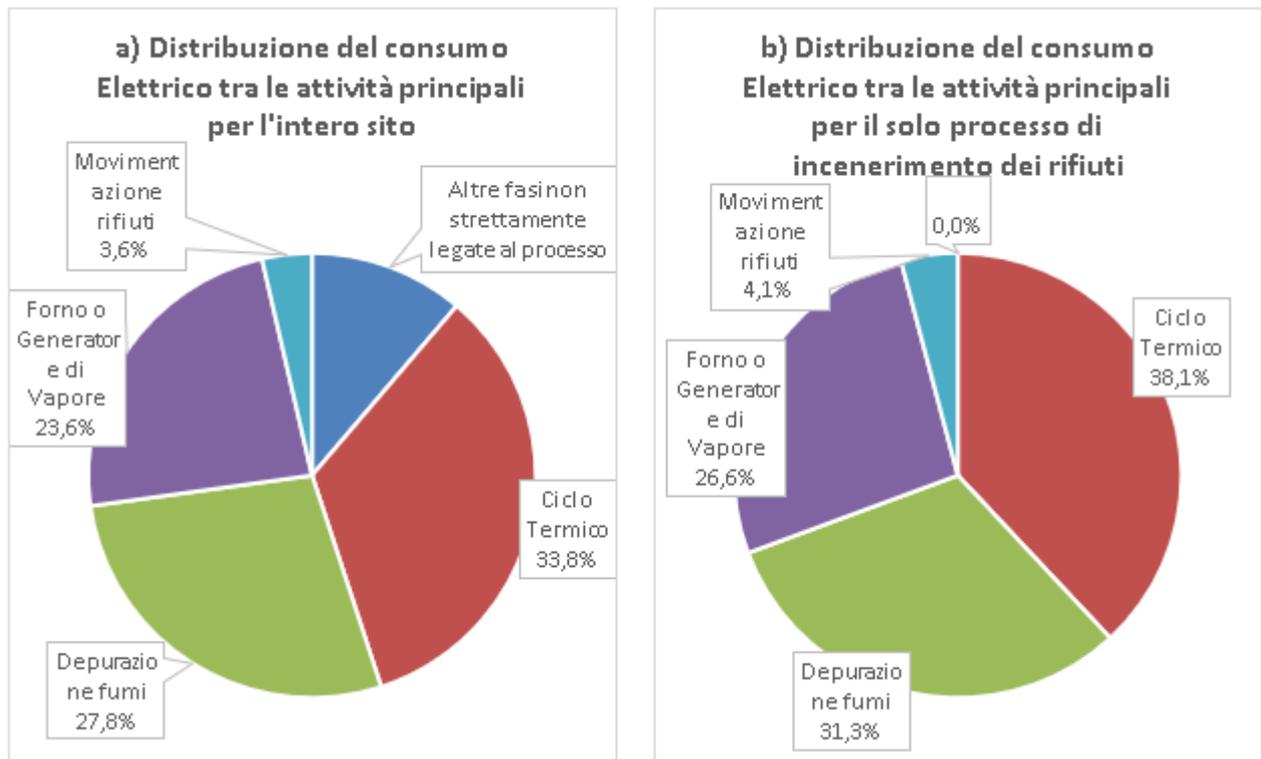


Figura 44 – Distribuzione del consumo Elettrico tra le fasi dell’Attività Principale: in particolare nella figura a) vengono conteggiati anche i consumi non strettamente legati al processo produttivo dell’incenerimento dei rifiuti; nella figura b), invece la distribuzione dei vettori si riferisce ai soli consumi strettamente legati al processo produttivo.

In Figura 45 è riportata la distribuzione percentuale del consumo Termico nelle tre le principali fasi presenti all’interno dell’Attività Principale. Rispetto al consumo Elettrico in questo caso sono presenti solamente due fasi relative al processo produttivo di incenerimento dei rifiuti: “Forno o Generatore di Vapore” e “Depurazione Fumi”, tra le fasi non direttamente ascrivibili al processo di Incenerimento dei rifiuti quella che ha il peso maggiore è quella relativa al Teleriscaldamento. In particolare, nella Figura 45a, che tiene conto anche dei consumi non strettamente legati al processo di Incenerimento più della metà del consumo Termico è da imputare alla fase di “Forno o Generatore di vapore” (54,1%), mentre la percentuale della fase di Depurazione fumi è pari al 29,1%; la quota parte non ascrivibile strettamente al processo di incenerimento dei rifiuti copre il 16,8%.

In Figura 45b sono invece riportati solamente i consumi strettamente legati al processo di incenerimento dei rifiuti. In questo caso il Forno o Generatore di Vapore assorbe il 76,4%, mentre la percentuale della fase di Depurazione fumi è pari al 23,6%.

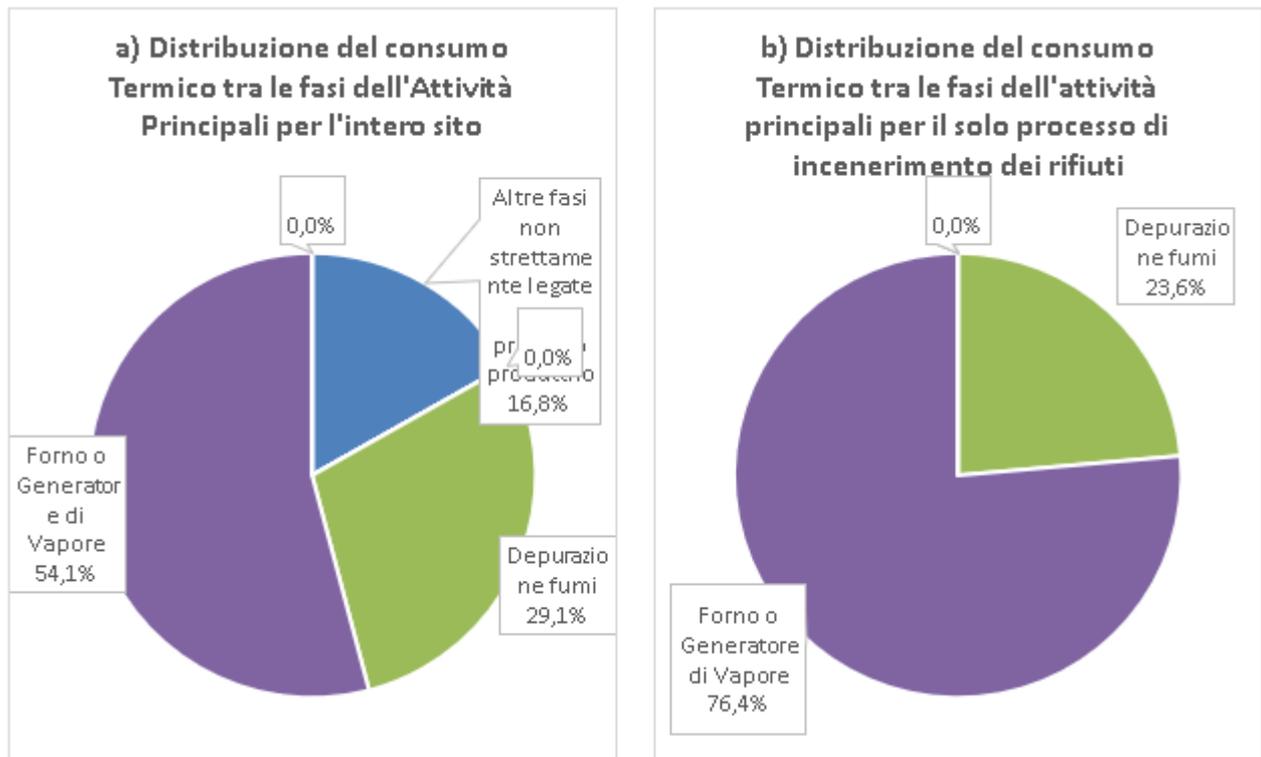


Figura 45 - Distribuzione del consumo Termico tra le fasi dell'Attività Principale: in particolare nella figura a) vengono conteggiati anche i consumi non strettamente legati al processo produttivo dell'incenerimento dei rifiuti (es.: teleriscaldamento); nella figura b), invece la distribuzione dei vettori si riferisce ai soli consumi strettamente legati al processo produttivo.

In Figura 46 è riportate le distribuzioni percentuale del consumo Termico nelle tre principali fasi presenti all'interno dell'Attività Principale

In Figura 46a la ripartizione dei consumi tiene conto anche dei consumi non strettamente legati al processo di Incenerimento. Circa il 33% del consumo Totale è da imputare alla fase "Forno o Generatore di vapore", mentre le fasi "Ciclo termico" e "Depurazioni fumi" coprono entrambe il 26,4%; alla fase di Movimentazione/Alimentazione rifiuti è da imputare il 2,8% del consumo Totale, mentre la percentuale restante dell'11,3%, è da attribuirsi alle fasi non strettamente legate al processo di Incenerimento.

In Figura 46b invece sono stati esclusi i consumi delle fasi non strettamente legate al processo di Incenerimento. Circa il 37% del consumo Totale è in tale caso da imputare alla fase "Forno o Generatore di vapore", mentre le fasi "Ciclo termico" e "Depurazioni fumi" coprono entrambe il 29,8%; infine alla fase di Movimentazione/Alimentazione rifiuti è da imputare il 3,2% del consumo Totale.

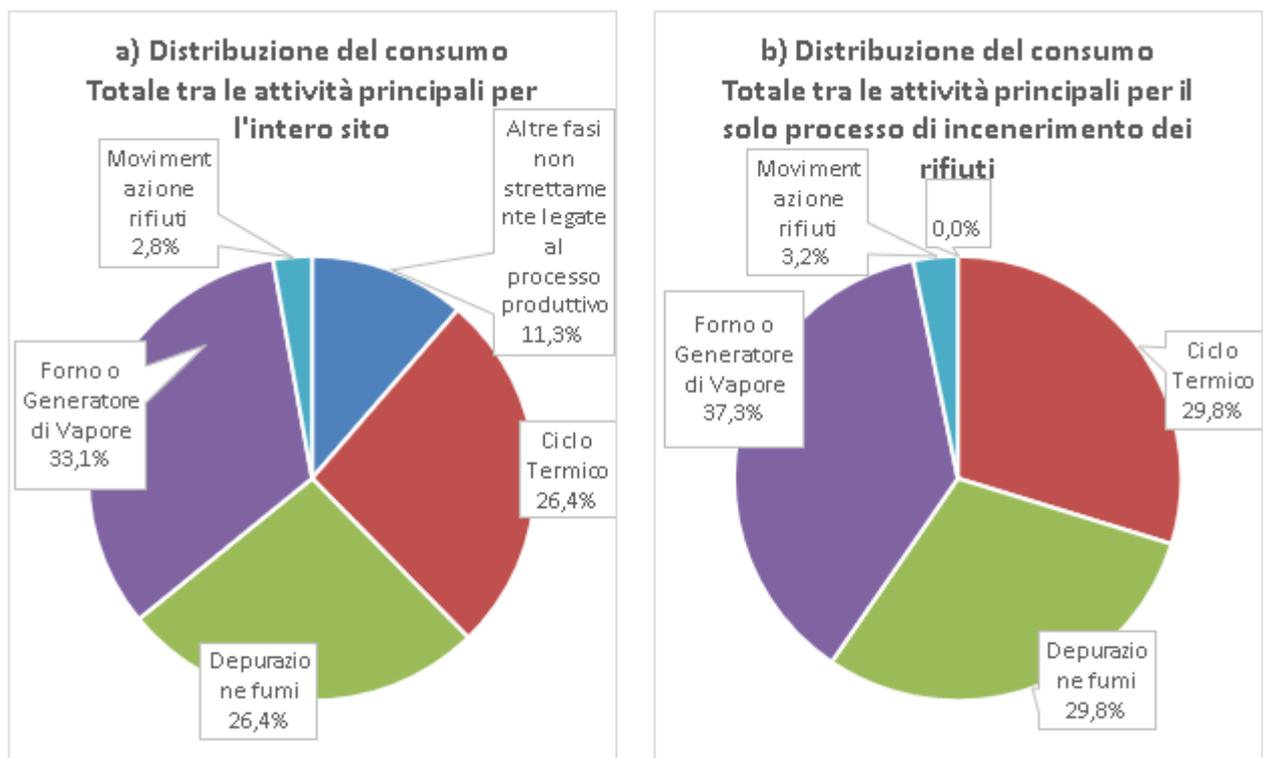


Figura 46 - Distribuzione del consumo Totale tra le fasi dell'Attività Principale: in particolare nella figura a) vengono conteggiati anche i consumi non strettamente legati al processo produttivo dell'incenerimento dei rifiuti (es.: teleriscaldamento); nella figura b), invece la distribuzione dei vettori si riferisce ai soli consumi strettamente legati al processo produttivo.

### 5.2.2.3. Indici prestazionali generali (IPEg)

Dall'analisi ed elaborazione dei dati contenuti nelle diagnosi pervenute nel 2019 e nel 2020 relative ai siti in cui si effettua l'incenerimento dei rifiuti, sono stati determinati i principali Indici di prestazione energetica generali, così come indicato nella Guida Utilitalia [31] per il settore specifico.

In particolare:

- Indici prestazioni riferiti ai consumi di Energia Elettrica (EE) e Gas naturale (GN);
- Indici prestazioni riferiti alle produzioni di Energia Elettrica (EE) e di Energia Termica (Eth).

Un indice prestazionale adimensionale riferito alla somma dell'energia associata ai vettori energetici in ingresso all'impianto e all'Apporto energetico dei rifiuti.

Le elaborazioni effettuate hanno previsto la determinazione di:

- Retta di regressione;
- IPE medio con la rispettiva deviazione standard.

#### 5.2.2.3.1. Indici prestazionali riferiti ai consumi

Gli Indici prestazionali riferiti ai consumi sono definiti come:

- IPE consumo Elettrico = Consumo EE / Apporto energetico dei rifiuti (kWh/MWh);
- IPE consumo Gas naturale = Consumo gas naturale / Apporto energetico dei rifiuti (Sm<sup>3</sup>/MWh).

#### 5.2.2.3.2. IPE consumo Elettrico

L'IPE relativo al consumo Elettrico viene determinato dal rapporto:

$$IPE_{Elettrico} \left[ \frac{kWh}{MWh} \right] = \frac{\text{Consumo EE [kWh]}}{\text{Apporto energetico dei rifiuti [MWh]}}$$

Va detto che per la determinazione dell'IPE sono stati considerati solamente i consumi strettamente legati al processo di incenerimento dei rifiuti.

In Figura 47 ed in Tabella 45 vengono riportati rispettivamente la retta di regressione ricavata dall'elaborazione dei dati delle diagnosi considerando il consumo Elettrico in funzione dell'Apporto Energetico dei rifiuti ed i parametri riassuntivi della regressione stessa.

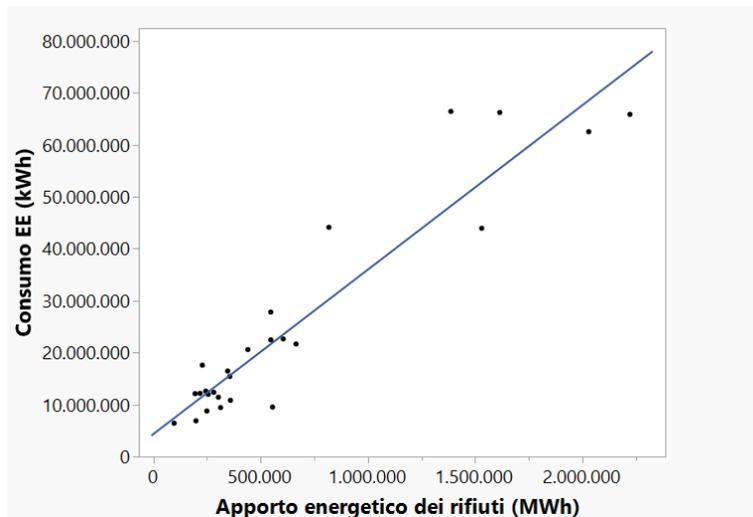


Figura 47 - Consumo Elettrico in funzione dell'Apporto Energetico dei rifiuti

Rette di Regressione: Consumo Elettrico[kWh] vs Apporto Energetico dei rifiuti [MWh]						
Consumo EE (kWh) = 4.338.627,6 + 31,67 * Apporto Energetico dei rifiuti (MWh) Int. Confidenza > 99%						
	R <sup>2</sup>	R	P <sub>value</sub>	N	R <sub>crit (bidirezionale) α=0,05</sub>	R <sub>crit (bidirezionale) α=0,01</sub>
<b>Consumo Energia Elettrico [kWh]</b>	0,884	0,940	<0,0001	26	0,3809	0,4869

Tabella 45 - Parametri della retta di regressione del Consumo Elettrico in funzione dell'Apporto Energetico dei rifiuti

In Tabella 17 è riportato l'IPE medio del consumo Elettrico e la relativa deviazione standard per due intervalli di Apporto Energetico dei rifiuti. Nella tabella è riportata anche l'affidabilità dell'IPE del consumo Elettrico medio.

Unità misura utilizzate	Apporto energetico dei rifiuti		MWh	
	Consumo Elettrico		kWh	
	IPE		kWh/MWh	
Campo variazione apporto energetico rifiuti		IPE	Affidabilità	
Min	Max			
MWh	MWh	kWh/MWh	Coeff. di Variazione	Livello di affidabilità
96.000	250.000	58,07 ± 14,46	25%	<b>MEDIO</b>
250.000	2.221.000	38,66 ± 9,30	24%	<b>MEDIO</b>

Tabella 46 - IPE medio del consumo Elettrico in funzione dell'Apporto Energetico dei rifiuti e relativa deviazione standard

#### 5.2.2.3.3. IPE consumo Gas naturale

L'IPE relativo al consumo di Gas Naturale viene determinato dal rapporto:

$$IPE_{GasNaturale} \left[ \frac{Sm^3}{MWh} \right] = \frac{Consumo\ GN\ [Sm^3]}{Apporto\ energetico\ dei\ rifiuti\ [MWh]}$$

Dal consumo di Gas naturale sono stati esclusi i consumi destinati alle caldaie del teleriscaldamento, in quanto non strettamente inerenti ai consumi del processo di Incenerimento dei rifiuti e non sempre presenti nei siti considerati.

La retta di regressione ricavata dall'elaborazione dei dati di consumo di Gas naturale in funzione dell'Apporto Energetico dei rifiuti è mostrata in Figura 48, mentre nella Tabella 47 sono riassunti i parametri della regressione stessa.

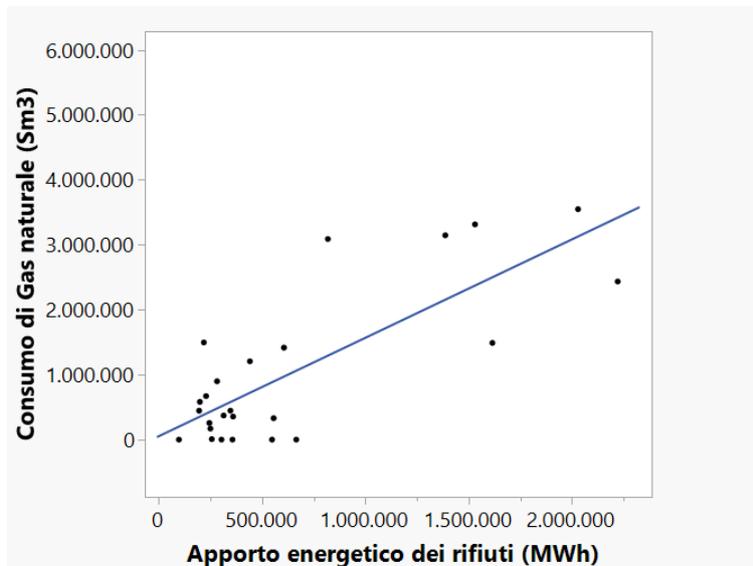


Figura 48 - Consumo di Gas naturale in funzione dell'Apporto Energetico dei rifiuti

Rette di Regressione: Consumo G.N.[Sm³] vs Apporto Energetico dei rifiuti [MWh]						
Consumo Gas naturale (Sm³) = 53.875,4 + 1,515 * Apporto Energetico dei rifiuti (MWh)						
Int. Confidenza > 99%						
	R <sup>2</sup>	R	P <sub>value</sub>	N	R <sub>crit</sub> (bidirezionale) α=0,05	R <sub>crit</sub> (bidirezionale) α=0,01
<b>Consumo Gas Naturale [Sm³]</b>	0,620	0,878	< 0,0001	25	0,3809	0,4869

Tabella 47 - Parametri della retta di regressione del Consumo di Gas naturale in funzione dell'Apporto Energetico dei rifiuti

In Tabella 48 è riportato l'IPE medio del consumo di Gas naturale e la relativa deviazione standard. Nella tabella è riportata anche l'affidabilità dell'IPE di Gas naturale medio.

Unità misura utilizzate	Apporto Energetico dei rifiuti		MWh
	Consumo Gas Naturale		Sm <sup>3</sup>
	IPE		Sm <sup>3</sup> /MWh
Campo variazione apporto energetico rifiuti		IPE	Affidabilità
Min	Max		

MWh	MWh	Sm <sup>3</sup> /MWh	Coeff. di Variazione	Livello di affidabilità
96.000	244.000	3,01 ± 2,48	82%	<b>BASSO</b>
244.001	2.221.000	1,30 ± 1,13	87%	<b>BASSO</b>

Tabella 48 - IPE medio del consumo di Gas naturale in funzione dell’Apporto Energetico dei rifiuti e relativa deviazione standard

5.2.2.3.4. Indici prestazionali riferiti alle produzioni

Gli Indici prestazionali riferiti alle produzioni sono definiti come:

- IPE EE prodotta = Produzione EE / Apporto energetico dei rifiuti [MWh/MWh];
- IPE EE esportata = Esportazione EE/ Apporto energetico dei rifiuti [MWh/MWh];
- IPE ETh prodotta = Produzione ETh / Apporto energetico dei rifiuti [MWh/MWh].

5.2.2.3.4.1. IPE Produzione (lorda) di Energia Elettrica

L’IPE relativo alla produzione di Energia Elettrica viene determinato dal rapporto:

$$IPE_{Produzione\_EE} \left[ \frac{MWh}{MWh} \right] = \frac{Produzione\ EE\ [kWh]}{Apporto\ energetico\ dei\ rifiuti\ [MWh]}$$

La retta di regressione ricavata dall’elaborazione della produzione di energia elettrica in funzione dell’Apporto energetico dei rifiuti è mostrata in Figura 49, mentre nella Tabella 49 sono riassunti i parametri della regressione stessa. Come si può osservare dalla Tabella 49 in questo caso il valore dell’intercetta della retta è negativo, a causa della vicinanza del valore teorico della produzione di EE molto prossimo a zero per un apporto energetico nullo. Il valore negativo dell’intercetta risulta quindi essere dovuta al normale errore indotto dalla dispersione statistica causata anche dalla mancanza di dati per valori di apporto energetico prossimi a zero. Tuttavia l’equazione può essere considerato accettabile all’interno del campo di esistenza dei dati forniti.

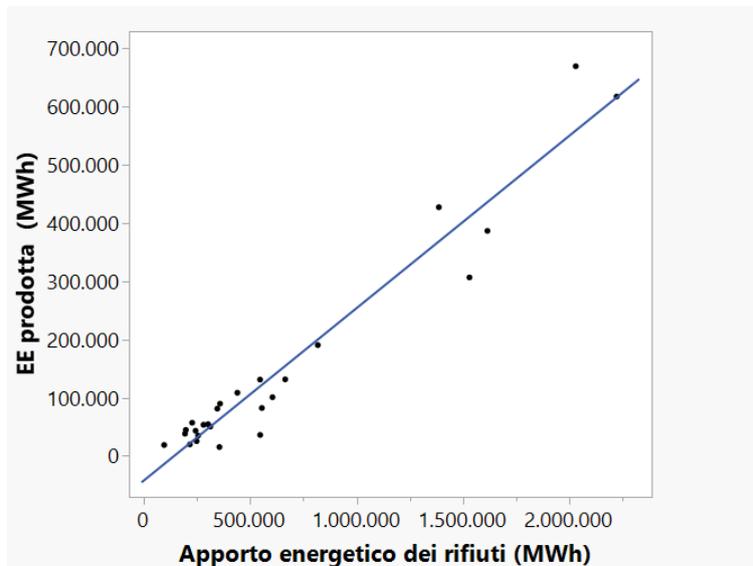


Figura 49 - Energia elettrica (lorda) prodotta in funzione dell'Apporto Energetico dei rifiuti

Rette di Regressione: E.El.lorda.prodotta [MWh] vs Apporto Energetico dei rifiuti [MWh]						
Energia El. prodotta [MWh] = -42.485,7 + 0,2965 * Apporto Energetico dei rifiuti [MWh]						
Int. Confidenza > 99%						
	R <sup>2</sup>	R	P <sub>value</sub>	N	R <sub>crit</sub> (bidirezionale) α=0,05	R <sub>crit</sub> (bidirezionale) α=0,01
Energia Elettrica Prodotta [MWh]	0,943	0,971	< 0,0001	26	0,3809	0,4869

Tabella 49 - Parametri della retta di regressione dell'Energia elettrica (lorda) prodotta in funzione dell'Apporto Energetico dei rifiuti

In Tabella 50 è riportato l'IFE medio percentuale della produzione di energia elettrica (MWhprodotti) in funzione dell'Apporto Energetico dei rifiuti (MWhrifiuti) con la relativa deviazione standard e livello di affidabilità. In tale caso l'indicatore prestazionale costituisce di fatto un rendimento percentuale lordo (in quanto si è presa in esame tutta l'energia elettrica prodotta) del processo di Incenerimento dei rifiuti.

Unità misura utilizzate	Apporto Energetico dei rifiuti	MWh <sub>rifiuti</sub>
	Energia Elettrica lorda prodotta	MWh <sub>prodotto</sub>
	IFE	% (MWh <sub>prodotto</sub> /MWh <sub>rifiuti</sub> )
Campo variazione apporto energetico rifiuti	IFE	Affidabilità

Min	Max			
MWh	MWh	%	Coeff. di Variazione	Livello di affidabilità
96.000	818.000	17,51 ± 6,18	35%	MEDIO
818.001	2.221.000	26,49 ± 4,92	19%	ALTO

Tabella 50 - IPE medio dell’Energia elettrica lorda prodotta in funzione dell’Apporto Energetico dei rifiuti e relativa deviazione standard

5.2.2.3.4.2. IPE Energia Elettrica esportata (Produzione netta)

L’IPE relativo all’Energia Elettrica esportata viene determinato dal rapporto:

$$IPE_{EE\_esportata} \left[ \frac{MWh}{MWh} \right] = \frac{EE\_esportata [kWh]}{Apporto\ energetico\ dei\ rifiuti [MWh]}$$

La retta di regressione ricavata dall’elaborazione dell’esportazione di energia elettrica in funzione dell’Apporto energetico dei rifiuti è mostrata in Figura 50, mentre nella Tabella 51 sono riassunti i parametri della regressione stessa. Come si può osservare dalla Tabella 51 in questo caso il valore dell’intercetta della retta è negativo, questo è dovuta alla vicinanza del valore teorico dell’EE esportata molto prossimo a 0 per un apporto energetico nullo, il valore negativo dell’intercetta risulta quindi essere dovuta al normale errore indotto dalla dispersione statistica causata anche dalla mancanza di dati per valori di apporto energetico prossimi a zero, tuttavia l’equazione può essere considerata accettabile all’interno del campo di esistenza dei dati forniti.

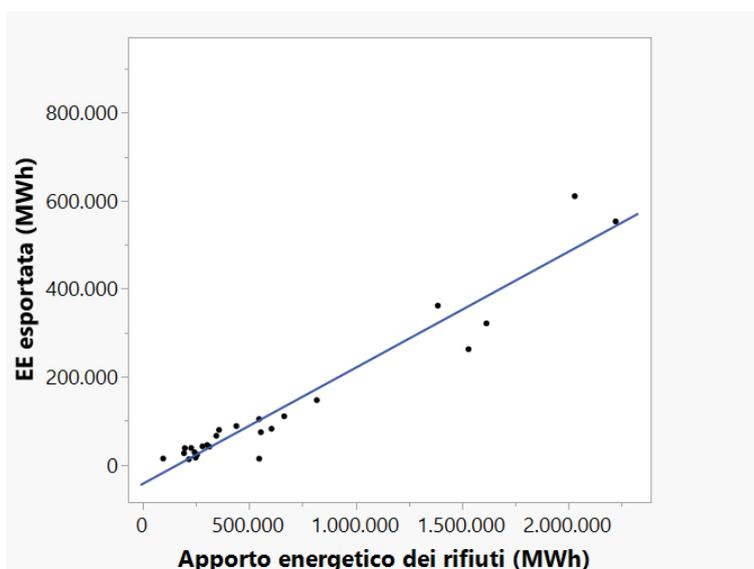


Figura 50 - Energia elettrica esportata in funzione dell’Apporto Energetico dei rifiuti

Rette di Regressione E.El.esportata [MWh] vs Apporto Energetico dei rifiuti [MWh]						
E.El.esportata [MWh] = -46.347,5 + 0,2655 * Apporto Energetico dei rifiuti [MWh]						
Int. Confidenza > 99%						
	R <sup>2</sup>	R	P <sub>value</sub>	N	R <sub>crit</sub> (bidirezionale) α=0,05	R <sub>crit</sub> (bidirezionale) α=0,01
<b>Energia Elettrica esportata [MWh]</b>	0,933	0,966	< 0,0001	25	0,3809	0,4869

Tabella 51 - Parametri della retta di regressione dell'Energia Elettrica esportata in funzione dell'Apporto Energetico dei rifiuti

In Tabella 52 è riportato l'IPE medio percentuale della esportazione di energia elettrica ( $MWh_{\text{esportati}}$ ) in funzione dell'Apporto Energetico dei rifiuti ( $MWh_{\text{rifiuti}}$ ) con la relativa deviazione standard e livello di affidabilità. In tale caso l'indicatore prestazionale costituisce di fatto un rendimento percentuale netto (in quanto si è presa in esame l'energia elettrica esportata) del processo di Incenerimento dei rifiuti.

Unità misura utilizzate	Apporto Energetico dei rifiuti		$MWh_{\text{rifiuti}}$	
	Energia Elettrica esportata		$MWh_{\text{esportato}}$	
	IPE		% ( $MWh_{\text{esportato}}/MWh_{\text{rifiuti}}$ )	
Campo variazione apporto energetico rifiuti		IPE	Affidabilità	
Min	Max		Coeff. di Variazione	Livello di affidabilità
MWh	MWh	%		
96.000	1.386.000	14,24 ± 5,11	36%	<b>MEDIO</b>
1.386.001	2.221.000	23,64 ± 5,12	22%	<b>MEDIO</b>

Tabella 52 - IPE medio dell'Energia elettrica esportata in funzione dell'Apporto Energetico dei rifiuti e relativa deviazione standard

#### 5.2.2.3.4.3. IPE Energia Termica prodotta

L'IPE relativo alla produzione di Energia termica prodotta viene determinato dal rapporto:

$$IPE_{Produzione\_ETH} \left[ \frac{MWh}{MWh} \right] = \frac{Produzione\ ETH\ [kWh]}{Apporto\ energetico\ dei\ rifiuti\ [MWh]}$$

In Figura 51 è riportata la retta di regressione ricavata dall’elaborazione dei dati relativi alla produzione di energia termica in funzione dell’Apporto energetico dei rifiuti, mentre in Tabella 53 sono riassunti i parametri della regressione stessa.

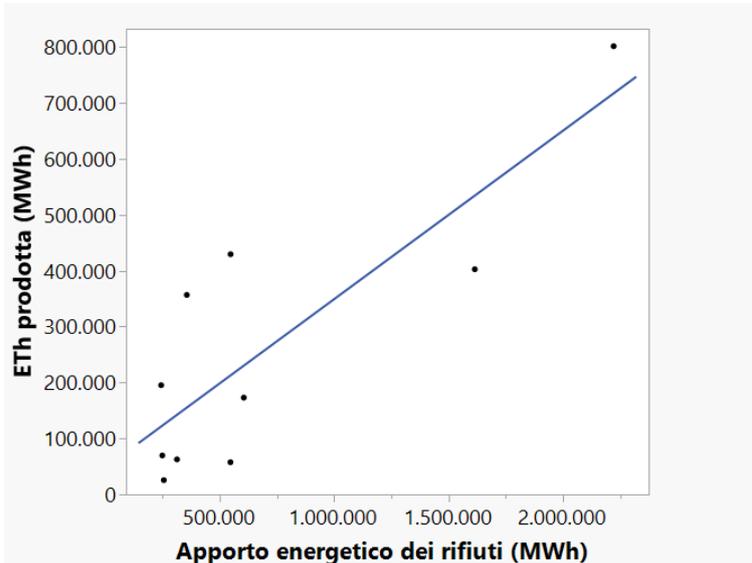


Figura 51 - Energia Termica prodotta in funzione dell’Apporto Energetico dei rifiuti

Rette di Regressione: E.Th.prodotta [MWh] vs Apporto Energetico dei rifiuti [MWh]						
EnergiaTh prodotta (MWh) = 48.041,7 + 0,3013 * Apporto Energetico dei rifiuti (MWh)						
Int. Confidenza > 99%						
	R <sup>2</sup>	R	Pvalue	N	R <sub>crit</sub> (bidirezionale) α=0,05	R <sub>crit</sub> (bidirezionale) α=0,01
<b>Energia termica prodotta (MWh)</b>	0,693	0,832	0,0028	10	0,5760	0,693

Tabella 53 - Parametri della retta di regressione dell’Energia Termica prodotta in funzione dell’Apporto Energetico dei rifiuti

Tabella 54 è riportato l’IPE medio percentuale della produzione di energia termica (MWh<sub>th\_prodotti</sub>) in funzione dell’Apporto Energetico dei rifiuti (MWh<sub>rifiuti</sub>) con la relativa deviazione standard e livello di affidabilità. In tale caso l’indicatore prestazionale costituisce di fatto un rendimento percentuale lordo (in quanto si è presa in esame l’energia termica prodotta) del processo di Incenerimento dei rifiuti.

Unità misura utilizzate	Apporto Energetico dei rifiuti	MWh <sub>rifiuti</sub>
	Energia termica prodotta	MWh <sub>th_prodotti</sub>
	IPE	% (MWh <sub>th_prodotti</sub> /MWh <sub>rifiuti</sub> )

Campo variazione apporto energetico rifiuti		IPE	Affidabilità	
Min	Max		Coeff. di variazione	Livello di affidabilità
MWh	MWh	%		
244.000	2.221.000	41,71 ± 32,26	77%	<b>BASSO</b>

Tabella 54 - IPE medio dell’Energia termica prodotta in funzione dell’Apporto Energetico dei rifiuti e relativa deviazione standard

#### 5.2.2.3.5. IPE generale adimensionale

L’IPE generale adimensionale riferito alla somma dell’energia elettrica e termica esportate (esprese in tep), è determinato dalla seguente formula:

$$IPE_{generale} \left[ \frac{tep}{tep} \right] = \frac{EE_{esportata}[MWh] * 0.187 + ETH_{esportata}[MWh] * 0,095}{(Apporto energetico dei rifiuti [MWh] + ETH_{ingresso}[MWh]) * 0.095}$$

Per questo IPE sono state fatte due distinte elaborazioni rispettivamente per i siti che esportano sia energia elettrica che energia termica e per i siti che invece esportano solo energia elettrica. Le due distinte elaborazioni sono mostrate in Figura 52 e Figura 53, mentre i parametri statistici sono riassunti nella Tabella 55e Tabella 57.

In particolare, in Figura 52, riferita ai siti che esportano sia energia elettrica che termica, è riportata la retta di regressione ricavata dall’elaborazione del totale di energia associata ai vettori energetici in ingresso e valorizzazione energetica dei rifiuti rispetto alla somma dell’energia elettrica e termica esportata (esprese in tep). Nella Tabella 55 sono riassunti i parametri statistici della regressione stessa.

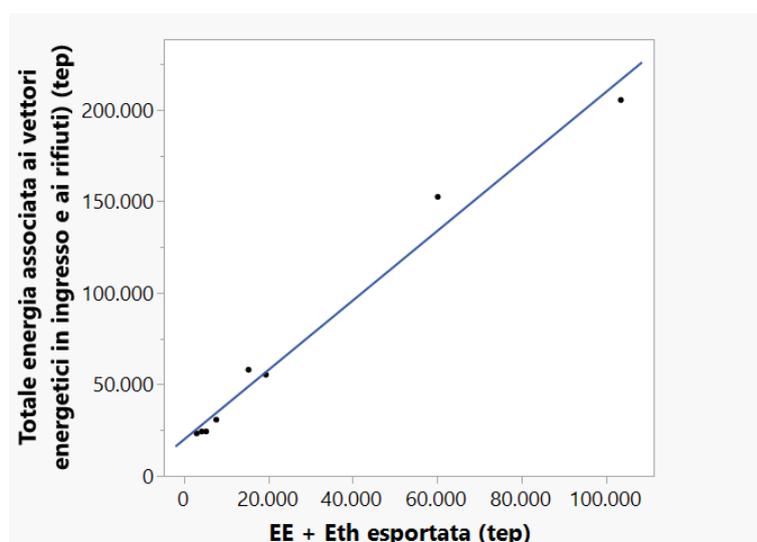


Figura 52 - Totale Energia associata ai vettori energetici in ingresso e ai rifiuti in funzione dell’Energia Elettrica e Termica esportata per i siti che esportano sia energia elettrica che termica

<b>Rette di Regressione: (E<sub>in</sub> + E<sub>rifiuti</sub>) [tep] vs (E<sub>El</sub>esportata + E<sub>th</sub>esportata)</b>						
Energia in ingresso (tep) = 19.748,8 + 1,901 * Energia elettrica più termica esportata (tep)						
Int. Confidenza > 99%						
	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R</b>	<b>P<sub>value</sub></b>	<b>N</b>	<b>R<sub>crit</sub> (bidirezionale) α=0,05</b>	<b>R<sub>crit</sub> (bidirezionale) α=0,01</b>
<b>Vettori energetici e rifiuti in ingresso (tep)</b>	0,982	0,991	< 0,0001	8	0,6319	0,7646

Tabella 55 - Parametri della retta di regressione del totale di energia associata ai vettori energetici in ingresso e ai rifiuti dei in funzione della somma dell'energia elettrica e termica esportata (esprese in tep) per i siti che esportano sia energia elettrica che termica

In particolare, in Tabella 56 è riportato l' IPE medio adimensionale del totale di energia associata ai vettori energetici in ingresso e ai rifiuti (espressa in tep) riferita alla somma dell'energia elettrica e termica prodotte (esprese in tep) e la relativa deviazione standard e livello di affidabilità per i siti che esportano sia energia elettrica che termica.

Unità misura utilizzate	EE + Eth esportata		tep	
	Energia vettori in ingresso + Rifiuti		tep	
	IPE		adimensionale	
Campo variazione Energia totale esportate		IPE	Affidabilità	
Min	Max			
tep	tep	-	Coeff. di Variazione	Livello di affidabilità
6.700	180.000	0,29 ± 0,12	41%	<b>MEDIO</b>

Tabella 56 - IPE medio del totale di energia associata ai vettori energetici in ingresso e ai rifiuti dei in funzione della somma dell'energia elettrica e termica esportata (esprese in tep) per i siti che esportano sia energia elettrica che termica.

In Figura 53, è riportata l'analisi riferita ai siti che esportano solo energia elettrica, con la retta di regressione ricavata dall'elaborazione del totale di energia associata ai vettori energetici in ingresso e valorizzazione energetica dei rifiuti rispetto all'energia elettrica esportata (espressa in tep). Nella Tabella 57 sono riassunti i parametri statistici della regressione stessa.

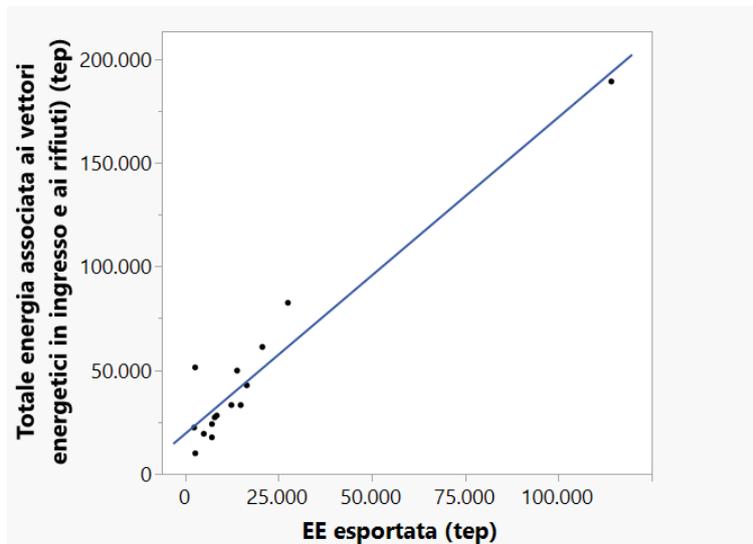


Figura 53 - Totale energia associata ai vettori energetici in ingresso e ai rifiuti in funzione dell'Energia Elettrica esportata per i siti che esportano solo Energia Elettrica

Rette di Regressione: $E_{in} + E_{rifiuti}$ [tep] vs $E_{Esportata}$ [tep]						
Totale Energia in ingresso (tep) = 19.235,0 + 1,567 * Energia elettrica esportata (tep)						
Int. Confidenza > 99%						
	R <sup>2</sup>	R	P <sub>value</sub>	N	R <sub>crit</sub> (bidirezionale) $\alpha=0,05$	R <sub>crit</sub> (bidirezionale) $\alpha=0,01$
<b>Vettori energetici e rifiuti in ingresso (tep)</b>	0,925	0,962	< 0,0001	15	0,4821	0,6055

Tabella 57 - Parametri della retta di regressione del totale di energia associata ai vettori energetici in ingresso e ai rifiuti dei in funzione dell'Energia Elettrica esportata (espressa in tep) per i siti che esportano solo energia elettrica

In Tabella 58 è riportato l' IPE medio adimensionale e del totale di energia associata ai vettori energetici in ingresso e ai rifiuti riferita all'Energia Elettrica esportata (esprese in tep) e la relativa deviazione standard e livello di affidabilità, riferita ai siti che esportano solo energia elettrica.

Unità misura utilizzate	EE esportata	tep
	Energia in ingresso + rifiuti	tep
	IPE	adimensionale
Campo variazione Energia Elettrica esportata	IPE	Affidabilità

Min	Max			
tep	tep	-	Coeff. di Variazione	Livello di affidabilità
2.400	15.000	0,26 ± 0,11	42%	<b>MEDIO</b>
15.001	115.000	0,42 ± 0,11	26%	<b>MEDIO</b>

Tabella 58 - IPE medio del totale di energia associata ai vettori energetici in ingresso e ai rifiuti dei in funzione dell'energia elettrica esportata (espressa in tep) per i siti che esportano solo energia elettrica.

In merito all'Energia termica esportata è necessario definire la metodologia di calcolo. Infatti, ai fini di una determinazione dell'IPE generale adimensionale più preciso, bisogna tener conto dell'aleatorietà del coefficiente moltiplicativo di conversione dell'energia termica da MWh a tep (pari a 0,095).

Seppur valido per una prima analisi, nella pratica industriale vengono adottate altre metodologie che permettono di tenere maggiormente conto anche delle specificità dell'impianto oggetto di diagnosi (taglia, tecnologia, etc.).

Una prima metodologia consiste nel convertire l'energia termica esportata in energia elettrica (espressa in MWh) e poi riportare l'energia elettrica così ricavata da MWh a tep. A tal fine, il coefficiente moltiplicativo, che dipenderà dalle caratteristiche dello specifico impianto, è definito come il rapporto tra il quantitativo di energia elettrica che sarebbe stato prodotto in assenza di produzione combinata di energia termica e elettrica, e l'energia termica prodotta.

In alternativa, un secondo approccio prevede di convertire i MWh di energia termica esportata in tep ipotizzando di aver sostituito caldaie a metano con un valore di rendimento medio stimato (ad es. pari a 0,9), utilizzando il PCI del gas naturale ricavato dalla "Tabella dei parametri standard nazionali per il monitoraggio e la comunicazione dei gas ad effetto serra" pubblicata annualmente.

#### 5.2.2.4. Indici prestazionali specifici (IPEs) - Attività Principali

Dopo la determinazione degli IPE generali, sono stati analizzati consumi delle diverse fasi del processo di Incenerimento dei rifiuti. Per ciascuna fase sono stati determinati l'IPE Elettrico o Termico o entrambi, in funzione della tipologia di consumi presenti, riferiti alla destinazione d'uso specifica della fase in esame. All'interno delle Attività Principali, per il processo di Incenerimento dei rifiuti, si possono individuare quattro fasi:

- I. Fase Movimentazione/Alimentazione dei rifiuti
- II. Fase Forno/Generatore di vapore
- III. Fase Ciclo termico
- IV. Fase Depurazione fumi.

##### 5.2.2.4.1. IPEs Elettrici

Tutte le quattro suddette aree funzionali all'interno delle Attività Principali sono caratterizzate da un consumo di tipo Elettrico. Qui di seguito sono mostrate le elaborazioni effettuate per ognuna delle quattro fasi.

###### 5.2.2.4.1.1. Movimentazione o Alimentazione dei rifiuti

*La fase di Movimentazione/Alimentazione dei rifiuti comprende i seguenti sistemi e componenti:*

- *Scarico dei rifiuti, che raggiungono il sito di incenerimento tramite automezzi dedicati;*
- *Movimentazione dei rifiuti tramite carroporti ad azionamento manuale;*
- *Limitati pretrattamenti dei rifiuti come Triturazione dei rifiuti ingombranti e Apertura balle (necessari per una corretta alimentazione del forno).*

A volte nel sito sono presenti trattamenti più spinti dei rifiuti come, ad esempio, Trattamenti di tipo meccanico-biologico, finalizzati alla produzione di una frazione secca o di un vero e proprio CSS. In tali casi il consumo Elettrico ascrivibile a tali fasi è stato escluso, perché non strettamente attinente al processo di Incenerimento.

Per la fase di processo Movimentazione o Alimentazione dei rifiuti, la retta di regressione del consumo Elettrico è stata ricavata in funzione della quantità di rifiuti sottoposti ad Incenerimento, espressa in tonnellate, ed è mostrata in Figura 54, mentre nella Tabella 59 sono riassunti i parametri della regressione stessa. Come si può osservare dalla Tabella 59 in questo caso il valore dell'intercetta della retta è debolmente negativo, il valore negativo dell'intercetta risulta dovuto al normale errore indotto dalla dispersione statistica causata anche dalla mancanza di dati per valori di rifiuto movimentato prossimi a zero; tuttavia, l'equazione può essere considerata accettabile all'interno del campo di esistenza dei dati forniti.

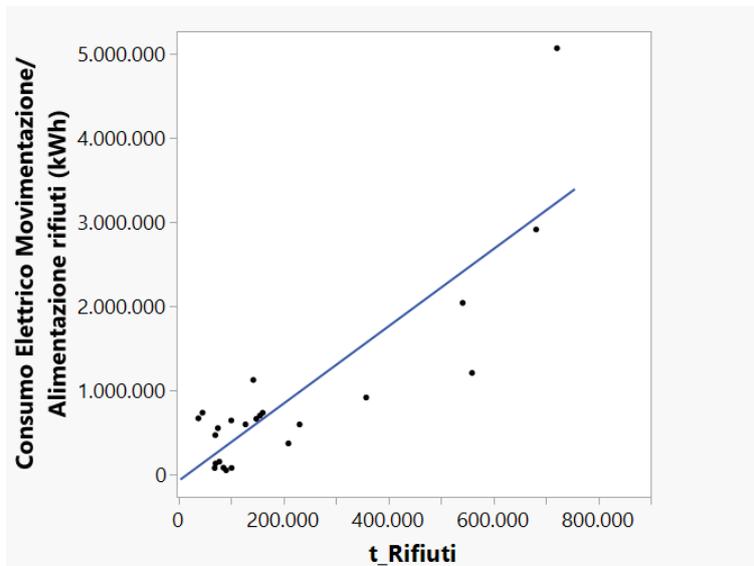


Figura 54 - Consumo Energia elettrica in funzione della quantità di rifiuti

Rette di Regressione: E.El <sub>movimentazione</sub> [kWh] vs Massa_rifiuti [tep]						
Consumo energia elettrica <sub>mov.rifiuti</sub> (kWh) = -73.903,5 + 4,585 * Rifiuti [t]						
Int. Confidenza > 99%						
	R <sup>2</sup>	R	Pvalue	N	R <sub>crit</sub> (bidirezionale) α=0,05	R <sub>crit</sub> (bidirezionale) α=0,01
<b>Consumo En.El movimentazione rifiuti [kWh]</b>	0,730	0,854	< 0,0001	23	0,3961	0,5052

Tabella 59 - Parametri della retta di regressione del consumo Elettrico della fase Movimentazione e/o Alimentazione dei rifiuti in funzione della quantità di rifiuti

In Tabella 60 è riportato l' IPE medio del consumo Elettrico della fase di Movimentazione e/o Alimentazione dei rifiuti e la relativa deviazione standard. Nella tabella è riportata anche l'affidabilità dell'IPE Elettrico medio di tale fase del processo.

Unità misura utilizzate	Quantità di rifiuti		t
	Energia elettrica movimentazione		kWh
	IPE		kWh/t
Campo variazione tonnellate rifiuto movimentate		IPE	Affidabilità

Min	Max			
t	t	kWh/t	Coeff. di Variazione	Livello di affidabilità
37.000	77.000	8,56 ± 7,11	83%	<b>BASSO</b>
77.001	721.000	3,58 ± 2,19	61%	<b>BASSO</b>

Tabella 60 - IPE medio del consumo di Energia elettrica della fase Movimentazione/Alimentazione rifiuti in funzione della quantità di rifiuti e relativa deviazione standard

Malgrado il campione dei dati sia limitato l'analisi dei dati sembra mostrare un legame tra il valore dell'IPE medio legato alla movimentazione dei rifiuti e la data di ultima ristrutturazione. In Tabella 61 infatti si può vedere come i siti ristrutturati dopo il 2010 presentino un IPE sensibilmente inferiore (circa 28%) rispetto a quello dei siti con interventi di ristrutturazione Ante 2010. Tuttavia, va rimarcato come il campione dati risulta essere molto limitato.

Data di ristrutturazione	IPE (kWh/tonnellata)	Numerosità del campione
Ante 2010	5,41 ± 5,50	14
Post 2010	3,90 ± 1,89	5

Tabella 61 - IPE medio del consumo di Energia elettrica della fase Movimentazione/Alimentazione rifiuti in funzione della quantità di rifiuti per i siti ristrutturati ante e post 2010.

#### 5.2.2.4.1.2. Forno/Generatore di vapore

La fase Forno/Generatore di vapore comprende i seguenti sistemi e componenti:

- Ventilazione aria primaria e secondaria;
- Ricircolo fumi;
- Movimentazione e (eventuale) Raffreddamento griglia;
- Bruciatori di post-combustione;
- Pulizia della caldaia;
- Evacuazione, spegnimento, trasporto e stoccaggio delle scorie.

Per la fase Forno o Generatore di vapore la retta di regressione del consumo Elettrico è stata ricavata in funzione dell'Apporto energetico dei rifiuti, espressa in MWh ed è mostrata in Figura 55, mentre nella Tabella 62 sono riassunti i parametri della regressione stessa.

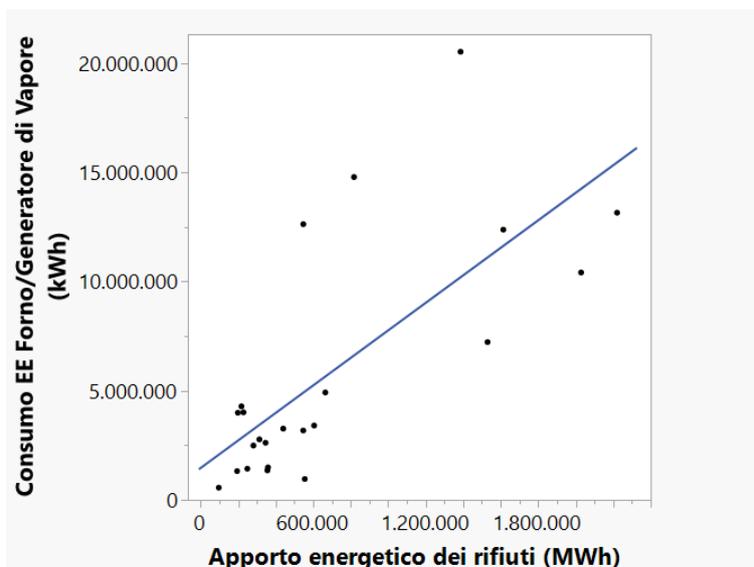


Figura 55 - Consumo Energia elettrica della fase Forno/Generatore di vapore in funzione dell'Apporto Energetico dei rifiuti

Rette di Regressione: E.El <sub>forno/GV</sub> [kWh] vs Apporto Energetico rifiuti [MWh]						
Consumo El. Forno/GV [kWh] = 1.463.820,3 + 6,299 * Apporto energetico dei rifiuti [MWh] Int. Confidenza > 99%						
	R <sup>2</sup>	R	P <sub>value</sub>	N	R <sub>crit</sub> (bidirezionale) α=0,05	R <sub>crit</sub> (bidirezionale) α=0,01
<b>Consumo En.El Forno/GV [kWh]</b>	0,730	0,854	< 0,0001	23	0,3961	0,5052

Tabella 62 - Parametri della retta del consumo Elettrico della fase Forno/Generatore di vapore in funzione dell'Apporto Energetico dei rifiuti

In Tabella 63 è riportato l'IPE medio del consumo Elettrico della fase Forno/Generatore di vapore e la relativa deviazione standard ed affidabilità.

Unità misura utilizzate	Apporto energetico dei rifiuti		MWh
	Energia elettrica fase Forno o GV		kWh
	IPE		kWh/MWh
Campo variazione apporto energetico rifiuti		IPE	Affidabilità
Min	Max		

MWh	MWh	kWh/MWh	Coeff. di variazione	Livello di affidabilità
96.000	250.000	14,03 ± 7,11	51%	<b>MEDIO</b>
250.001	2.221.000	8,13 ± 5,36	66%	<b>BASSO</b>

Tabella 63 - IPE medio del consumo di Energia elettrica della fase Forno/Generatore di vapore in funzione dell'Apporto Energetico dei rifiuti e relativa deviazione standard

Si evidenzia come la maggioranza dei siti del campione (87%), hanno forni della tipologia a griglia mobile (MG) con raffreddamento ad aria o ad acqua, mentre i restanti siti hanno forni della tipologia a letto fluido (FB) bollente o ricircolato [30]. Dall'elaborazione separata dei dati di consumo elettrico dei forni delle due tipologie, come è mostrato in Tabella 38, risulta che i forni a griglia mobile sono caratterizzati da un IPE elettrico medio per la fase Forno/Generatore di vapore sensibilmente minore (meno della metà) rispetto a quelli a letto fluido. Anche in questo caso va fatta presente l'esiguità del campione dei forni a letto fluido.

Tipologia di Forno	IPE (kWh/MWh)	Numerosità del campione
Griglia mobile	8,05 ± 5,33	20
Letto fluido	18,48 ± 1,12	3

Tabella 64 - IPE medio del consumo di Energia elettrica della fase Forno/Generatore di vapore in funzione dell'Apporto Energetico dei rifiuti per le due tipologie di forni presenti nei siti (MG o FB).

In Tabella 65 vi è un'analisi dei valori dell'IPE in funzione del periodo in cui è stata effettuata un'ultima ristrutturazione. In particolare, si sono suddivisi i dati energetici dei siti tra quelli sottoposti a ristrutturazione prima del 2010 e quelli ristrutturati successivamente.

Dall'elaborazione separata dei dati di consumo elettrico per i due periodo, risulta che i siti ristrutturati post 2010 sono caratterizzati da un IPE elettrico medio per la fase Forno/Generatore di vapore inferiore di circa il 33% rispetto a quelli ristrutturati ante 2010, sempre tenendo presente l'esiguità del campione dei siti ristrutturati post 2010.

Data di ristrutturazione	IPE (kWh/MWh)	Numerosità del campione
Ante 2010	10,83 ± 7,10	14
Post 2010	7,31 ± 4,76	5

Tabella 65 - - IPE medio del consumo di Energia elettrica della fase Forno/Generatore di vapore in funzione dell'Apporto Energetico dei rifiuti per i siti ristrutturati ante 2010 o post 2010.

#### 5.2.2.4.1.3. Ciclo termico

La fase Ciclo termico comprende i seguenti sistemi e componenti:

- Condensazione dell'acqua di alimento caldaia;
- Estrazione delle condense;
- Acqua di alimento caldaia;
- Degasatore;
- Quadro di controllo del turboalternatore.

Il consumo da imputare alla fase di Ciclo termico è solo di tipo Elettrico.

Per questo IPE sono state fatte due distinte elaborazioni rispettivamente per i siti che producono sia energia elettrica che energia termica e per i siti che invece producono solo energia elettrica.

Le due distinte elaborazioni sono mostrate in Figura 56 e Figura 56, mentre i parametri statistici sono riassunti in Tabella 66 e Tabella 68.

In particolare, in Figura 56, riferita ai siti che producono sia energia elettrica che termica, è riportata la retta di regressione ricavata dall'elaborazione del consumo Elettrico della fase Ciclo termico rispetto alla somma dell'energia elettrica e termica prodotte (esprese in tep). In Tabella 66 sono riassunti i parametri statistici della regressione stessa.

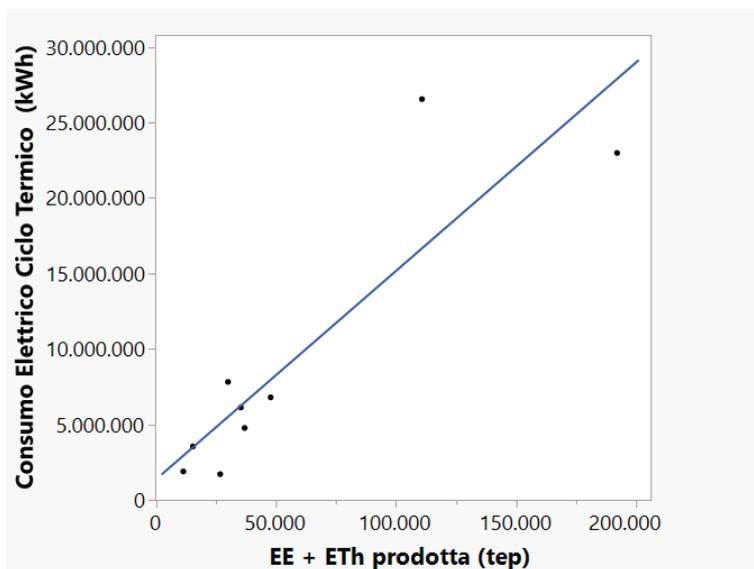


Figura 56 - Consumo Energia elettrica della fase Ciclo termico in funzione dell'Energia elettrica e termica (lorda) prodotta, per i siti che producono sia energia elettrica che termica.

Rette di Regressione: E.El <sub>ciclo termico</sub> [kWh] vs Energia prodotta [tep]						
Consumo El. Ciclo termico (kWh) = 1.352.455,3 + 138,2 * Energia prodotta [tep] Int. Confidenza > 99%						
	R <sup>2</sup>	R	P <sub>value</sub>	N	R <sub>crit</sub> (bidirezionale) α=0,05	R <sub>crit</sub> (bidirezionale) α=0,01
<b>Consumo En.El Ciclo Termico (kWh)</b>	0,785	0,886	0,0015	9	0,6321	0,7348

Tabella 66 - Parametri della retta del consumo Elettrico della fase Ciclo termico in funzione dell'Energia elettrica e termica (lorda) prodotta per i siti che producono sia energia elettrica che termica

In Tabella 67 è riportato l'IPE medio del consumo Elettrico della fase Ciclo termico riferita alla somma dell'energia elettrica e termica prodotte (esprese in tep) e la relativa deviazione standard e livello di affidabilità per i siti che producono sia energia elettrica che termica.

Unità misura utilizzate	Energia elettrica e termica (lorda) prodotta		tep	
	Energia Elettrica consumata ciclo termico		kWh	
	IPE		kWh/tep	
Campo variazione energia prodotta		IPE	Affidabilità	
Min	Max			
tep	tep	kWh/tep	Coeff. di variazione	Livello di affidabilità
11.400	192.000	169,21 ± 64,11	38%	<b>MEDIO</b>

Tabella 67 - IPE medio[kWh/tep] del consumo di Energia elettrica della fase Ciclo termico In funzione dell'Energia elettrica e termica (lorda) prodotta e relativa deviazione standard per i siti che producono sia energia elettrica che termica

In Figura 57, riferita ai siti che producono solo energia elettrica, è riportata la retta di regressione ricavata dall'elaborazione del consumo Elettrico della fase Ciclo termico rispetto all'energia elettrica prodotta (espressa in tep). Nella Tabella 68 sono riassunti i parametri statistici della regressione stessa.

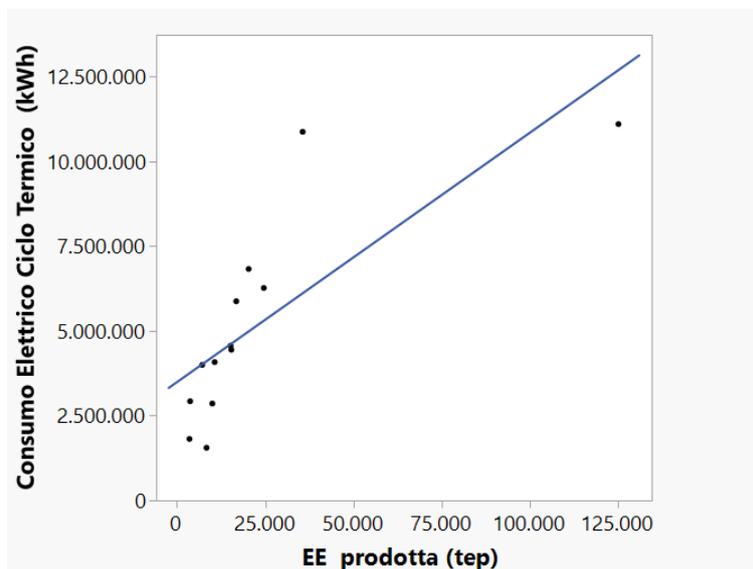


Figura 57 - Consumo Energia elettrica della fase Ciclo termico in funzione dell'Energia elettrica (lorda) prodotta, per i siti che producono solo energia elettrica

<b>Rette di Regressione: E.El<sub>ciclo termico</sub> [kWh] vs Energia elettrica prodotta [tep]</b>
$\text{Consumo El.ciclo termico (kWh)} = 3.490.616,8 + 73,46 * \text{Energia elettrica prodotta [tep]}$ <p>Int. Confidenza &gt; 99%</p>

	R <sup>2</sup>	R	P <sub>value</sub>	N	R <sub>crit (bidirezionale) α=0,05</sub>	R <sub>crit (bidirezionale) α=0,01</sub>
<b>Consumo En.El Ciclo Termico (kWh)</b>	0,603	0,777	0,0018	13	0,5140	0,6411

Tabella 68 - Parametri della retta del consumo Elettrico della fase Ciclo termico in funzione dell’Energia elettrica (lorda) prodotta per i siti che producono solo energia elettrica

In Tabella 69 è riportato l’IPE medio del consumo Elettrico della fase Ciclo termico riferita all’energia elettrica prodotta (espressa in tep) con la relativa deviazione standard e livello di affidabilità per i siti che producono solo energia elettrica.

Unità misura utilizzate	Energia elettrica (lorda) prodotta		tep	
	Energia Elettrica consumata		kWh	
	IPE		kWh/tep	
Campo variazione energia prodotta		IPE	Affidabilità	
Min	Max			
tep	tep	kWh/tep	Coeff. di variazione	Livello di affidabilità
3.500	15.000	452,99 ± 215,57	48%	<b>MEDIO</b>
15.001	125.000	274,64 ± 87,72	32%	<b>MEDIO</b>

Tabella 69 - IPE medio[kWh/tep] del consumo di Energia elettrica della fase Ciclo termico In funzione dell’Energia elettrica e termica (lorda) prodotta e relativa deviazione standard per i siti che producono sia energia elettrica che termica

Si evidenzia che il valore dell’IPE Ciclo Termico, espresso in kWh/tep non consente di apprezzare in maniera chiara, per la fase in oggetto, il rapporto tra il consumo Elettrico e la produzione Elettrica ed eventualmente termica del processo di Incenerimento. Convertendo il consumo Elettrico in tep, si ha un’evidente valutazione della convenienza energetica (come consumo rispetto a produzione) della fase Ciclo Termico e dell’intero processo di incenerimento rifiuti.

In Tabella 70 vi è un’analisi dei valori dell’IPE in funzione del periodo in cui è stata effettuata l’ultima ristrutturazione. In particolare, si sono suddivisi i dati energetici dei siti tra quelli sottoposti a ristrutturazione prima del 2010 e quelli ristrutturati successivamente.

Dall’elaborazione separata dei dati di consumo elettrico per i due periodi, risulta che i siti ristrutturati post 2010 sono caratterizzati da un IPE elettrico medio per la fase Ciclo Termico superiore di circa il 20% rispetto a quelli ristrutturati ante 2010, sempre tenendo presente l’esiguità del campione dei siti ristrutturati post 2010.

L'anomalia riscontrata potrebbe essere dovuta al fatto che, alcuni interventi di efficientamento effettuati durante la ristrutturazione degli impianti sul Ciclo termico (come ad esempio eventuali recuperi termici o l'installazione di torri evaporative), pur comportando un aumento dell'efficienza complessiva dell'impianto, comportano un aumento del consumo elettrico della fase in oggetto.

Data di ristrutturazione	IPE (kWh/tep)	Numerosità del campione
Ante 2010	264,39 ± 189,73	15
Post 2010	330,32 ± 163,33	4

Tabella 70 - IPE medio del consumo di Energia elettrica della fase Ciclo termico in funzione dell'Apporto Energetico dei rifiuti per i siti ristrutturati ante 2010 o post 2010.

Per la fase Ciclo Termico è possibile analizzare l'IPE del ciclo termico anche sulla base dei livelli di pressione del ciclo. In particolare, vengono riportati separatamente gli impianti con livelli di pressione del Ciclo Termico rispettivamente maggiore e minore di 50 bar.

Come mostrato in Tabella 71, i siti con livello di pressione maggiore di 50 bar, hanno un IPE per la fase Ciclo Termico inferiore di circa il 25% rispetto ai siti che invece hanno un livello di pressione minore di 50 bar, evidenziando come a più elevati livelli di pressione corrispondono consumi elettrici inferiori.

Livello di pressione del Ciclo Termico	IPE (kWh/tep)	Numerosità del campione
<50 bar	254,26 ± 84,11	9
>50 bar	194,40 ± 120,17	6

Tabella 71 - IPE medio del consumo di Energia elettrica della fase Ciclo termico in funzione dell'Apporto Energetico dei rifiuti per i siti con livello di pressione inferiore o superiore 50 bar

#### 5.2.2.4.1.4. Depurazione fumi

La fase Depurazione fumi comprende i seguenti sistemi e componenti:

- Estrazione fumi;
- Rimozione polveri e abbattimento inquinanti;
- Alimentazione e dosaggio chemicals;
- Convogliamento/trasporto e stoccaggio ceneri.

Per la fase Depurazione fumi il consumo da imputare è di tipo Elettrico e Termico.

La retta di regressione del consumo Elettrico della fase Depurazione fumi è stata ricavata in funzione della quantità di fumi al camino, espressa in kNm<sup>3</sup>, ed è mostrata in Figura 58, mentre nella Tabella 72 sono riassunti i parametri della regressione stessa.

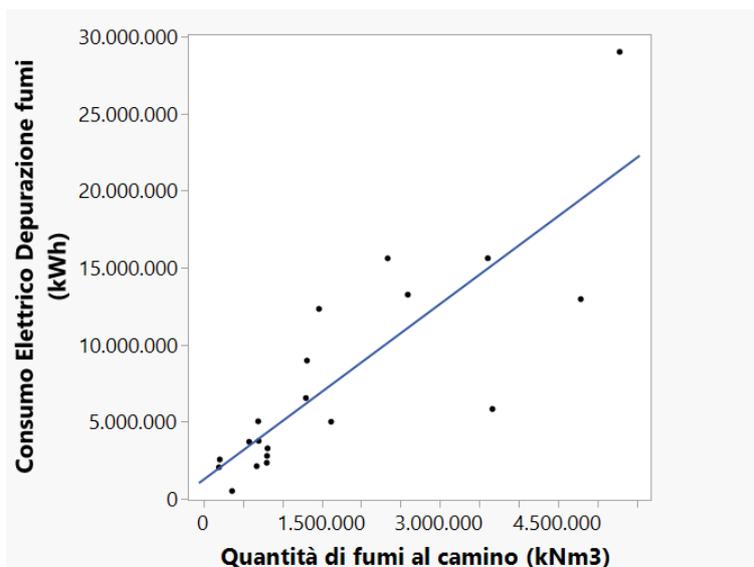


Figura 58 - Consumo Energia elettrica della fase Depurazione fumi in funzione della quantità di fumi

Rette di Regressione: Consumo El.dep.fumi [kWh] vs fumi al camino [kNm³]						
Consumo El.dep. fumi (kWh) = 1.225.327,4 + 3,803 * Quantità di fumi al camino [kNm³]						
Int. Confidenza > 99%						
	R <sup>2</sup>	R	P <sub>value</sub>	N	R <sub>crit</sub> (bidirezionale) α=0,05	R <sub>crit</sub> (bidirezionale) α=0,01
<b>Consumo En.El Dep. Fumi (kWh)</b>	0,693	0,832	< 0,0001	20	0,4227	0,5368

Tabella 72 - Parametri della retta de consumo Elettrico della fase Depurazione fumi in funzione della quantità di fumi

In Tabella 73 è riportato l’IPE medio del consumo Elettrico della fase Depurazione fumi con la relativa deviazione standard e livello di affidabilità.

Unità misura utilizzate	Quantità di fumi		kNm <sup>3</sup>
	Energia Elettrica		kWh
	IPE		kWh/kNm <sup>3</sup>
Campo variazione quantità fumi		IPE	Affidabilità
Min	Max		

kNm <sup>3</sup>	kNm <sup>3</sup>	kWh/ kNm <sup>3</sup>	Coeff. di variazione	Livello di affidabilità
197.000	700.000	6,79 ± 4,16	61%	<b>BASSO</b>
700.001	5.230.000	4,64 ± 1,86	40%	<b>MEDIO</b>

Tabella 73 - IPE medio del consumo di Energia elettrica della fase Depurazione fumi in funzione della quantità di fumi e relativa deviazione standard

In Tabella 74 vi è un'analisi dei valori dell'IPE in funzione del periodo in cui è stata effettuata l'ultima ristrutturazione. In particolare, si sono suddivisi i dati energetici dei siti tra quelli sottoposti a ristrutturazione prima del 2010 e quelli ristrutturati successivamente.

Dall'elaborazione separata dei dati di consumo elettrico per i due periodi di ristrutturazione, risulta che i siti ristrutturati post 2010 sono caratterizzati da un IPE elettrico medio per la fase Depurazione fumi inferiore di circa il 30% rispetto a quelli ristrutturati ante 2010. Nella valutazione di questi dati va sempre tenuta presente l'esiguità del campione di siti oggetto dell'indagine.

Data di ristrutturazione	IPE (kWh/ kNm <sup>3</sup> )	Numerosità del campione
Ante 2010	5,97 ± 3,28	12
Post 2010	4,18 ± 2,01	5

Tabella 74 - IPE medio del consumo di Energia elettrica della fase Ciclo termico in funzione dell'Apporto Energetico dei rifiuti per i forni ristrutturati ante 2010 o post 2010.

#### 5.2.2.4.2. Ips Termici

Le fasi delle Attività Principali caratterizzate da consumi di tipo Termico sono la è La Depurazione Fumi ed il Forno/generatore di vapore, tuttavia, per quest'ultima il consumo termico è legato alle attività di accensione e spegnimento e quindi intrinsecamente casuali, pertanto, per questa non viene calcolato l'IPEs.

##### 5.2.2.4.2.1. Depurazione fumi

*Il combustibile utilizzato in questa fase è il Gas naturale.*

La fase di Depurazione fumi vede un consumo sia di tipi Elettrico che Termico. Essendo il campione dati costituito da pochi siti non è riportata la retta di regressione. Nella [Tabella 75](#) è riportato l'IPE medio del consumo di Gas naturale della fase in funzione della quantità di fumi trattati, espressa in kNm<sup>3</sup> con la relativa deviazione standard ed affidabilità.

Unità misura utilizzate	Quantità di fumi	kNm <sup>3</sup>
	Gas Naturale	Sm <sup>3</sup>
	IPE	Sm <sup>3</sup> /kNm <sup>3</sup>
Campo variazione quantità	IPE	Affidabilità

fumi				
Min	Max			
kNm <sup>3</sup>	kNm <sup>3</sup>	Sm <sup>3</sup> /kNm <sup>3</sup>	Coeff. di variazione	Livello di affidabilità
200.000	5.280.000	0,66 ± 0,63	95%	<b>BASSO</b>

Tabella 75 - IPE medio del consumo di Gas naturale della fase Depurazione fumi In funzione della quantità di fumi

Essendo il campione dati limitato per questa fase non è stato possibile effettuare ulteriori analisi.

#### 5.2.2.5. Indici di prestazione energetica specifici (IPEs) - Servizi Ausiliari

In questo paragrafo viene riportata l'analisi del reparto di produzione di aria compressa compreso all'interno dei Servizi Ausiliari.

Purtroppo, per gli altri reparti afferenti all'area funzionale Servizio Ausiliari causa mancanza di informazioni statisticamente sufficienti non è stata possibile effettuare approfondimenti e analisi.

##### 5.2.2.5.1. Produzione di aria compressa

Per la Produzione di aria compressa il consumo risulta essere solo di tipo Elettrico. Malgrado il campione dati risulti essere limitato è stato possibile determinare sia la retta di regressione che il valore dell'IPE medio.

In Figura 59 è riportata la retta di regressione dei consumi Elettrici della fase di Produzione di aria compressa in funzione della quantità di aria compressa prodotta, espressa in Nm<sup>3</sup>, mentre nella Tabella 76 sono riassunti i parametri della regressione stessa. Come si può osservare la retta di regressione presenta l'intercetta negativa questo è probabilmente dovuto alla scarsa numerosità del campione distribuito su un campo di esistenza molto elevato.

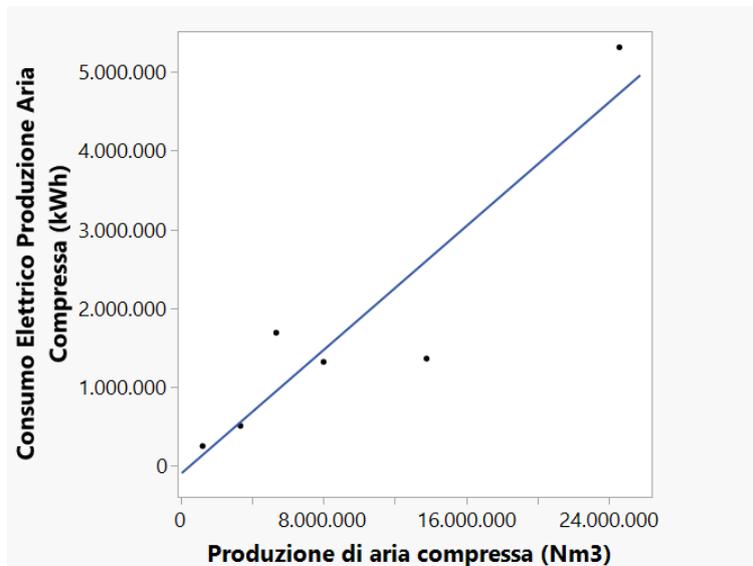


Figura 59 - Consumo Energia elettrica della fase di produzione di aria compressa in funzione della quantità di aria compressa prodotta

Rette di Regressione: Consumo El.Aria_compr. [kWh] vs Produzione Aria compr. [Nm <sup>3</sup> ]						
Consumo El.Aria_compr. (kWh) = -102.664,3 + 0,1963 * Aria compressa prodotta [Nm <sup>3</sup> ]						
Int. Confidenza = 99%						
	R <sup>2</sup>	R	Pvalue	N	R <sub>crit</sub> (bidirezionale) α=0,05	R <sub>crit</sub> (bidirezionale) α=0,01
<b>Consumo En.El Aria compressa (kWh)</b>	0,853	0,924	0,0086	6	0,7067	0,8343

Tabella 76 - Parametri della retta del consumo di Gas naturale della fase Depurazione fumi in funzione della quantità di rifiuti

In Tabella 77 è riportato l'IPE medio del consumo Elettrico della fase di Produzione di aria compressa con la relativa deviazione standard e livello di affidabilità.

Unità misura utilizzate	Aria compressa	Nm <sup>3</sup>
	Energia elettrica	kWh
	IPE	kWh/Nm <sup>3</sup>
Campo variazione produzione di aria compressa	IPE	Affidabilità

Min	Max			
Nm <sup>3</sup>	Nm <sup>3</sup>	kWh/Nm <sup>3</sup>	Coeff. di Variazione	Livello di affidabilità
1.200.000	25.000.000	0,192 ± 0,074	39%	<b>MEDIO</b>

Tabella 77 - IPE medio del consumo di Energia elettrica della fase di Produzione di aria compressa. In funzione della quantità di aria compressa prodotta

#### 5.2.2.5.2. Indici di prestazione energetica specifici (IPEs) - Servizi Generali

Per quanto riguarda i Servizi Generali, come per i Servizi Ausiliari non è possibile fornire una elaborazione significativa.

### 5.3. Industria Farmaceutica

Le imprese del settore farmaceutico operanti in Italia sono complessivamente 283 (produzione di materie prime e di specialità medicinali). Le imprese produttrici di specialità medicinali sono 219, delle quali circa il 90% associate a Farmindustria, con una rappresentanza del 95% del mercato. Il valore della produzione farmaceutica realizzata in Italia nel 2020 è stato pari a 34,3 miliardi di euro, con un incremento dell'1% rispetto all'anno passato. Tale risultato è determinato interamente dalla crescita delle esportazioni, aumentate del 3,8% rispetto al 2019. Nella Tabella 1 sono riportati le principali grandezze che hanno caratterizzato l'industria farmaceutica italiana nel 2021.

Tabella 78 – I numeri dell'industria farmaceutica in Italia nel 2020

#### **Principali grandezze dell'industria farmaceutica in Italia nel 2020**

<b>34,3 miliardi</b>	Valore della produzione (+1% rispetto al 2019)
<b>85%</b>	Quota export/produzione negli ultimi 5 anni
<b>+4.4 miliardi</b>	Saldo estero totale, con valori ancora più elevati per farmaci e vaccini
<b>3 miliardi</b>	Valore degli investimenti, dei quali 1,6 in Ricerca e Sviluppo
<b>67.000</b>	Addetti alla farmaceutica (+1.8% rispetto al 2019), 90% laureati o diplomati
<b>+12%</b>	Crescita degli addetti negli ultimi 5 anni (+16% per gli under 35)
<b>43%</b>	Donne sul totale degli addetti, più che negli altri settori (29%) e con ruoli apicali
<b>1° posto</b>	- Investimenti in open innovation per addetto
<b>tra i settori</b>	- Accordi di innovazione con università e centri pubblici di ricerca
<b>industriali</b>	- Valore aggiunto per addetto e tasso di internazionalizzazione
<b>in Italia</b>	- Formazione, welfare aziendale e sostegno alla genitorialità
<b>per</b>	- Indice Istat di Competitività

L'incidenza dell'industria farmaceutica sul totale dell'industria manifatturiera in Italia varia dall'1,7% dell'occupazione al 13% delle spese per Ricerca e Sviluppo. Rispetto agli altri settori l'industria farmaceutica si caratterizza per:

- più alto valore aggiunto per addetto (+123% rispetto alla media manifatturiera);
- più alte spese per il personale per dipendente (+101%);
- più alti investimenti per addetto (+312%) di cui
  - in produzione (+175%);
  - in Ricerca e Sviluppo (+642%);
  - **in protezione dell'ambiente (+223%);**
- più alte esportazioni per addetto (+378%).

#### 5.3.1. Alcuni dati del settore farmaceutico italiano

L'Italia è oggi uno dei principali poli in Europa per la produzione di farmaci e vaccini, grazie alla presenza di un mix bilanciato di imprese sia in termini di nazionalità del capitale – italiano o internazionale – sia in termini di dimensione, con grandi imprese multinazionali e aziende piccole e medie fortemente orientate al mercato estero. Nella farmaceutica la dimensione media delle imprese è certamente più grande rispetto alla media dell'industria manifatturiera italiana: la quota sul totale degli occupati delle imprese con oltre 250 addetti è pari al 71,4% mentre la media manifatturiera è del 24,1%. Tuttavia, le imprese piccole e medie rappresentano una componente importante per il settore, sia da un punto di vista quantitativo sia per le loro caratteristiche qualitative, ad esempio in termini di creazione di valore aggiunto e qualificazione del personale.

Il settore è individuato dal Codice ATECO Divisione 21, e dalle classi 21.1 – “Fabbricazione di prodotti farmaceutici di base”, quali le sostanze medicinali attive da utilizzare nella fabbricazione di prodotti farmaceutici (antibiotici, vitamine, acidi salicili, ecc.), i derivati del sangue per uso farmaceutico e altri prodotti – e 21.2 – “Fabbricazione di medicinali ed altri preparati farmaceutici”, quali sieri immuni ed altri costituenti del sangue, vaccini, medicinali vari, inclusi i preparati omeopatici, preparati medici diagnostici, prodotti botanici per uso farmaceutico, prodotti farmaceutici biotecnologici e altri prodotti.

La capacità delle imprese di coniugare altissimi livelli qualitativi, innovazione, investimenti e produzione a elevato valore aggiunto – grazie a tradizione scientifica e industriale, competenze e a una filiera forte e diversificata, sia nelle tipologie di aziende sia nelle fasi produttive – ha sostenuto lo sviluppo del settore e l’attrazione di rilevanti investimenti nazionali ed esteri. Per quanto riguarda la produzione, i dati relativi al decennio 2010-2020 mostrano un trend in crescita e trainata principalmente dalle esportazioni: nel periodo considerato i volumi di prodotti farmaceutici hanno registrato una crescita superiore al 20%, a cui è seguito un incremento pari allo 0,4% nel 2021. Nel confronto europeo, gli ultimi dati disponibili (2019) posizionano l’Italia al secondo posto per valore della produzione farmaceutica (34 miliardi di euro), dopo la Francia (35,8) e prima della Germania (33,2).

### 5.3.2. Protezione dell’ambiente e risparmio Energetico

Le aziende farmaceutiche in Italia hanno colto il valore dell’ambiente e hanno fatto della sfida ambientale un fattore di competitività. In dieci anni l’industria farmaceutica ha abbattuto:

- Del 32% le **emissioni dei gas climalteranti**[32] (anidride carbonica, biossido di azoto, metano e altri gas), rispetto a un calo del 28% della media manifatturiera, com’è visibile in Figura 60;

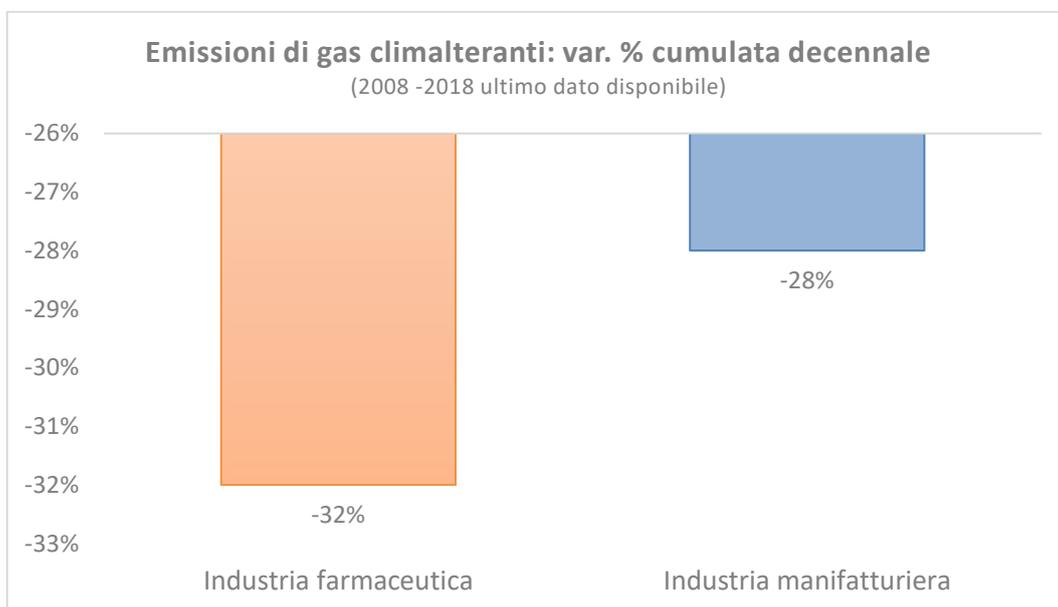


Figura 60 – Principali risultati dell’industria farmaceutica negli ultimi 10 anni in termini di emissioni di gas climalteranti

- Del 59% i **consumi energetici**[32], rispetto a una media dell’industria manifatturiera del -17%, visibile nel grafico in Figura 61.

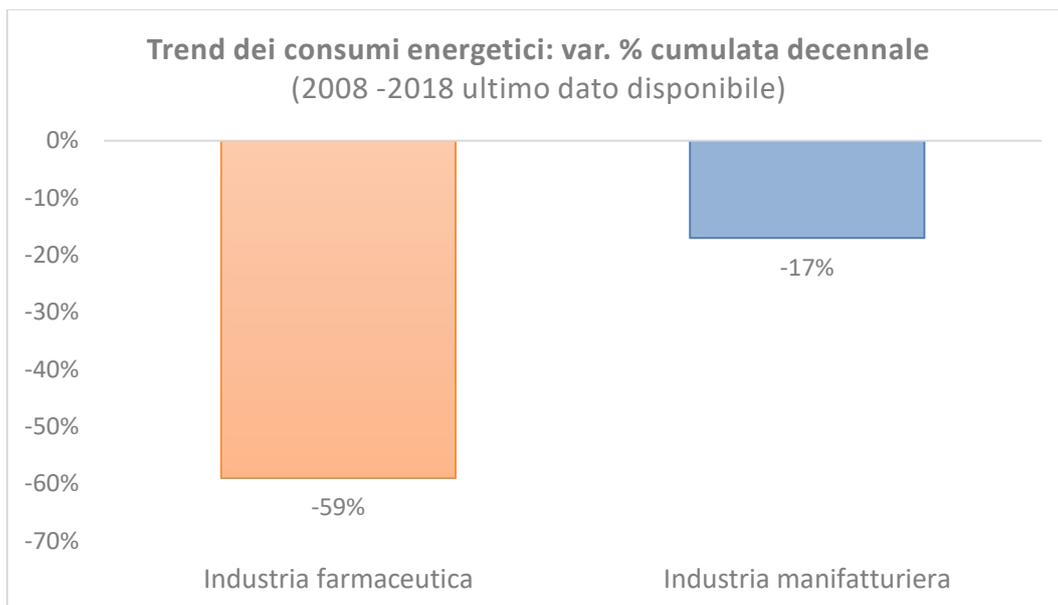


Figura 61 – Principali risultati dell’industria farmaceutica negli ultimi 10 anni in termini di consumo energetico

Questi risultati sono frutto degli investimenti in tecnologie green delle imprese (Figura 62):

- la quota in tecnologie destinate alla prevenzione dell’inquinamento (che azzerano o riducono alla fonte l’inquinamento del processo produttivo) nell’industria farmaceutica è pari al 44%, rispetto a una media manifatturiera del 37%[32].
- L’88% delle aziende diminuiranno i rifiuti nei prossimi 3/5 anni, mentre il 55% è impegnato già oggi nella riduzione/eliminazione dell’uso di plastica in ogni fase del processo produttivo[32].

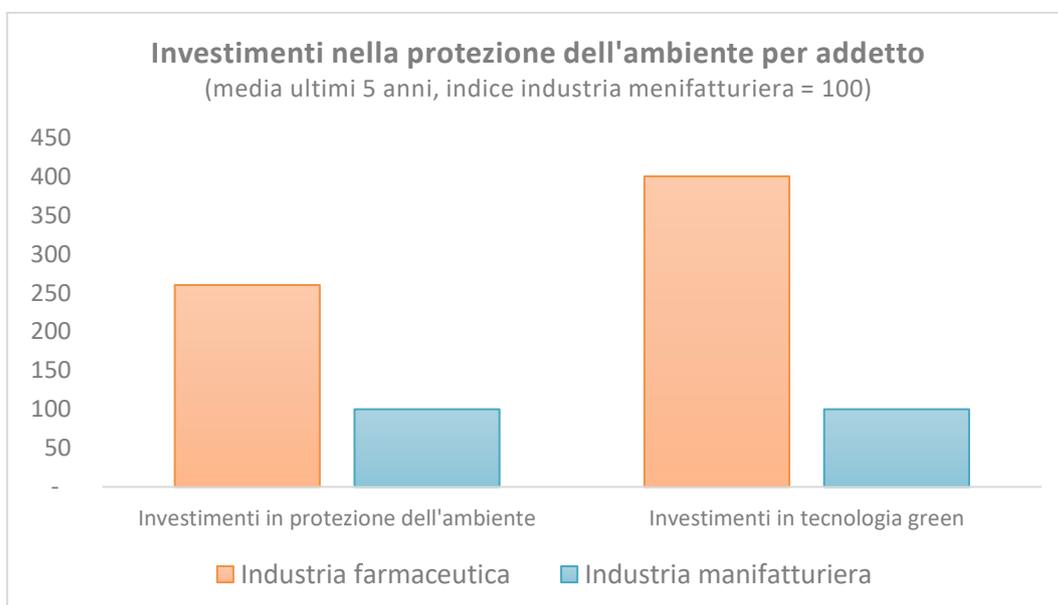


Figura 62 – Investimenti nella protezione dell’ambiente per addetto

### 5.3.3. Distribuzione territoriale delle imprese

La presenza farmaceutica è fortemente concentrata in cinque regioni: Lombardia, Lazio, Toscana, Emilia-Romagna e Veneto, che da sole determinano più dell’80% dell’occupazione totale. Tuttavia, pur se più circoscritta in specifiche province o aree, l’industria farmaceutica ha una presenza rilevante anche in altre

regioni sia nel Nord, che nel Centro-Sud, in particolare in Piemonte, Marche, Campania, Puglia e Sicilia (Infografica di Figura 63[32]).



Fonte: elaborazioni su dati Istat, EFPIA, Farmindustria

Figura 63 – Presenza regionale dell'industria farmaceutica e dei settori fornitori [32]

#### 5.3.4. Prodotti farmaceutici

In generale, la produzione di un farmaco consiste nella lavorazione di uno o più principi attivi e delle sostanze ausiliarie, dette eccipienti, fino all'ottenimento di una forma farmaceutica che consenta al medicinale di poter essere somministrato attraverso la via e il dosaggio prescelti. Le forme farmaceutiche possono essere classificate a seconda della loro forma fisica in: solide (quali compresse, capsule rigide, polveri, granulati), semisolide (gel, lubrificanti, paste), liquide (sciroppi, soluzioni iniettabili, colliri) e gassose (aerosol). Le molteplici tipologie di output rendono ragione della complessità e della eterogeneità della produzione farmaceutica con processi di lavorazione delle singole forme farmaceutiche che richiedono la presenza di macchinari ed attrezzature specifiche. Ciò spiega anche perché il settore farmaceutico sia caratterizzato da una sempre più diffusa specializzazione produttiva delle aziende.

Oltre alla forma farmaceutica, è possibile distinguere la produzione di medicinali a seconda dell'origine del principio attivo, che può essere di origine chimica oppure ottenuto a partire da una fonte biologica. In quest'ultimo caso i processi, ed i relativi controlli, sono significativamente più complessi, anche alla luce della variabilità strutturale delle molecole interessate.

La produzione del principio attivo e la successiva produzione della forma farmaceutica finale, a partire da materie prime combinate con gli opportuni eccipienti, sono generalmente eseguite in due stabilimenti di produzione distinti, ma possono avvenire anche all'interno di un'unica struttura industriale. A questo proposito si ricorda che i due processi afferiscono a due codici ATECO differenti: 21.10.00 per la produzione del principio attivo, 21.20.09 per la produzione del farmaco.

Inoltre, alcune fasi della produzione possono essere svolte in conto terzi, avvalendosi cioè di un "operatore terzo" che effettua una o più fasi del ciclo produttivo in base ad uno specifico accordo. Sotto questo punto di vista, lo scenario italiano si caratterizza per una forte presenza di imprese, denominate nel complesso *Contract Development and Manufacturing Organizations* (CDMO), con forte vocazione all'export.

Un aspetto fondamentale che riguarda la produzione farmaceutica è la regolamentazione: i processi produttivi sono infatti disciplinati da un *corpus* normativo di derivazione comunitaria, che affida alle Autorità Regolatorie degli Stati Membri (per l'Italia l'Agenzia Italiana del Farmaco, AIFA) l'obbligo – nel proprio territorio – di autorizzare, previa verifica ispettiva, le officine farmaceutiche che intendano produrre medicinali, anche per sola esportazione.

Il sistema di ispezioni periodiche successive è volto a verificare il mantenimento dello stato di *compliance* alle norme di buona fabbricazione comunitarie (*Good Manufacturing Practice, GMP*)[33].

### 5.3.5. La diagnosi energetici negli impianti Farmaceutici

In un'ottica di settorializzazione delle diagnosi energetiche ENEA, in collaborazione con FARMINDUSTRIA, ha proposto una struttura energetica che possa rispondere alla complessità e alla varietà dei processi produttivi che caratterizzano l'industria farmaceutica.

Questa attività ha permesso di standardizzare le fasi principali dei differenti processi produttivi, andando, inoltre, a uniformare il lessico utilizzato. La struttura così concepita permette di adattarsi alle differenti realtà dell'industria farmaceutica permettendo una più semplice e chiara suddivisione e rendicontazione dei consumi energetici con conseguente semplificazione del processo di diagnosi energetica.

La struttura proposta permette di suddividere lo stabilimento in aree funzionali omogenee in accordo con i criteri proposti nei documenti di chiarimento sui criteri di svolgimento delle Diagnosi, pubblicati sia da ENEA che dal Ministero dello Sviluppo Economico[9].

Le voci di consumo dello stabilimento sono state quindi suddivise, a primo livello di dettaglio, tra (Figura 64):

- **Attività Principali:** che comprendono le linee produttive, il confezionamento, i magazzini e i laboratori di ricerca e sviluppo e controllo qualità.
- **Servizi Ausiliari:** includono tutti i servizi come, ad esempio, la produzione del freddo e del calore di processo, la produzione dell'aria compressa e dell'acqua purificata (impiegata sia come materia prima che a servizio dei processi) e i pompaggi. Tutti questi servizi ausiliari contribuiscono in maniera determinante ai consumi energetici dei siti farmaceutici e richiedono pertanto di essere monitorati con attenzione.
- **Servizi Generali:** includono quelle funzioni che sono di supporto alle attività generiche del sito, come gli uffici o servizi di illuminazione e climatizzazione degli ambienti non produttivi.

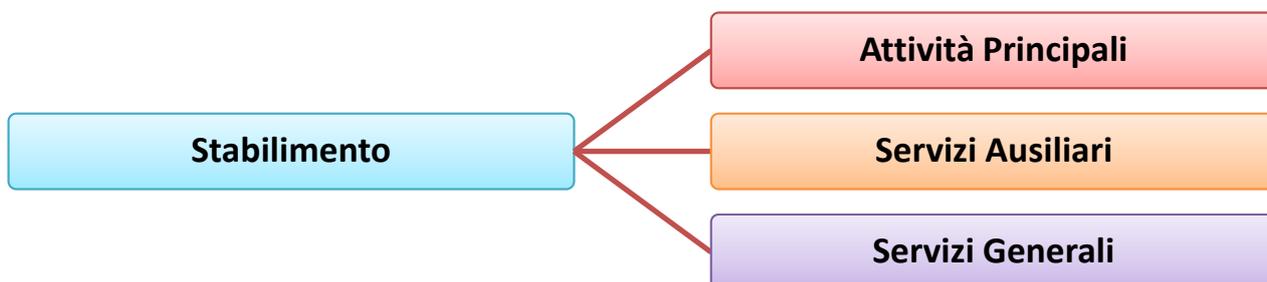


Figura 64 – Aree funzionali individuate ai fini della ripartizione dei consumi energetici di stabilimento

#### 5.3.5.1. Ciclo di produzione

Per via della grande varietà delle forme farmaceutiche, non è possibile ricondurre il processo produttivo farmaceutico a un modello generale, ma, in via non esaustiva dell'articolata realtà produttiva, può essere riassunto nelle seguenti fasi:

- esecuzione preliminare delle convalide di processo atte a garantirne la riproducibilità, a garanzia di una qualità costante del prodotto finito;
- pesata delle materie prime (principi attivi ed eccipienti);
- miscelazione dei componenti;
- preparazione della forma farmaceutica;
- confezionamento primario e secondario;
- esecuzione di controlli *in process* e sul prodotto finito;
- immagazzinamento e spedizione.

Queste fasi sono generiche e corrispondono alla maggioranza dei siti di produzione del farmaco, afferenti cioè al settore ATECO 21.20.09.

Si ritiene necessario sottolineare che la produzione del farmaco richiede un'atmosfera con un elevato grado di pulizia, nonché condizioni operative, in termini di temperatura e umidità relativa, particolarmente stringenti e fisse durante tutto l'anno[33]. Questo comporta grandi spese per la climatizzazione e purificazione dell'aria, nonché una gestione attenta delle condizioni operative.

Ad esempio, alcuni prodotti, come i farmaci iniettabili, richiedono la sterilizzazione dei macchinari e/o dei recipienti in cui avviene la miscelazione, nonché dei recipienti in cui il farmaco viene confezionato (es: fiale, siringhe, ecc). Inoltre, alcune fasi dei processi possono richiedere immagazzinamento a temperature molto basse, o liofilizzazione del prodotto.

Tutte queste specifiche tecniche implicano la produzione e la fornitura sia di calore sotto forma di vapore o acqua calda, sia di freddo sotto forma di acqua fredda o gelida, sia eventualmente, di aria calda secca. Come vedremo, questo ha un impatto molto grande sui consumi energetici del sito.

#### 5.3.5.1.1. Lo standard GMP[33] (*Good Manufacturing Practices*) nelle aree produttive climatizzate

La produzione di prodotti medicinali, in particolar modo sterili, è soggetta a specifiche molto stringenti, con lo scopo di minimizzare il rischio di contaminazione microbiologica, da particolato e da pirogeni. La produzione di un medicinale sterile viene condotta usando tecniche asettiche e sterilizzando il medicinale nel suo contenitore finale. Preferibilmente il farmaco deve essere sterilizzato, per via termica, nella fase terminale del suo processo di produzione, nel suo contenitore primario sigillato. Nei casi in cui la sterilizzazione terminale non sia possibile, tutte le fasi della lavorazione devono essere condotte in condizioni asettiche.

Le aree in cui il farmaco viene realizzato devono prevedere un ingresso tramite camere d'equilibrio e devono essere mantenute a certe condizioni di pulizia dell'aria, la quale viene fornita attraverso filtri specifici per l'area. Le aree pulite per la manifattura sterile sono classificate a seconda del livello di rischio di contaminazione da mantenere.

Nello standard GMP[33], per la manifattura dei medicinali sterili si distinguono 4 livelli (Tabella 79):

- **livello A** corrisponde alle zone ad alto rischio, ad esempio zone di riempimento o con fiale aperte. Normalmente tali condizioni di pulizia sono fornite da stazioni di lavoro a flusso laminare, ovvero con velocità dell'aria omogenea tra 0,36 e 0,54 m/s, in camera bianca.
- **livello B**, corrispondente alle aree di preparazione e riempimento degli aseptici. Si tratta degli ambienti precedenti e successivi alla zona A.
- **livelli C e D**, corrispondenti alle aree pulite per la realizzazione delle fasi meno critiche del processo.

Tabella 79 – Limiti particellari nello standard GMP

Massimo numero permesso di particelle per m <sup>3</sup> di taglia maggiore o uguale a quella indicata				
Livello	A riposo		In operazione	
	0.5 µm	5.0 µm	0.5 µm	5.0 µm
<b>A</b>	3·520	20	3·520	20
<b>B</b>	3·520	29	352·000	2·900
<b>C</b>	352·000	2·900	3·520·000	29·000
<b>D</b>	3·520·000	29·000	Non definito	Non definito

**Nota:** ai fini delle presenti linee guida, le aree produttive climatizzate verranno considerate alla stregua degli ambienti produttivi classificati secondo gli standard GMP in termini di pulizia dell'aria.

Pertanto, si intende per **Superficie degli ambienti produttivi climatizzati**, il totale della superficie degli ambienti produttivi che rispettano gli standard GMP e per **Volume degli ambienti produttivi climatizzati**, il totale del volume degli ambienti produttivi che rispettano gli standard GMP.

5.3.5.2. Rendicontazione dei consumi energetici

Per la rendicontazione dei consumi energetici è importante attenersi alla suddivisione, che ENEA con la collaborazione di FARMAINDUSTRIA, propone sia per differenti vettori energetici che per le differenti aree funzionali.

Tutto questo consente di facilitare ed uniformare la metodologia di rendicontazione dei consumi energetici del sito oggetto di diagnosi energetica.

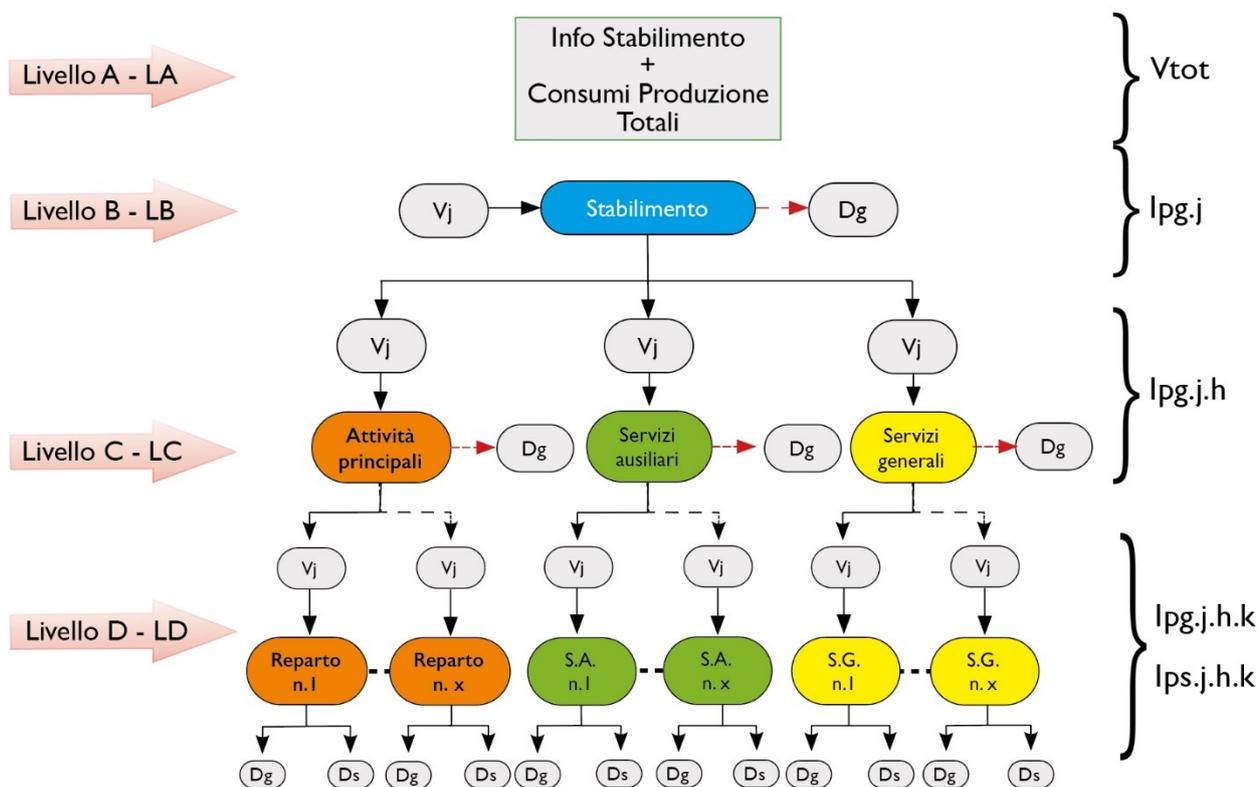


Figura 65 – Linee Guida ENEA: Schematizzazione della struttura energetica aziendale

La struttura energetica proposta in questo documento si basa su quanto indicato nelle linee guida per la diagnosi energetica [9] redatte da ENEA e si suddivide su più livelli di approfondimento (Figura 65):

- **Livello A:** all'interno del quale devono essere riportate le informazioni principali del sito oggetto di analisi, quali:
  - Dati identificativi dello stabilimento e della diagnosi (es.: P.IVA, località geografica, settore merceologico a sei cifre, periodo di riferimento, etc.);
  - Quantità di farmaco prodotto;
  - Vettori energetici in ingresso allo stabilimento nell'anno di riferimento, come da fatture di acquisto o contatori fiscali;

- Vettori energetici autoprodotti, auto consumati ed esportati nell’anno di riferimento, con particolare riferimento ad energia elettrica ed energia termica.
- **Livello B:** all’interno del quale devono essere riportati i valori del consumo energetico, suddiviso per ciascun vettore energetico, effettivamente imputabili al sito produttivo.
- **Livello C:** prevede la suddivisione dei consumi energetici per vettore e per area funzionale (Attività Principali, Servizi Ausiliari, Servizi Generali).
- **Livello D:** all’interno del quale deve essere riportato il dettaglio del consumo di ciascun vettore energetico suddiviso tra i reparti ricompresi nelle differenti aree funzionali: Attività Principali, Servizi Ausiliari e Servizi Generali.

Per ciascun consumo è importante riportare, lì dove possibile, il relativo parametro correttivo, ad esempio nella voce Gruppi Frigo per condizionamento bisognerebbe riportare le frigorie prodotte o in alternativa i volumi degli ambienti condizionati, o nella fase Aria Compressa riportare i Nm3 di aria trattata, ecc. Come riportato sulle Linee Guida ENEA [9] è possibile trascurare, nei livelli B, C e D, i vettori energetici utilizzati in stabilimento che abbiano un’incidenza inferiore al 5% sui consumi globali, (tra questi ad esempio il gasolio per autotrazione, etc.) i quali dovranno comunque essere sempre riportati almeno nel Livello A.

#### 5.3.5.2.1. Attività Principali

Nell’area delle Attività principali devono confluire tutte le attività strettamente correlate alla destinazione d’uso generale dell’azienda [9], ovvero le linee produttive, le linee di confezionamento, i laboratori di ricerca e sviluppo, controllo qualità e i magazzini sia d’ingresso delle materie prime che di stoccaggio del prodotto finito.

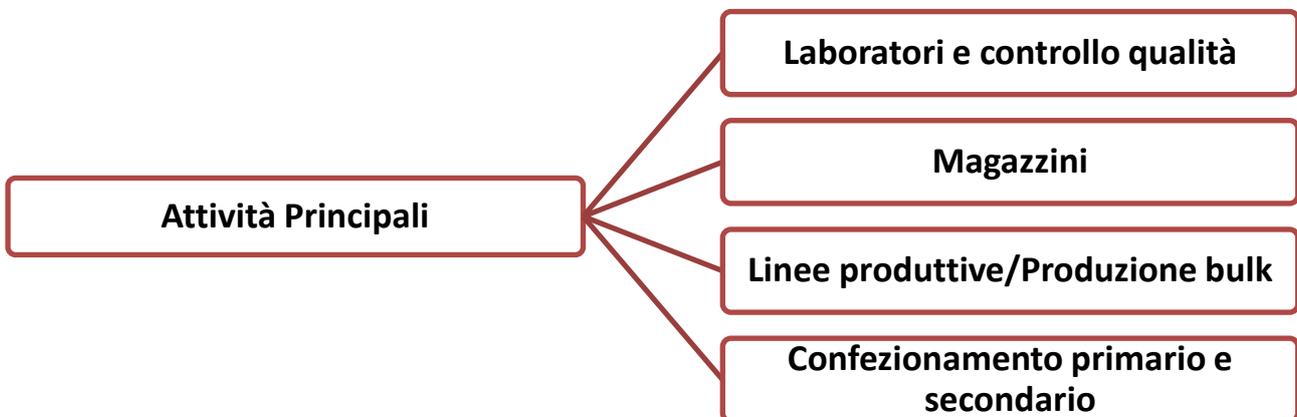


Figura 66 – Schema della ripartizione delle attività principali tra reparti omogenei

Tabella 80 – Descrizione dei reparti omogenei delle attività principali

ATTIVITÀ PRINCIPALI	DESCRIZIONE
<b>Laboratori e controllo qualità</b>	Controllo specifiche materiale in ingresso e in uscita; ricerca nuove composizioni. Apparecchiature da laboratorio, cappe chimiche, stringenti caratteristiche termo-igrometriche e di pulizia dell’aria.
<b>Magazzini</b>	Movimentazione e stoccaggio dei principi attivi e degli eccipienti. Richiesta di determinate condizioni termo-igrometriche nel caso dello stoccaggio del prodotto finito.

<b>Linee produttive / Produzione bulk</b>	Linee e impianti dedicati alla produzione. Normalmente localizzati in ambienti climatizzati con stringenti standard di pulizia dell'aria nelle classi GMP A-D.
<b>Confezionamento primario e secondario</b>	Linee di confezionamento primario e secondario. Anche queste attività sono localizzate generalmente in ambienti climatizzati con stringenti standard di pulizia dell'aria nelle classi GMP A-D.

#### 5.3.5.2.2. Servizi Ausiliari

Nei Servizi Ausiliari (Figura 67) sono inclusi tutti i servizi di trasformazione dell'energia per la produzione di vettori secondari, come acqua calda o fredda, aria secca, aria compressa, vapore, necessari sia al rispetto delle specifiche di produzione che alla climatizzazione e ventilazione degli ambienti produttivi.

A tali voci di consumo si aggiungono i consumi dei sistemi di pompaggio, la produzione di acqua demineralizzata per scopi di produzione e i sistemi per l'aspirazione dell'aria.

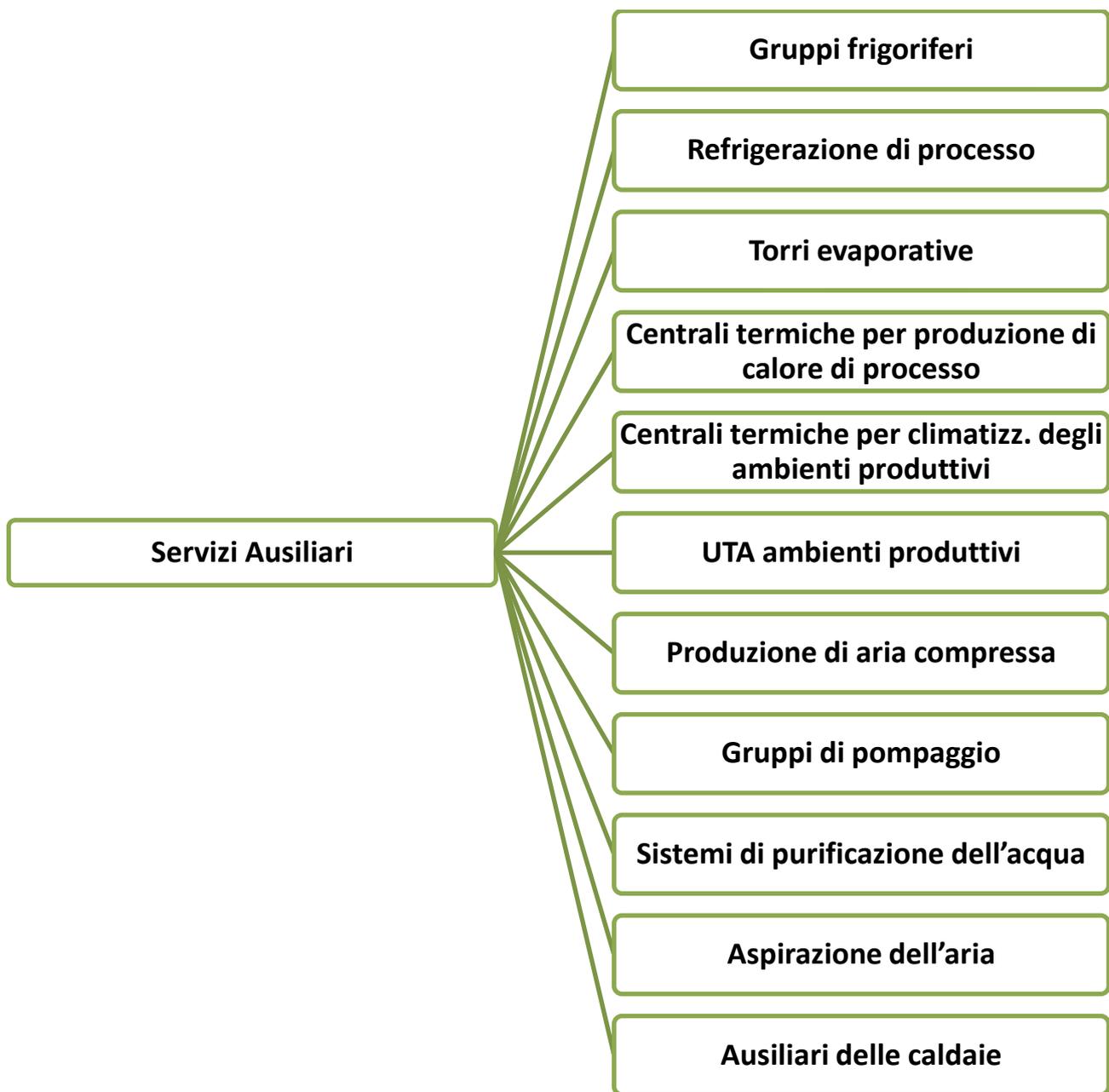


Figura 67 – Schema della ripartizione dei Servizi Ausiliari tra reparti omogenei

Tabella 81 – Descrizione dei reparti omogenei dei Servizi Ausiliari.

SERVIZI AUSILIARI	DESCRIZIONE
<b>Gruppi frigoriferi</b>	Gruppi frigoriferi a compressione o ad assorbimento. Per la maggior parte dedicati alla produzione di freddo per la climatizzazione, a volte includono anche la produzione del freddo di processo.
<b>Refrigerazione di processo</b>	Sistemi di refrigerazione per soli scopi di processo, inclusi celle frigorifere e sistemi di liofilizzazione
<b>Torri evaporative</b>	Impiegate per il circuito di condensazione dei gruppi frigo, vengono normalmente computate a parte. Possono includere i sistemi di pompaggio dedicati.

<b>Centrali termiche per produzione di calore di processo</b>	Produzione di calore sotto forma di vapore pulito o acqua calda. Normalmente le centrali termiche producono sia flussi di calore per scopi di processo che per scopi ausiliari (condizionamento degli ambienti produttivi e non produttivi).
<b>Centrali termiche per produzione di calore per la climatizzazione degli ambienti produttivi</b>	Produzione di calore sotto forma di vapore pulito o acqua calda. Normalmente le centrali termiche producono sia flussi di calore per scopi di processo che per scopi ausiliari (condizionamento degli ambienti produttivi e non produttivi).
<b>UTA ambienti produttivi</b>	Unità di trattamento dell'aria, generalmente per gli ambienti produttivi.
<b>Produzione di aria compressa</b>	Compressori ed essiccatori di aria.
<b>Gruppi di pompaggio</b>	Sistemi di pompaggio dell'acqua calda o fredda di processo o per il condizionamento degli ambienti; pompaggi di acqua pulita per produzione.
<b>Sistemi di purificazione dell'acqua</b>	Produzione di acqua demineralizzata per scopi produttivi.
<b>Aspirazione dell'aria</b>	Sistemi di aspirazione dell'aria negli ambienti puliti (es: cappe di laboratorio).
<b>Ausiliari delle caldaie</b>	Consumi elettrici dei componenti ausiliari delle caldaie.

#### 5.3.5.2.3. Servizi Generali

I servizi generali negli impianti farmaceutici (Figura 68) sono quelli non legati alle attività principali e che si svolgono in maniera indipendente dalle stesse; sono essenzialmente a servizio dello stabilimento e destinati a garantirne le migliori condizioni ambientali. Si tratta dell'illuminazione di tutti gli ambienti, del condizionamento degli ambienti non produttivi, della produzione di acqua calda sanitaria, dei consumi elettrici degli uffici, dei consumi legati alla mensa aziendale e altri consumi minori.

Nella Tabella 68 è riportata la descrizione dei singoli reparti.

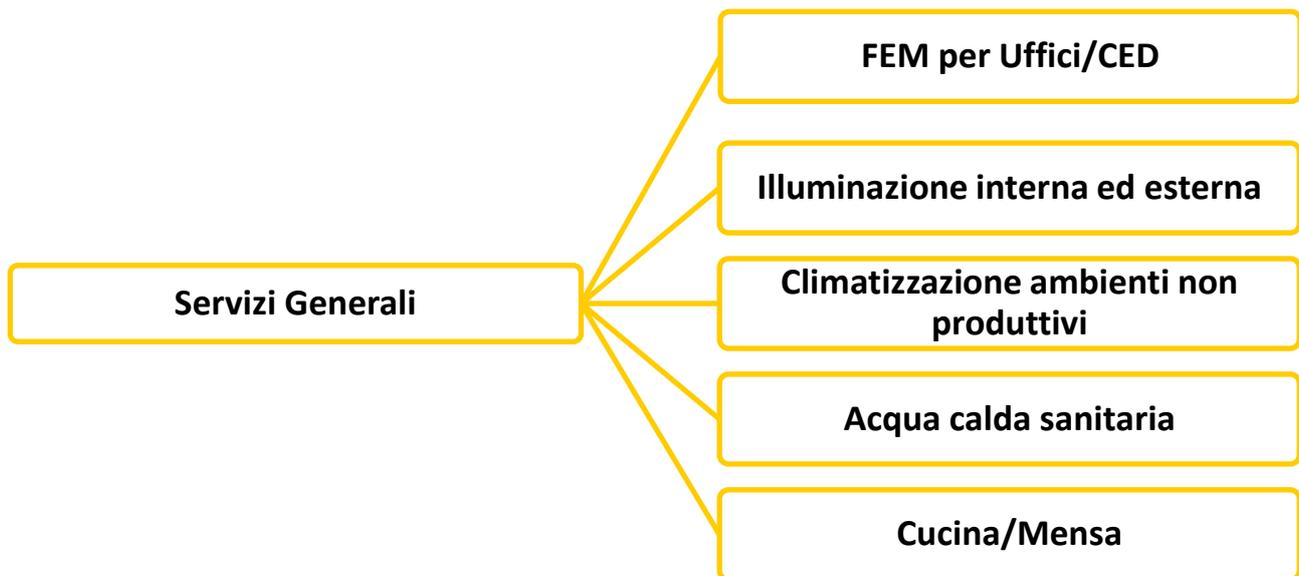


Figura 68 – Schema della ripartizione dei Servizi Generali tra reparti omogenei

Tabella 82 – Descrizione dei reparti omogenei dei Servizi Generali

SERVIZI GENERALI	DESCRIZIONE
<b>FEM per Uffici/CED</b>	Consumi elettrici degli uffici. Possono essere inclusi in questa voce anche i consumi dei CED.
<b>Illuminazione interna ed esterna</b>	Illuminazione degli ambienti interni al sito e degli spazi esterni.
<b>Climatizzazione ambienti non produttivi</b>	Tutte i consumi di riscaldamento, raffrescamento e deumidificazione degli ambienti non produttivi.
<b>Acqua calda sanitaria</b>	Consumi legati alla produzione e fornitura di acqua calda sanitaria.
<b>Cucina/Mensa</b>	Consumi legati ai servizi di mensa.
<b>Altro</b>	Altri consumi minori

### 5.3.5.3. Indicatori di prestazione energetica

Al fine di normalizzare e confrontare in modo omogeneo i consumi annullando la variabilità introdotta dai fattori che li influenzano si introducono gli Indicatori di Performance.

Si identificano due tipologie di Indicatori:

- **Indicatori di tipo generale (IPEg)** che normalizzano i consumi rispetto al parametro che identifica la destinazione d'uso generale dello stabilimento.
- **Indicatori di tipo specifico (IPEs)** che, invece, normalizzano i consumi rispetto al parametro che identifica la specifica destinazione d'uso dell'area funzionale al Livello D della Struttura Energetica Aziendale.

Lo scopo di definire degli indicatori di prestazione energetica è quello di individuare valori di riferimento tali da permettere alla fonderia di pianificare in modo appropriato la propria politica energetica e i propri investimenti in efficienza energetica.

L'impianto farmaceutico può supportare le proprie decisioni in ambito energetico utilizzando:

- **benchmark interni:** mirati a valutare l'andamento delle proprie prestazioni energetiche rispetto a diversi periodi di riferimento e/o diversi siti o impianti omologhi appartenenti all'azienda
- **benchmark esterni:** mirati a verificare le proprie prestazioni rispetto alla media di mercato.

Ai consumi complessivi di sito e ad ognuna delle aree funzionali identificate nella struttura energetica aziendale è associato un indicatore di tipo generale definito come segue:

$$IPEg_j = E_j / Dg$$

dove:

- IPE<sub>g</sub> è l'indicatore di performance generale associato alla j-esima area funzionale;
- E<sub>j</sub> è l'energia assorbita dalla j-esima area funzionale;
- D<sub>g</sub> è la destinazione d'uso generale dello stabilimento.

Normalmente la D<sub>g</sub> corrisponde alla produzione, espressa in unità di massa (kg, t) o di volume (m<sup>3</sup> o litri). Nel caso specifico delle aziende appartenenti al settore Farmaceutico però, per via del grande peso dei consumi fissi sul totale dei consumi energetici, è possibile dire che i consumi totali di sito non sono necessariamente correlati con la produzione.

Per questo motivo le imprese farmaceutiche impiegano le Unità Equivalenti di Prodotto, generalmente corrispondenti alle confezioni. Tale unità può essere impiegata come destinazione d'uso, ma ha valore di confronto interno all'impresa, essendo impossibile confrontare le specifiche produzioni di diversi siti produttivi.

Pertanto, per i consumi globali di sito, le destinazioni d'uso generale da utilizzare possono essere sia le superfici che i volumi degli ambienti produttivi climatizzati che rientrano negli standard GMP.

A tale destinazione d'uso generale è bene rapportare a livello di sito sia i consumi totali che quelli termici ed elettrici.

Tabella 83 – Differenti tipologie di destinazione d'uso generale

DESTINAZIONE D'USO GENERALE D <sub>g</sub>	UNITÀ DI MISURA	VOCI DI CONSUMO
<b>Produzione netta in massa</b>	Kilogrammi [kg] / Tonnellate[t]	Livelli A, B e C
<b>Produzione</b>	Unità di Produzione Equivalenti (confezioni)	Livelli A, B e C
<b>Superfici ambienti produttivi</b>	Metri quadri [m <sup>2</sup> ]	Livelli A e B
<b>Volume ambienti produttivi</b>	Metri cubi [m <sup>3</sup> ]	Livelli A e B

A differenza degli Indicatori di Performance di tipo Generale, associati a tutte le area funzionali, gli indicatori di tipo specifico (IPEs) sono associati solamente alle aree funzionali o ai reparti al Livello D della Struttura Energetica Aziendale e sono definiti come segue:

$$IPEs_j = E_j / Ds$$

dove:

- IPE<sub>s</sub> è l'indicatore di performance specifico associato alla j-esima area funzionale o reparto;
- E<sub>j</sub> è l'energia assorbita dalla j-esima area funzionale o reparto;
- D<sub>s</sub> è la destinazione d'uso specifico dell'area funzionale, del reparto o dello specifico apparato.

Nella Tabella 84 sono riassunte le destinazioni d'uso specifiche definibili per ciascuna delle attività/reparti al Livello D per gli impianti farmaceutici.

Tabella 84 – Destinazioni d’uso specifiche

<b>ATTIVITÀ PRINCIPALI</b>		
<b>Attività</b>	<b>Destinazione d’uso specifica</b>	<b>Unità di misura</b>
<b>Linee produttive</b>	Produzione netta in massa	Kilogrammi [kg]/ Tonnellate[t] /litri [l]
<b>Magazzini (climatizzati)</b>	Produzione netta in massa	Kilogrammi [kg]/ Tonnellate[t]
<b>Magazzini (climatizzati)</b>	Volumi	Volume [m <sup>3</sup> ]
<b>SERVIZI AUSILIARI</b>		
<b>Attività</b>	<b>Destinazione d’uso specifica</b>	<b>Unità di misura</b>
<b>Produzione e distribuzione di aria compressa</b>	Volumi di aria prodotta	Normal metri cubi [Nm <sup>3</sup> ]
<b>Produzione di freddo per climatizzazione</b>	Frigorie prodotte	Kilowattora di freddo [kWh <sub>f</sub> ]
<b>Produzione di freddo per climatizzazione</b>	Volume degli ambienti condizionati	Metri cubi [m <sup>3</sup> ]
<b>Produzione di freddo per climatizzazione</b>	Gradi giorno estivi	Gradi centigradi x giorni [°C d]
<b>Produzione di freddo per processo</b>	Frigorie prodotte	Kilowattora di freddo [kWh <sub>f</sub> ]
<b>Produzione di calore per riscaldamento</b>	Calore prodotto	Kilowattora di energia termica [kWh <sub>t</sub> ]
<b>Produzione di calore per riscaldamento</b>	Volume degli ambienti condizionati	Metri cubi [m <sup>3</sup> ]
<b>Produzione di calore per riscaldamento</b>	Gradi giorno invernali	Gradi centigradi x giorni [°C d]
<b>Unità di trattamento aria</b>	Volume degli ambienti condizionati	Metri cubi [m <sup>3</sup> ]
<b>Unità di trattamento aria</b>	Volume di aria trattata durante l’anno	Metri cubi [m <sup>3</sup> ]
<b>Impianti di pompaggio</b>	Acqua pompata	Metri cubi [m <sup>3</sup> ]
<b>Treatmento di acque di processo</b>	Acqua trattata	Metri cubi [m <sup>3</sup> ]
<b>SERVIZI GENERALI</b>		
<b>Attività</b>	<b>Destinazione d’uso specifica</b>	<b>Unità di misura</b>
<b>Climatizzazione invernale ed estiva ambienti non produttivi</b>	Gradi giorno invernali	Gradi centigradi x giorni [°C d]
<b>Illuminazione</b>	Flusso luminoso	Lumen [lm]
<b>Acqua calda sanitaria</b>	Dipendenti	
<b>Mensa</b>	Dipendenti o coperti	
<b>Uffici</b>	Superficie	[m <sup>2</sup> ]

Si ritiene importante precisare che le destinazioni d’uso specifiche elencate nella precedente tabella sono di carattere opzionale: non esiste alcun obbligo di monitoraggio di tali grandezze, ma se ne suggerisce la misura poiché possibili driver energetici delle varie voci di consumo a cui sono associate.

#### 5.3.5.4. Procedure per definire un piano di monitoraggio dei consumi energetici

Secondo quanto prescritto dall'Art. 8 del D.lgs. 102/2014, la Diagnosi Energetica deve essere eseguita in conformità con i Criteri Minimi contenuti nell'Allegato 2 al citato decreto, il quale stabilisce che la Diagnosi Energetica deve essere "basata su dati operativi relativi al consumo di energia aggiornati, misurati e tracciabili".

Il Ministero dello Sviluppo Economico ha, successivamente, chiarito (Allegato II del Documento di Chiarimenti del novembre 2016) che, ai fini della conformità della Diagnosi Energetica, non è necessario misurare tutti i consumi energetici, ma è possibile definire un "Piano di Monitoraggio" che includa quelli associati alle aree funzionali, opportunamente identificate, che contribuiscono in maniera significativa al Consumo complessivo dello Stabilimento.

In questo capitolo verranno descritte le procedure per implementare un piano di monitoraggio dei consumi energetici per i siti produttivi nel settore farmaceutico.

##### 5.3.5.4.1. Modalità di misurazione

Di seguito è riportato, integralmente, il testo del Par. 5 delle "Linee Guida per il Monitoraggio nel settore industriale per le Diagnosi Energetiche ex art. 8 del D.lgs. 102/2014" [9] pubblicate da ENEA.

*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 misura dovrà essere effettuata a partire dall'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).*

Le misure devono essere conformi agli standard nazionali ed internazionali di riferimento (ISO, UNI, Protocollo IPMVP etc etc). Nel caso di misure indirette è fatta salva la possibilità di adoperare metodologie di calcolo ampiamente consolidate presenti nella letteratura tecnica corrente.

##### 5.3.5.4.2. Fasi per la progettazione di piano di monitoraggio

Di seguito, nella Tabella 85 è riportata una descrizione sintetica delle singole fasi del processo di progettazione del Piano di Monitoraggio proposto da ENEA ed il risultato della applicazione dei criteri descritti al tipico caso di un impianto farmaceutico.

Tabella 85 – Fasi del processo di pianificazione del piano di monitoraggio

FASE	DESCRIZIONE																														
<b>Determinare il consumo di stabilimento</b>	Sommare i dati di Consumo di Stabilimento (rilevabili dai contatori generali o dalle fatture di acquisto nel caso, ad esempio, di coke o gasolio) relativi a ciascun vettore energetico impiegato dopo averli convertiti in unità di misura omogenee (es. tep, MJ, kWh).																														
<b>Escludere i vettori energetici che hanno un contributo sul consumo di stabilimento &lt;10%</b>	Valutare il contributo di ciascun vettore energetico sul consumo complessivo di stabilimento e determinare quelli che hanno un contributo complessivo < 10%. I vettori energetici, impiegati in un impianto farmaceutico, che contribuiscono in misura superiore al 10%, sono energia elettrica e gas naturale.																														
<b>Escludere le macroaree al Livello C che hanno un contributo al consumo di ciascun vettore &lt;10%</b>	Valutare il contributo di ciascuna macroarea al Livello C della Struttura Energetica Aziendale (Attività Principali, Servizi Ausiliari e Servizi Generali) e determinare quelle che hanno un contributo complessivo, su ciascun vettore energetico, inferiore al 10%. Nel caso di un impianto farmaceutico è possibile, generalmente, escludere dalle analisi successive i Servizi Generali.																														
<b>Determinare il livello di copertura minima garantito dal piano di monitoraggio</b>	<p>Nota il Consumo di Stabilimento è possibile determinare, utilizzando la Tabella seguente] il livello di copertura minima dei consumi di:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Attività Principali;</li> <li>• Servizi Ausiliari;</li> <li>• Servizi Generali;</li> </ul> <p>che il Piano di Monitoraggio dovrà garantire per ognuno dei vettori energetici e delle macroaree al Livello C non esclusi nella fase precedente.</p> <table border="1" data-bbox="480 1126 1425 1379"> <thead> <tr> <th colspan="2">Consumo di riferimento (tep/a)</th> <th>Attività principali</th> <th>Servizi ausiliari</th> <th>Servizi generali</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">&gt; 10.000</td> <td>50%</td> <td>60%</td> <td>20%</td> </tr> <tr> <td>6.000</td> <td>9.999</td> <td>40%</td> <td>60%</td> <td>15%</td> </tr> <tr> <td>3.000</td> <td>5.999</td> <td>30%</td> <td>50%</td> <td>10%</td> </tr> <tr> <td>1.000</td> <td>2.999</td> <td>20%</td> <td>40%</td> <td>5%</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>999</td> <td>15%</td> <td>30%</td> <td>5%</td> </tr> </tbody> </table> <p>Nel caso, ad esempio, di uno impianto farmaceutico caratterizzato da un consumo di Stabilimento di 5.000 TEP, si dovrà prevedere un Piano di Monitoraggio che garantisce una copertura del 30% dei consumi associati alle Attività Principali, del 50% dei Servizi Ausiliari e del 10% dei Servizi Generali per ciascun vettore energetico monitorato.</p>	Consumo di riferimento (tep/a)		Attività principali	Servizi ausiliari	Servizi generali	> 10.000		50%	60%	20%	6.000	9.999	40%	60%	15%	3.000	5.999	30%	50%	10%	1.000	2.999	20%	40%	5%	100	999	15%	30%	5%
Consumo di riferimento (tep/a)		Attività principali	Servizi ausiliari	Servizi generali																											
> 10.000		50%	60%	20%																											
6.000	9.999	40%	60%	15%																											
3.000	5.999	30%	50%	10%																											
1.000	2.999	20%	40%	5%																											
100	999	15%	30%	5%																											
<b>Determinare il livello di copertura minima garantito dal piano di monitoraggio.</b>	Se lo stesso sito utilizza solo utenze elettriche ed ha, presumibilmente, esclusi dalla analisi gli altri vettori energetici, il Piano di Monitoraggio riguarderà solo l'energia elettrica, diversamente dovrà riguardare anche gli altri vettori energetici.																														
<b>Determinare le aree funzionali, i processi e gli impianti da includere nel piano di monitoraggio</b>	Nota la copertura minima dei consumi che il Piano di Monitoraggio dovrà garantire, è possibile determinare le aree funzionali, i processi e gli impianti da includere nel Piano. A tale scopo ci si deve riferire al Livello D della Struttura Energetica Aziendale, che per ognuno dei vettori energetici, rappresenta la ripartizione dei consumi di Attività Principali, Servizi Ausiliari e Servizi Generali (Livello C) tra le aree funzionali, i processi e gli impianti dell'impresa. I consumi da includere nel Piano di Monitoraggio saranno quelli delle aree funzionali, processi e impianti la cui somma garantisce le coperture definite.																														

In riferimento alle percentuali di clusterizzazione definite nella Tabella 85, è importante sottolineare che questa si differenzia dalla clusterizzazione di monitoraggio riferita alla manifattura e presente nelle linee guida ENEA [9]. A differenza di quest’ultima, infatti, le percentuali di consumi da monitorare presenti in questa linea guida dedicata al settore farmaceutico, sono maggiori per i servizi ausiliari che per le attività principali di sito. Questo poiché molta parte dell’energia consumata viene impiegata per la produzione di vettori energetici (aria compressa, vapore, acqua calda, acqua fredda o gelida) da impiegare internamente al sito. Questa particolarità del settore rende poco utile monitorare in maniera stringente le attività prettamente legate alla produzione, mentre richiede un maggiore controllo e una maggiore conoscenza dei consumi legati alla trasformazione dell’energia, dunque ai servizi ausiliari. Si consiglia pertanto di riferirsi a questa linea guida e non alle Linee Guida Generali ENEA [9] laddove si intenda monitorare i consumi energetici di sito.

#### 5.3.5.4.3. Reparti da includere nel monitoraggio

Nella Tabella 86, per ognuna delle macroaree funzionali identificate al Livello D della Struttura Energetica Aziendale, sono identificati i reparti che, nella maggior parte dei casi, garantiscono i livelli di copertura richiesti. Rimane a carico del Responsabile della Diagnosi Energetica (REDE) verificare, con i consumi effettivi, che i livelli di copertura richiesti siano effettivamente raggiunti.

Tabella 86 – Reparti a maggior consumo energetico

AREA FUNZIONALE	DESCRIZIONE
<b>Attività principali</b>	I reparti (elementi al Livello D) appartenenti alle Attività Principali e caratterizzate da maggiori consumi sono le linee produttive. Nel caso dei consumi elettrici, il monitoraggio dei consumi delle linee è sufficiente a garantire il livello di copertura richiesto per le Attività Principali. Nel caso dei consumi di energia termica, tale livello di copertura è garantito dal monitoraggio dei consumi di gas naturale per la produzione di calore di processo.
<b>Servizi ausiliari</b>	I reparti (elementi al Livello D) appartenenti ai Servizi Ausiliari e caratterizzate da maggiori consumi elettrici sono: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Produzione del freddo;</li> <li>• Condizionamento degli ambienti produttivi.</li> </ul> In molti casi il monitoraggio di entrambe le aree funzionali suddette è sufficiente a garantire il livello di copertura richiesto per i Servizi Ausiliari. Nel caso dei consumi di energia termica, è sufficiente monitorare i consumi di gas naturale dedicati alla produzione di calore per il riscaldamento degli ambienti.
<b>Servizi generali</b>	I consumi per Servizi Generali hanno un contributo minimo ai consumi di stabilimento. Il monitoraggio dei consumi di uno solo degli elementi al Livello D è sufficiente a raggiungere i livelli di copertura richiesti.

#### 5.3.5.4.4. Esempio di un piano di monitoraggio in un impianto farmaceutico

In questo paragrafo è proposto un esempio di Piano di Monitoraggio sviluppato tenendo conto dei criteri descritti e proposti nella presente Linea Guida.

Il consumo di energia elettrica per le attività principali ha un'incidenza maggiore del 10% dei consumi dello stabilimento. Al fine di rispettare le soglie minime riportate da ENEA, si suggeriscono due strategie.

La prima è di monitorare più linee produttive alternativamente tra loro, in modo da tenere sotto controllo le prestazioni di ciascuna linea durante tutto l'anno, seppur non con una copertura totale nel tempo. Questo per due ragioni:

- i siti farmaceutici ospitano spesso più linee produttive dedicate a diverse tipologie di farmaco. I consumi specifici di ciascuna linea saranno dunque diversi a seconda del farmaco prodotto, tenendo in particolare considerazione le linee per la produzione dei farmaci sterili;
- spesso la produzione è divisa in lotti durante l'anno, per cui non tutte le linee sono attive tutto l'anno.

Questa strategia ha il vantaggio di non dover installare un sistema di misura fisso e di tenere sotto controllo più linee produttive per caratterizzarne le prestazioni, una volta nota la produzione, in massa o in unità equivalenti di prodotto.

La seconda strategia è, semplicemente, di monitorare con priorità le linee produttive che si ritengono più onerose dal punto di vista energetico.

Questa strategia ha il vantaggio di non dover installare un sistema di misura fisso e di tenere sotto controllo più linee produttive per caratterizzarne le prestazioni, una volta nota la produzione, in massa o in unità equivalenti di prodotto.

La seconda strategia è, semplicemente, di monitorare con priorità le linee produttive che si ritengono più onerose dal punto di vista energetico.

Per quanto riguarda i consumi elettrici nei servizi ausiliari il REDE (Responsabile della Diagnosi Energetica) dovrebbe essere in grado di coprire le percentuali di monitoraggio suggerite in questa linea guida misurando i consumi energetici relativi alla produzione del freddo e alle unità di trattamento aria.

In merito alla produzione del freddo, i gruppi frigo generalmente forniscono acqua fredda tanto per il condizionamento degli ambienti che per la produzione, essendo le due funzioni alimentate spesso da un singolo circuito di refrigerazione. Può accadere che le alimentazioni siano differenti, avendo dunque alcuni gruppi frigo dedicati alla sola produzione e altri alla sola climatizzazione. In entrambi i casi, è sempre interesse dell'impresa avere contezza della spesa energetica per la fornitura di freddo per entrambe le funzioni, anche solo attraverso stime. Laddove sia possibile, si consiglia inoltre di misurare anche la quantità e qualità del vettore energetico prodotto, attraverso misure di temperatura e portata, per poter determinare le prestazioni energetiche delle macchine che producono il vettore.

Le Unità di Trattamento dell'Aria invece richiedono la misura dei consumi di energia elettrica e, al tempo stesso, il volume dell'aria trattata. Quest'ultima grandezza diviene di facile determinazione laddove si conosca il volume degli ambienti trattati e i ricambi orari forniti durante il periodo di monitoraggio.

I consumi elettrici nei servizi generali sono coperti, in termini di monitoraggio, dal condizionamento degli ambienti non produttivi.

Il gas naturale viene impiegato, nelle centrali termiche di sito, per la produzione di vapore o acqua calda, per tutte le tre macroaree. Il consumo di gas naturale per le attività principali ha normalmente un'incidenza maggiore del 10% dei consumi dello stabilimento, così come quello per i servizi ausiliari.

Per questo motivo, la misura dell'intero gas naturale consumato permette di coprire le percentuali di monitoraggio tanto per tutte le tre macroaree.

Ad ogni modo, si suggerisce di monitorare non solo il consumo di gas naturale di sito, ma anche di monitorare la produzione dei vettori impiegati per le attività principali, al fine di avere una stima di quanta parte dell'energia termica prodotta viene dedicata alle varie macroaree. Tale monitoraggio, che avverrà sia in termini di portata che di temperatura, avrà il vantaggio di stimare le prestazioni degli impianti di conversione dell'energia.

Nelle Figura 69 e Figura 70 sono mostrati due possibili layout di monitoraggio, con i centri di consumo tipici del settore farmaceutico. In arancio e blu scuro vengono individuati i reparti da prevedere nel monitoraggio, mentre in arancio e blu chiaro sono riportati altri eventuali reparti che potrebbero essere previsti nel piano di monitoraggio che prevedono consumi non trascurabili.

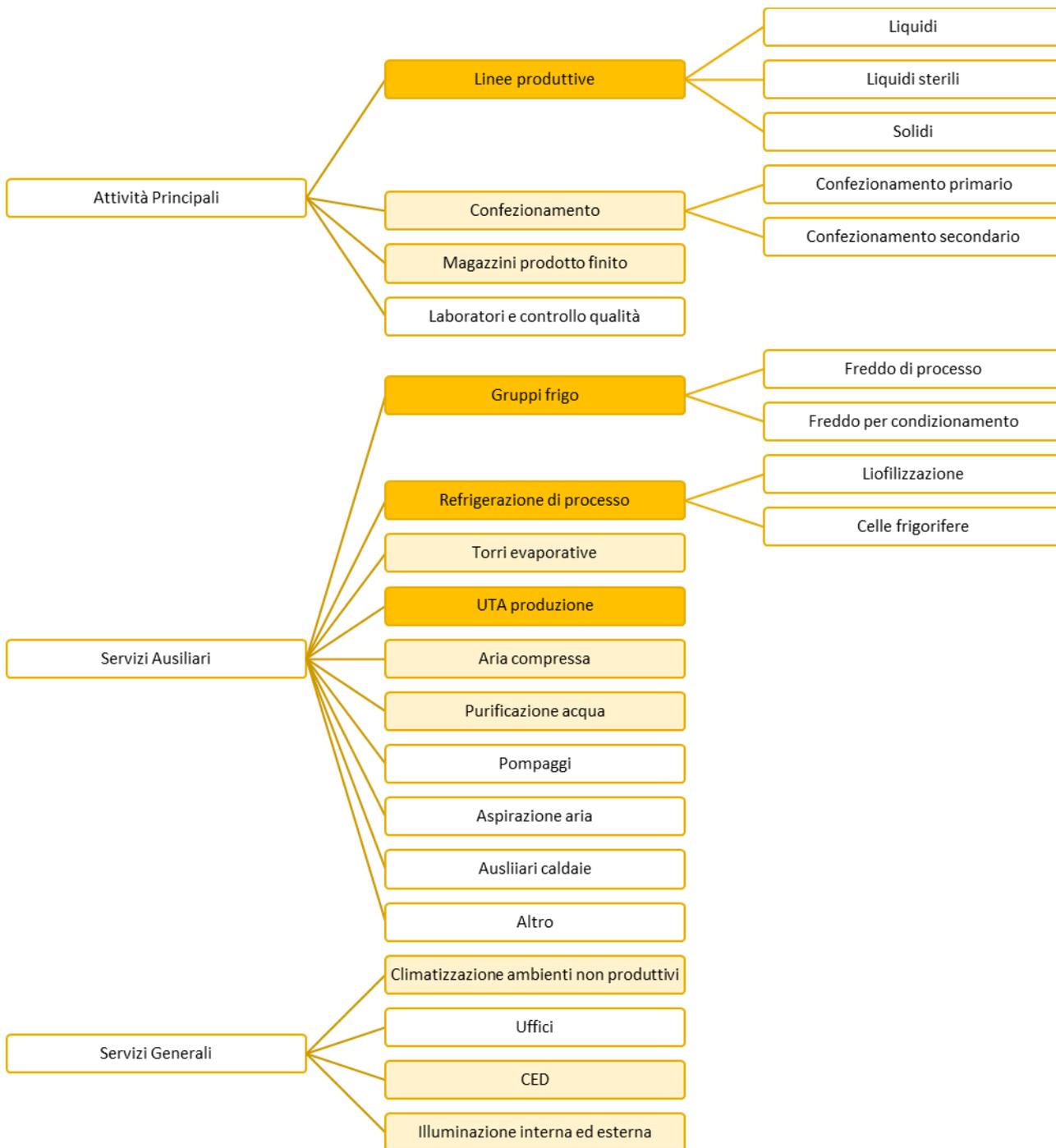


Figura 69 – Esempio di alberatura energetica per il monitoraggio del consumo di energia elettrica in un sito farmaceutico, con indicazione del possibile posizionamento degli strumenti di misura (in arancio scuro).

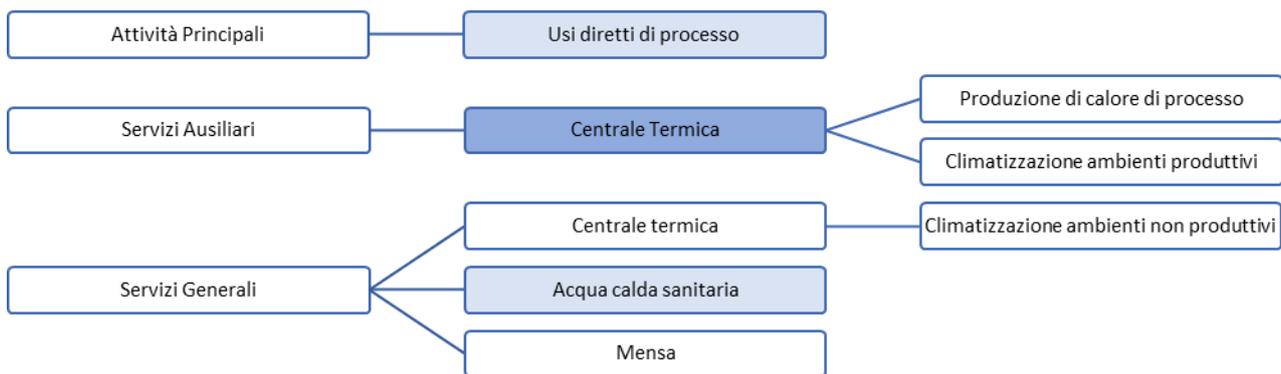


Figura 70 – Esempio di alberatura energetica per il monitoraggio del consumo di gas naturale in un sito farmaceutico, con indicazione del possibile posizionamento degli strumenti di misura (in blu scuro).

Nelle tabelle successive sono riportati i reparti individuati nelle figure precedenti con i relativi:

- indici di prestazione energetica specifici (o di secondo livello);
- i parametri da monitorare con la relativa unità di misura;
- la tipologia di strumento e una breve nota per la gestione della misura.

Sia per l'energia elettrica che per il gas naturale.

Tabella 87 – Esempio di sistema di monitoraggio di consumi elettrici per le Attività Principali

ENERGIA ELETTRICA					
ATTIVITÀ PRINCIPALI					
Reparto	IPEs	Misura	UdM	Strumento	Note
Linee produttive	IPEs=kWh/kg	Energia elettrica	kWh	Multimetro digitale	È possibile eseguire la misura del consumo delle linee alternativamente nel tempo. La soluzione adottata deve essere chiaramente riportata nella diagnosi energetica. Per ogni linea specificare sia la forma farmaceutica in produzione (liquidi, solidi, sterili, ecc) sia le specifiche come la capacità in ton o anno di costruzione. La destinazione d'uso è la produzione netta della linea misurata a partire dalle confezioni di farmaco prodotte Periodo minimo di monitoraggio suggerito: 1 mese. Frequenza di acquisizione del dato almeno oraria. Nel caso di produzioni a lotti sarebbe opportuno monitorare il consumo energetico al variare dellotto.
		Produzione netta	kg	Gestionale di produzione	
Magazzini prodotto finito	IPEs=kWh/kg o IPEs=kWh/m <sup>2</sup>	Energia elettrica	kWh	Multimetro digitale	Si suggerisce di misurare o stimare le spese per la climatizzazione dei magazzini per il prodotto finito. In alcuni casi la climatizzazione avviene in maniera separata dalla climatizzazione
		Produzione netta	kg	Gestionale di produzione	

		Superficie netta	m <sup>2</sup>	Planimetrie di sito	<p>di produzione, il che richiede la valutazione dell'energia consumata a partire dalle macchine che climatizzano i magazzini. In alternativa, è possibile stimare la porzione di energia dedicata alla climatizzazione dei magazzini se si è in grado di scorporarla dai consumi dedicati alla climatizzazione dei reparti produttivi.</p> <p>Periodo minimo di monitoraggio suggerito: 1 settimana al mese. Frequenza di acquisizione del dato almeno oraria.</p>
--	--	------------------	----------------	---------------------	---

Tabella 88 – Esempio di sistema di monitoraggio di consumi elettrici per i Servizi Ausiliari

ENERGIA ELETTRICA					
SERVIZI AUSILIARI					
Reparto	IPEs	Misura	UdM	Strumento	Note
Aria compressa	IPEs=kWh/Nm <sup>3</sup>	Energia elettrica	kWh	Multimetro digitale	<p>La misura del consumo energetico può essere implementata installando un multimetro sul quadro elettrico di alimentazione del compressore. Nel caso di più compressori è possibile prevedere la misura del consumo di ogni singolo compressore o la misura del consumo della sala compressori.</p> <p>Indicare la soluzione utilizzata e registrare se il consumo energetico misurato include/non include consumi degli essiccatori o di altre attrezzature ausiliarie. Per ogni compressore specificare marca, modello, potenza e pressione di esercizio della rete (bar).</p> <p>La destinazione d'uso è la quantità di aria prodotta dalla intera sala compressori. La misura deve essere eseguita tramite installazione di un misuratore di portata a valle della sala compressori.</p> <p>In questo caso si suggerisce l'installazione di strumentazione fissa, che consente di tenere sotto controllo un sistema spesso soggetto a perdite andando così ad individuarle immediatamente.</p>
		Volume di aria compressa	Nm <sup>3</sup>	Misuratore di portata	

					<p>Periodo minimo di monitoraggio suggerito: 6 mesi.</p> <p>Frequenza di acquisizione del dato almeno giornaliero.</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Freddo per climatizzazione</p>	<p> <math>IPE_s = kWh/kWh_f</math>            o  <math>IPE_s = kWh/m^3</math>            o  <math>IPE_s = kWh/^{\circ}Cd</math> </p>	<p>Energia elettrica</p>	<p>kWh</p>	<p>Multimetro digitale</p>	<p>La misura del consumo energetico può essere implementata installando un multimetro sul quadro elettrico di alimentazione di ogni impianto di raffreddamento. La destinazione d'uso è la portata di acqua trattata, la cui misura in continuo può risultare difficile e costosa. Per il calcolo delle frigorie, andrebbero monitorate anche le temperature di mandata e ritorno. Nel caso in cui caso il rapporto costo – beneficio risulti economicamente svantaggioso è possibile limitarsi al monitoraggio del solo consumo energetico e delle condizioni climatiche esterne.</p> <p>Si ritiene ad ogni modo necessario scorporare i consumi per la produzione di freddo per la climatizzazione dalla produzione di freddo per processo.</p> <p>Si suggerisce di correlare i consumi per la produzione di freddo per climatizzazione anche ai volumi degli ambienti climatizzati e ai gradi giorno. In quest'ultimo caso, si suggerisce di misurare la temperatura esterna con dettaglio accurato, anche minore dell'ora, per poter correlare i consumi energetici e i gradi giorno con dettaglio anche giornaliero.</p> <p>Periodo minimo di monitoraggio suggerito: annuale</p> <p>Frequenza di acquisizione del dato almeno giornaliera.</p>
		<p>Frigorie prodotte</p>	<p><math>kWh_f</math></p>	<p>Misuratore di portata</p>	
		<p>Volume ambienti GMP</p>	<p><math>m^3</math></p>	<p>Planimetrie di sito</p>	
		<p>Gradi giorno estivi</p>	<p><math>^{\circ}C d</math></p>	<p>Termometro esterno</p>	

Freddo per processo	IPEs=kWh/kWh <sub>f</sub>	Energia elettrica	kWh	Multimetro digitale	<p>La misura del consumo energetico può essere implementata installando un multimetro sul quadro elettrico di alimentazione di ogni impianto di raffreddamento. La destinazione d'uso è la portata di acqua trattata, la cui misura in continuo può risultare difficile e costosa. Per il calcolo delle frigoriferie, andrebbero monitorate anche le temperature di mandata e ritorno. Nel caso in cui il rapporto costo - beneficio risulti economicamente svantaggioso è possibile limitarsi al monitoraggio del solo consumo energetico e delle condizioni climatiche esterne.</p> <p>Si ritiene ad ogni modo necessario scorporare i consumi per la produzione di freddo per il processo dalla produzione di freddo per la climatizzazione.</p> <p>Periodo minimo di monitoraggio suggerito: tre mesi</p> <p>Frequenza di acquisizione del dato almeno giornaliera.</p>
		Frigoriferie prodotte	kWh <sub>f</sub>	Misuratore di portata	
Unità di trattamento aria	IPEs=kWh/ m <sup>3</sup> <sub>f</sub> o IPEs=kWh/m <sup>3</sup>	Energia elettrica	kWh	Multimetro digitale	<p>La misura del consumo energetico può essere implementata installando un multimetro sul quadro elettrico di alimentazione di ogni unità di trattamento dell'aria.</p> <p>La destinazione d'uso è il volume di aria trattata, computabile dal volume degli ambienti climatizzati secondo gli standard GMP e dai ricambi orari scelti per i singoli ambienti. In alternativa si possono correlare i consumi delle UTA ai soli volumi degli ambienti.</p> <p>Periodo minimo di monitoraggio suggerito: un mese</p> <p>Frequenza di acquisizione del dato almeno giornaliera.</p>
		Volume aria trattata	m <sup>3</sup>	Gestionali di impianto	
		Volume ambienti GMP	m <sup>3</sup>	Planimetrie di sito	

Tabella 89 – Esempio di sistema di monitoraggio di consumi di Gas Naturale per i Servizi Ausiliari

GAS NATURALE					
SERVIZI AUSILIARI					
Reparto	IPEs	Misura	UdM	Strumento	Note
Calore per riscaldamento		Gas naturale	m <sup>3</sup>	Quantometro	<p>Il consumo di gas naturale si misura tramite l'installazione di quantometri industriale che misurano i consumi di gas alle effettive condizioni di esercizio (Pressione e temperatura). Ad ogni quantometro deve essere applicato un convertitore del consumo di gas in condizioni standard. In caso di mancanza del convertitore è possibile applicare un fattore di conversione il cui valore che deve essere riportato nella diagnosi energetica.</p> <p>La destinazione d'uso è il calore prodotto, sotto forma di acqua calda o vapore. Entrambi possono essere misurati attraverso misuratori di portata dedicati.</p> <p>Per il calcolo del calore, andrebbero monitorate anche le temperature di mandata e ritorno. Si consiglia di misurare almeno la totalità dell'acqua calda e del vapore prodotti dalla centrale termica, sebbene sia preferibile anche scorporare il calore prodotto per la climatizzazione da quello prodotto per i processi.</p> <p>Si suggerisce di correlare i consumi per la produzione di calore per il riscaldamento anche ai volumi degli ambienti riscaldati e ai gradi giorno. In quest'ultimo caso, si suggerisce di misurare la temperatura esterna con dettaglio accurato, anche minore dell'ora, per poter correlare i consumi energetici e i gradi giorno con dettaglio anche giornaliero.</p> <p>Nel caso in cui il rapporto costo – beneficio risulti economicamente svantaggioso è possibile limitarsi al monitoraggio del solo consumo energetico e delle condizioni climatiche esterne.</p>
		Calore prodotto	kWh <sub>th</sub>	Misuratore di portata	
		Volume ambienti GMP	m <sup>3</sup>	Planimetrie di sito	
		Gradi giorno invernali	°C d	Termometro esterno	

					<p>Periodo minimo di monitoraggio suggerito: 6 mesi (comprensivi del periodo invernale)                  Frequenza di acquisizione del dato almeno giornaliera.</p>
Calore per processo	IPEs=kWh/kWh <sub>th</sub>	Gas naturale	m <sup>3</sup>	Quantometro	<p>Il consumo di gas naturale si misura tramite l'installazione di quantometri industriale che misurano i consumi di gas alle effettive condizioni di esercizio (Pressione e temperatura). Ad ogni quantometro deve essere applicato un convertitore del consumo di gas in condizioni standard. In caso di mancanza del convertitore è possibile applicare un fattore di conversione il cui valore che deve essere riportato nella diagnosi energetica.</p> <p>La destinazione d'uso è il calore prodotto, sotto forma di acqua calda o vapore. Entrambi possono essere misurati attraverso misuratori di portata dedicati.</p> <p>Per il calcolo del calore, andrebbero monitorate anche le temperature di mandata e ritorno. Si consiglia di misurare almeno la totalità dell'acqua calda e del vapore prodotti dalla centrale termica, sebbene sia preferibile anche scorporare il calore prodotto per i processi da quello prodotto per la climatizzazione.</p> <p>Nel caso in cui il rapporto costo - beneficio risulti economicamente svantaggioso è possibile limitarsi al monitoraggio del solo consumo energetico e delle condizioni climatiche esterne.</p> <p>Periodo minimo di monitoraggio suggerito: 6 mesi                  Frequenza di acquisizione del dato almeno giornaliera</p>
		Calore prodotto	kWh <sub>th</sub>	Misuratore di portata	

5.3.6. Analisi dei consumi energetici del settore farmaceutico

In questo capitolo vengono presentate le analisi dei consumi energetici che ENEA ha svolto sulla base dei dati forniti con le diagnosi energetiche obbligatorie caricate sul portale AUDIT102 negli anni 2019 e 2020. Dopo

un'analisi del campione di riferimento viene presentata un'analisi dei consumi energetici e come questi si ripartiscono tra e all'interno delle aree funzionali (Attività Principali, Servizi Ausiliari e Servizi Generali). Successivamente vengono analizzati i principali impianti tecnologici presenti all'interno dei siti produttivi. Infine, viene riportata una prima analisi degli Indici di Prestazione Energetica generali (primo livello) e specifici (secondo livello). La determinazione di questi indici prevede la necessità di un campione di dati omogenei oltre che nel processo o fase di processo, anche nella rendicontazione sia dei consumi energetici che dei driver associati.

#### 5.3.6.1. Il campione di riferimento

Il campione di riferimento sul quale si basa l'analisi proposta è composto da:

- 99 diagnosi energetica obbligatoria nella scadenza del 2019 presentate da 74 imprese afferenti al codice ATECO 21.20.09;
- da 27 questionari integrativi, veicolati alle imprese da Farindustria, relativi ad una più specifica caratterizzazione degli impianti tecnologici presenti nei siti produttivi del settore farmaceutico.

##### 5.3.6.1.1. Distribuzione territoriale e caratteristiche climatiche

Il settore farmaceutico italiano, come visto anche nel paragrafo 3.3, è caratterizzato da una forte polarizzazione in termini di distribuzione territoriale. Questa situazione si rispecchia nel campione dati relativo alle diagnosi energetiche pervenute (Figura 71), dove:

- 35 siti sono localizzati in Lombardia, in particolare nell'area metropolitana di Milano;
- 20 siti sono localizzati nel Lazio a cavallo tra le province di Roma e Latina;
- 20 siti sono ripartiti equamente tra Toscana ed Emilia-Romagna;
- 6 siti sono localizzati nel Piemonte;
- I restanti siti sono localizzati nelle restanti regioni italiane.

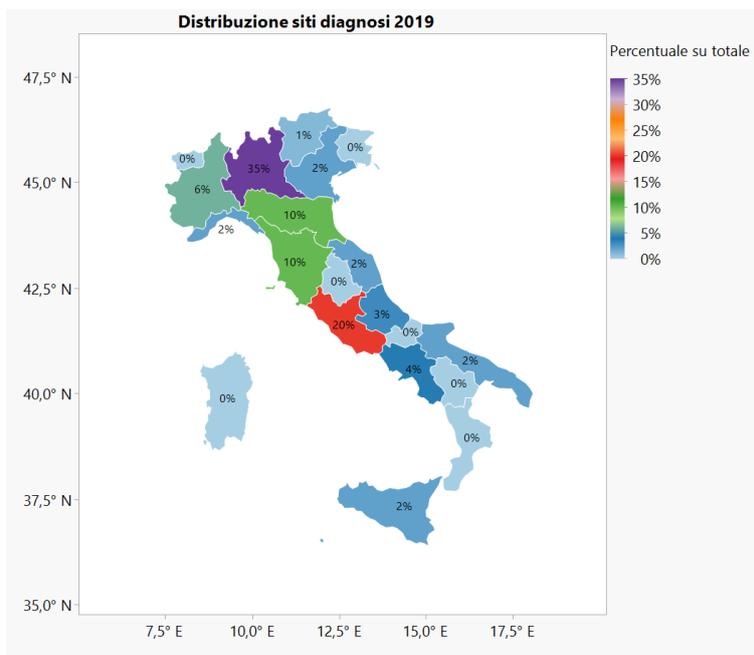


Figura 71 – Distribuzione territoriale delle diagnosi energetiche obbligatorie con scadenza Dicembre 2019

L’effetto di questa distribuzione disomogenea dei siti è visibile anche nella distribuzione dei gradi giorno invernali ed estivi (Figura 72 e Figura 73). Si riportano di seguito le distribuzioni dei gradi giorno invernali ed estivi, entrambi riferiti a 20 °C.

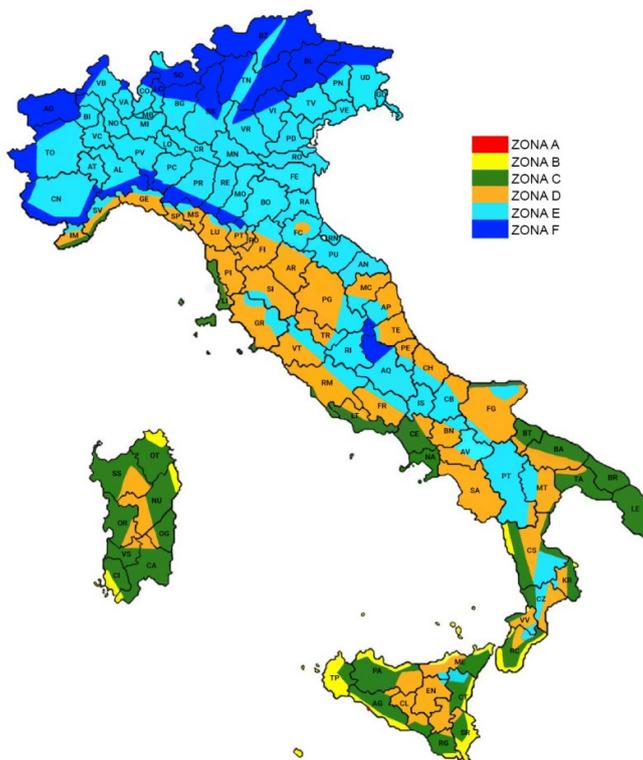


Figura 72 – Zone Climatiche invernali italiane

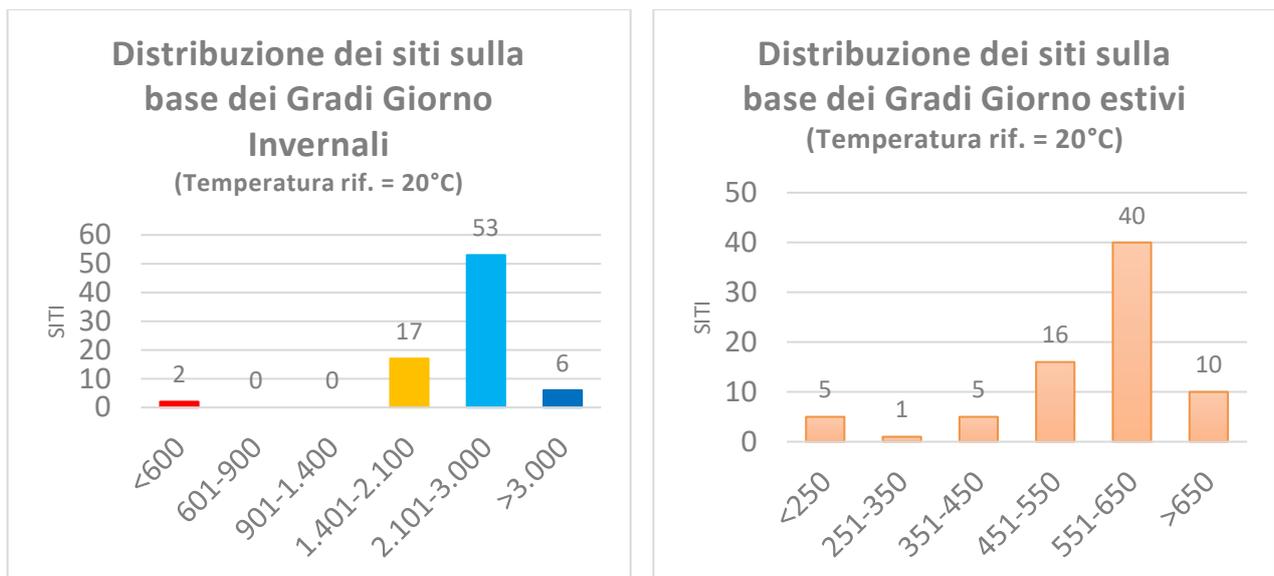


Figura 73 – Distribuzione dei siti sottoposti a diagnosi rispetto ai  $GG_{invernali}$  e  $GG_{estivi}$

#### 5.3.6.1.2. Le imprese e dei siti sottoposti a diagnosi energetica

Relativamente al campione dei siti individuato, che si ricorda essere siti appartenenti ad aziende soggette agli obblighi previsti dall'art. 8 del D.Lgs.102/2014, questi si possono classificare rispetto a:

- categoria del soggetto obbligato:
  - o Grande impresa;
  - o Impresa energivora;
- Requisiti/dotazioni presenti all'interno dei siti:
  - o Sistema di monitoraggio;
  - o Possesso della certificazione ISO 50001.

Come rappresentato in Figura 74, rispetto al campione dei 99 siti per cui è stata redatta ed inviata ad ENEA una diagnosi energetica:

- 80 dichiarano di essere una grande impresa;
- 50 dichiarano di essere imprese energivore;
- 84 dichiarano di essere dotati di un sistema di monitoraggio così come richiesto dal D.Lgs.102/2014 e chiarito successivamente dal MiSE;
- 13 dichiarano di aver implementato un sistema di gestione conforme alla norma tecnica ISO 50001.

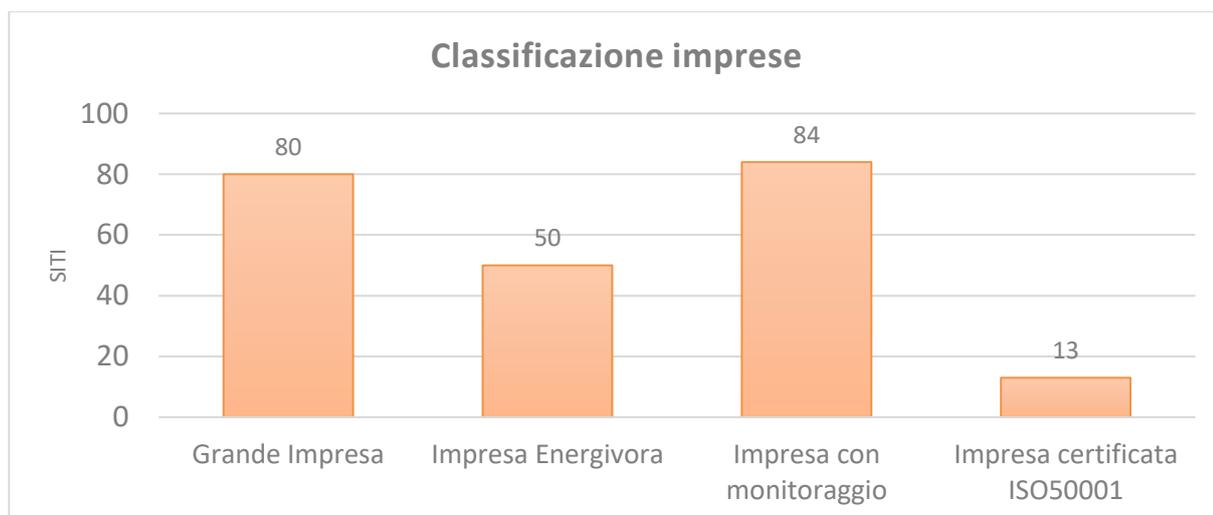


Figura 74 – Classificazione delle imprese secondo dimensione e requisiti

Un'ulteriore classificazione del campione può essere fatta sulla base della tipologia produttiva dei siti sottoposti a diagnosi, in particolare:

- 88 si riferiscono a impianti produttivi;
- 3 si riferiscono a magazzini e siti di confezionamento;
- 4 si riferiscono a siti dove si svolge principalmente attività di ricerca e sviluppo;
- 4 si riferiscono a uffici e sedi legali.

Ai fini delle analisi di dettaglio e dei risultati esposte nei paragrafi successivi, verranno considerate solo le diagnosi riferite agli impianti produttivi. Tuttavia, tra questo sottoinsieme di siti, alcuni di questi non verranno considerati, poiché realizzano prodotti medicali (es.: garze, siringe, etc.) che non sono paragonabili, per prodotti e processi, ai siti che producono farmaci. Per la stessa ragione, alcuni siti che includono processi particolari (ad esempio la fermentazione) o i cui livelli produzione siano fuori scala (troppo elevati o troppo piccoli) rispetto al resto del campione di riferimento, non sono considerati nelle analisi di settore.

### 5.3.6.2. Caratteristiche degli impianti produttivi

In questo paragrafo sono esposte le caratteristiche tecnologiche degli impianti produttivi del settore farmaceutico. Innanzitutto, sono descritti gli impianti produttivi in termini di tipologia di prodotto e ore di produzione. Quindi viene esposta la distribuzione dei consumi energetici per vettore e per area di consumo. Infine, sono mostrate le caratteristiche degli impianti tecnologici a servizio dei siti produttivi.

#### 5.3.6.2.1. Caratteristiche produttive dei siti

In questo paragrafo sono presentate le caratteristiche operative dei siti del settore farmaceutico. I siti sono caratterizzati per la tipologia e quantità del prodotto, per le dimensioni fisiche e per le ore annue di attività. Questi fattori hanno, come si vedrà nei prossimi paragrafi, un'influenza sui consumi energetici del settore. Ai fini delle statistiche presenti in questo paragrafo, è stato considerato un campione composto dai siti produttivi di farmaci, includendo anche i siti che ospitano processi fermentativi, ma escludendo i siti di prodotti medicali.

I siti del settore farmaceutico sono caratterizzati da una grande variabilità in termini di prodotto realizzato, è raro, infatti, incontrare siti che producono una sola forma farmaceutica: normalmente la produzione avviene per lotti e lo stesso sito produce più prodotti farmaceutici durante l'anno. Alcuni dei siti

appartengono a grandi case farmaceutiche, mentre altri sono di aziende che producono per conto di queste (terzisti). Solitamente ogni stabilimento ha più linee produttive, dedicate a forme farmaceutiche differenti. I farmaci si possono, solitamente, distinguere in: solidi, liquidi, misti, gassosi, tuttavia come detto, difficilmente un sito produttivo prevede la produzione di una sola tipologia di forma farmaceutica. In Figura 75 è riportata la tipologia di forme farmaceutiche riscontrate all'interno del campione di siti analizzati. Degli 83 siti, che si occupano della produzione del farmaco, anche tramite processi fermentativi, si può osservare come solo 30 siti caratterizzano la propria produzione all'interno di una specifica forma farmaceutica tra questi 20 producono farmaci solidi e 10 farmaci liquidi. Quasi la metà dei siti, ben 41, produce farmaci in forme differenti, i restanti 12 non dichiarano la tipologia di farmaci prodotti.

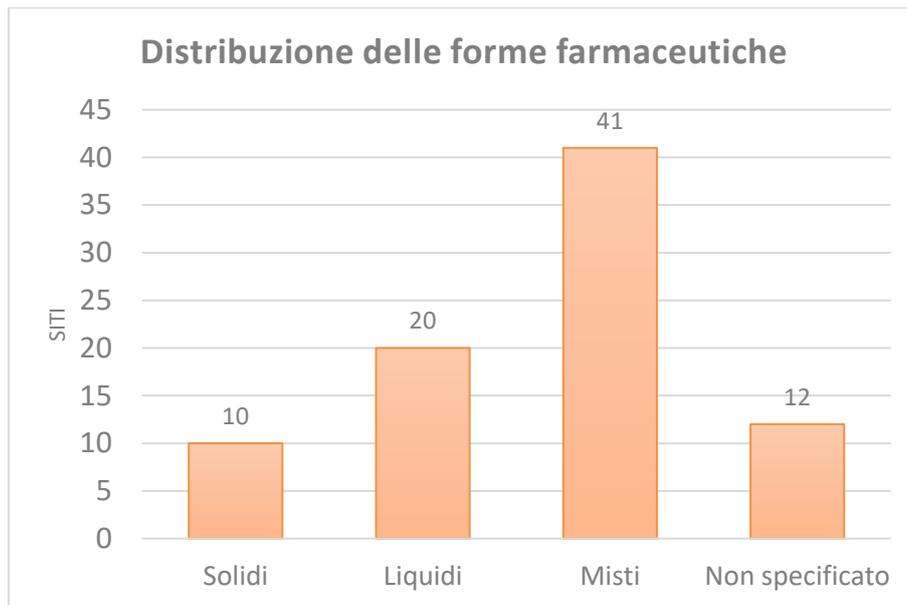


Figura 75 – Distribuzione delle forme farmaceutiche per tipologia

Questa variabilità di prodotti rende necessario, per le case farmaceutiche, trattare la produzione in termini di unità standard, che spesso corrispondono alle confezioni prodotte. Per questo motivo, la produzione nelle diagnosi energetiche è dichiarata spesso in termini di pezzi prodotti, sebbene un numero non esiguo di diagnosi riportino anche la produzione in massa. La Figura 76 riporta la distribuzione, relativamente ai livelli produttivi, dei siti che riportano la loro produzione di farmaci in massa [kg]. Come si può osservare dal grafico la produzione si attesta in gran parte all'interno dei due milioni di tonnellate di kg annui, includendo questo valore, tutte le diverse forme farmaceutiche. Si evidenzia inoltre un evidente outlier con una produzione più di quattro volte superiore a quella media dei siti.

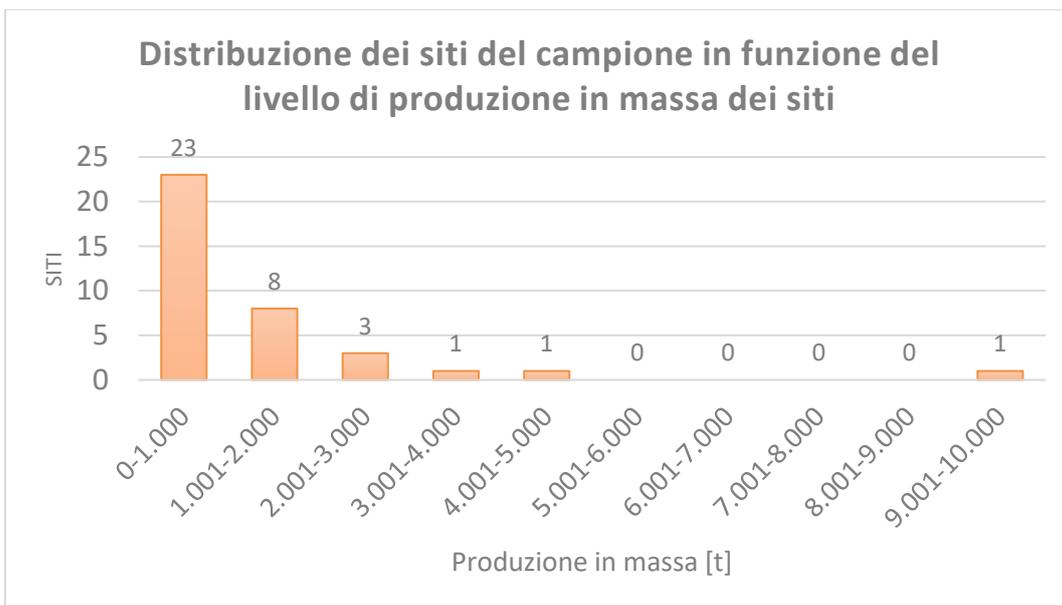


Figura 76 – Distribuzione dei siti sulla base del livello di produzione in massa [t]

Un altro parametro interessante per caratterizzare la produzione dei siti del settore farmaceutico e quindi anche i consumi energetici sono le ore di produzione. Le diagnosi energetiche riportano le ore di attività dei siti indicando, a volte, in maniera separata le ore di attività delle singole linee produttive, così come le ore annue di attività degli impianti tecnologici. Questo dato, non sempre omogeneo per tutte le diagnosi, è stato integrato attraverso il questionario richiesto ai siti produttivi in collaborazione con Farindustria. La Figura 77 mostra le ore annue di attività produttiva degli impianti, estratta da 41 dei siti del campione: si tratta di un dato che racchiude, in alcuni casi, la totalità delle ore di attività di tutti gli impianti tecnologici, non solo della produzione.

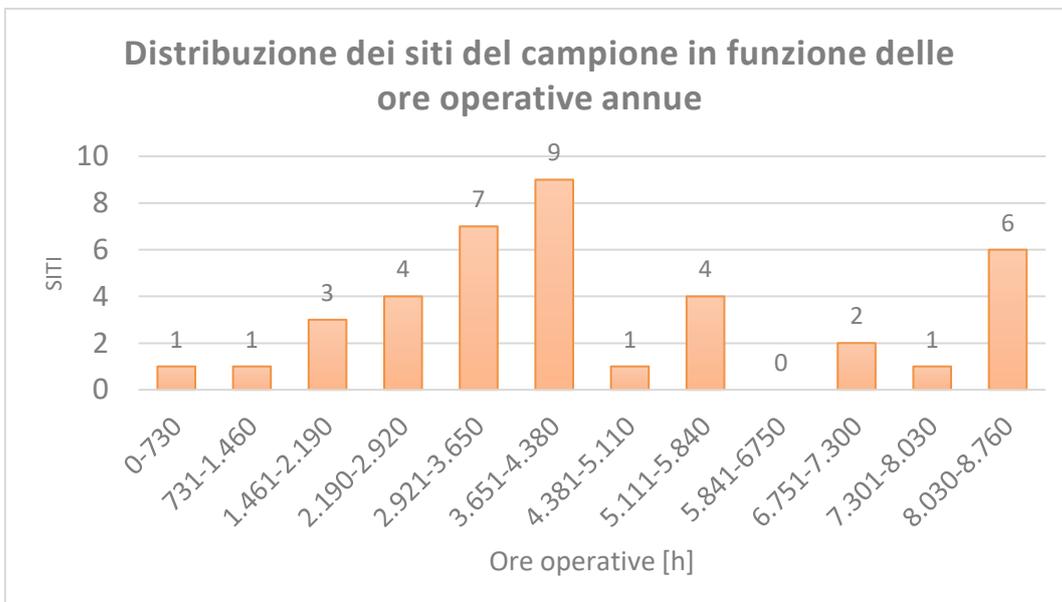


Figura 77 – Distribuzione dei siti del campione in funzione delle ore operative annue

Dal grafico di Figura 77 si deduce che i siti appartenenti al campione si possono dividere in:

- Siti che operano su tre turni con possibili aperture fino a 365 gg/anno: circa il 23% del campione (9 siti su 39);
- Siti che operano su almeno due turni lavorativi con possibili aperture nei fine settimana o estensione a tre turni lavorativi in caso di elevata produzione: circa il 36% del campione (14 siti su 39);
- Siti che operano su almeno un turno lavorativo con possibili aperture nei fine settimana o estensione a due o tre turni lavorativi in caso di elevata produzione: circa il 36% del campione (14 siti su 39);
- I restanti due siti, nel 2018, hanno invece operato un numero limitato di ore (inferiore alle 1460 ore) e pertanto considerati degli outlier.

Gli ultimi due parametri, legati tra loro, che possono essere considerati importanti driver energetici sono o le superfici climatizzate o i volumi. A questo proposito del campione in esame si hanno:

- 39 siti che riportano le superfici delle aree produttive, includendo tra queste le aree di fabbricazione e confezionamento del prodotto e i magazzini climatizzati (Figura 78);
- 30 siti che riportano i volumi delle aree produttive, includendo tra queste le aree di fabbricazione e confezionamento del prodotto e i magazzini climatizzati (Figura 79).

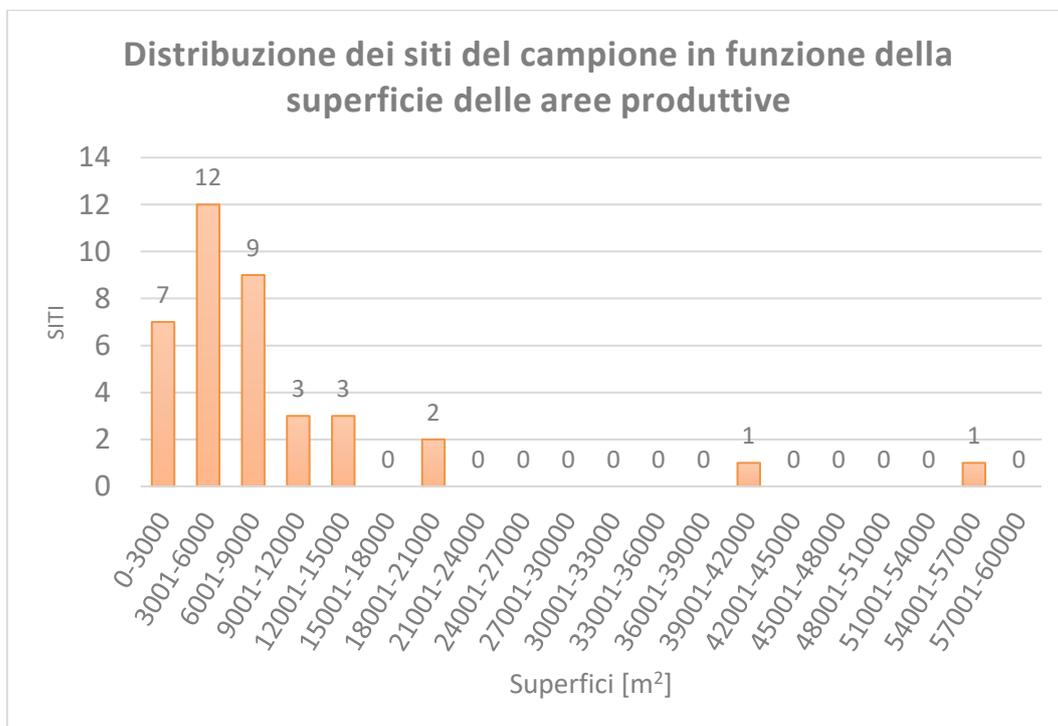


Figura 78 – Distribuzione dei siti del campione in funzione della superficie delle aree produttive climatizzate

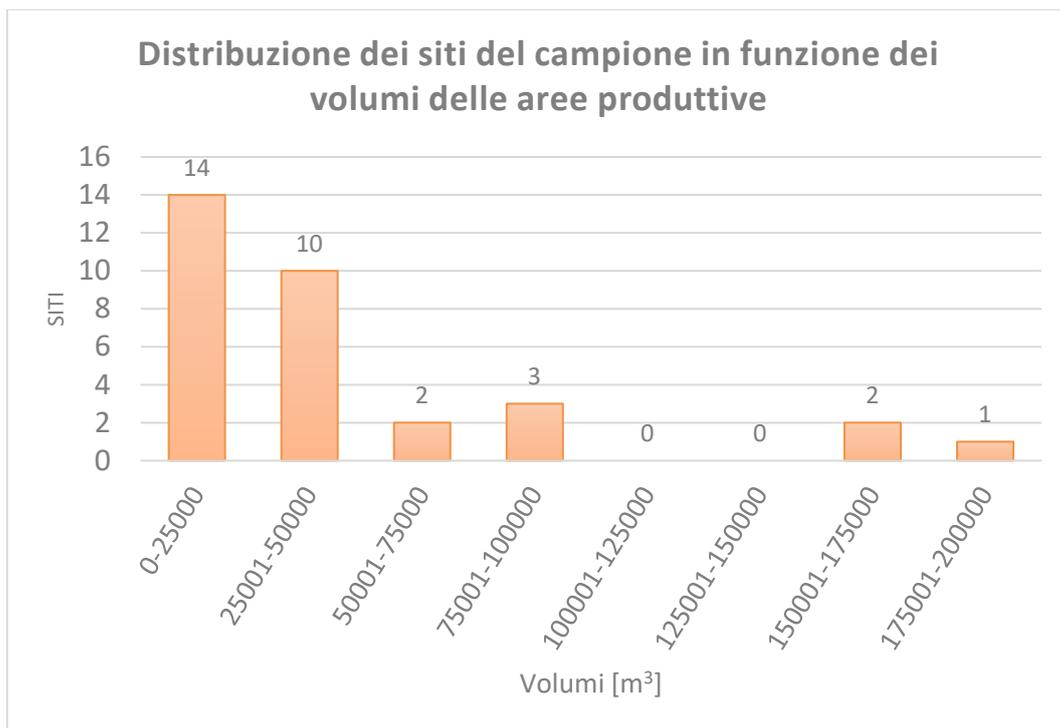


Figura 79 – Distribuzione dei siti del campione in funzione del volume delle aree produttive climatizzate

#### 5.3.6.2.2. Consumi energetici

Analizzando i vettori energetici acquistati dai siti produttivi farmaceutici, è possibile osservare (Figura 80) come poco più del 60% dei vettori acquistati è relativo al Gas Naturale mentre solo il 35% si riferisce all’Energia Elettrica, la restante percentuale (3,5%) è composta da biomassa, gasolio e altri vettori energetici utilizzati in minime quantità.

La situazione cambia in modo radicale se si analizzano i vettori energetici utilizzati all’interno del sito produttivo (Figura 81), infatti, il vettore energetico predominante diventa l’Energia Elettrica che passa dal 35% in acquisto a circa il 60% in utilizzo, a discapito del consumo di Gas Naturale che si riduce da più del 60% in acquisto a meno del 25% in utilizzo. Questa importante differenza tra i vettori acquistati e quelli consumati all’interno delle aree produttive, è dovuto alla forte diffusione di impianti cogenerativi nei dei siti produttivi dell’industria farmaceutica. Solo a titolo di esempio, rispetto al campione di 88 siti ben 25 siti (circa il 28%) hanno al loro interno installato un impianto cogenerativo. La presenza dell’impianto cogenerativo spiega, nel grafico di Figura 81, la presenza nei vettori utilizzati in ingresso all’area produttiva del Calore (circa il 12%) e del Freddo (circa il 2%). La riduzione della percentuale degli “Altri” vettori (dal 3,5% al 2,6%) è legata all’utilizzo del gasolio acquistato, in quanto non risulta essere, solitamente, un vettore utilizzato all’interno dell’area produttiva (utilizzato o nei mezzi di trasporto o per una quota parte all’esercizio del cogeneratore).

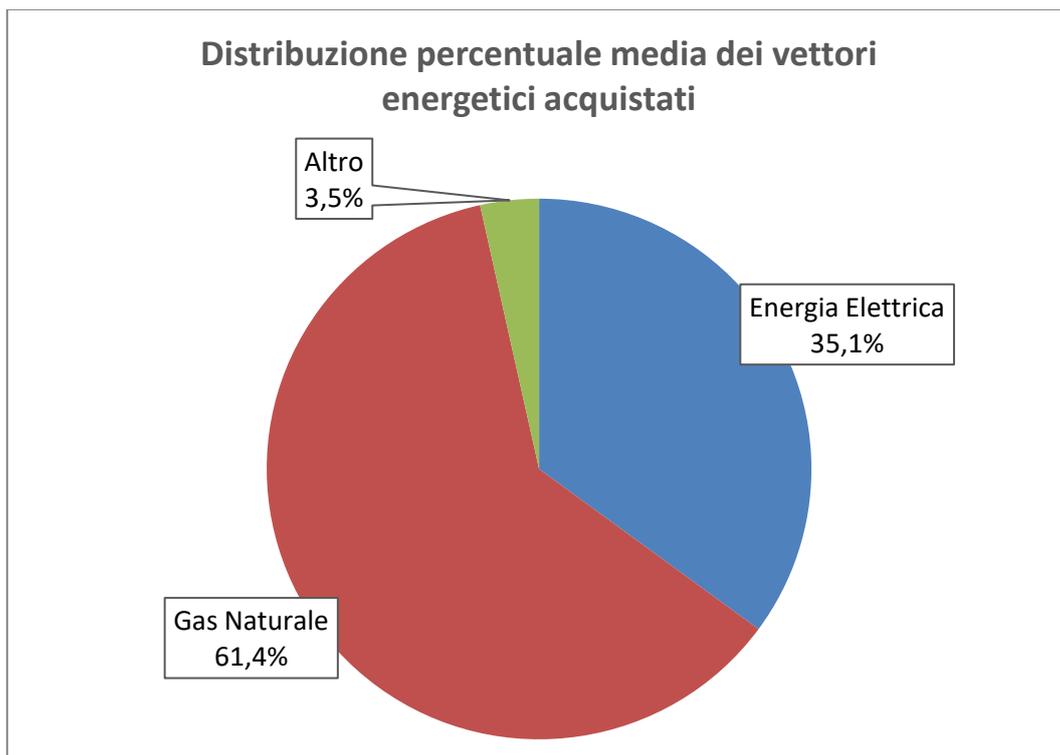


Figura 80 – Distribuzione percentuale media dei vettori energetici acquistati

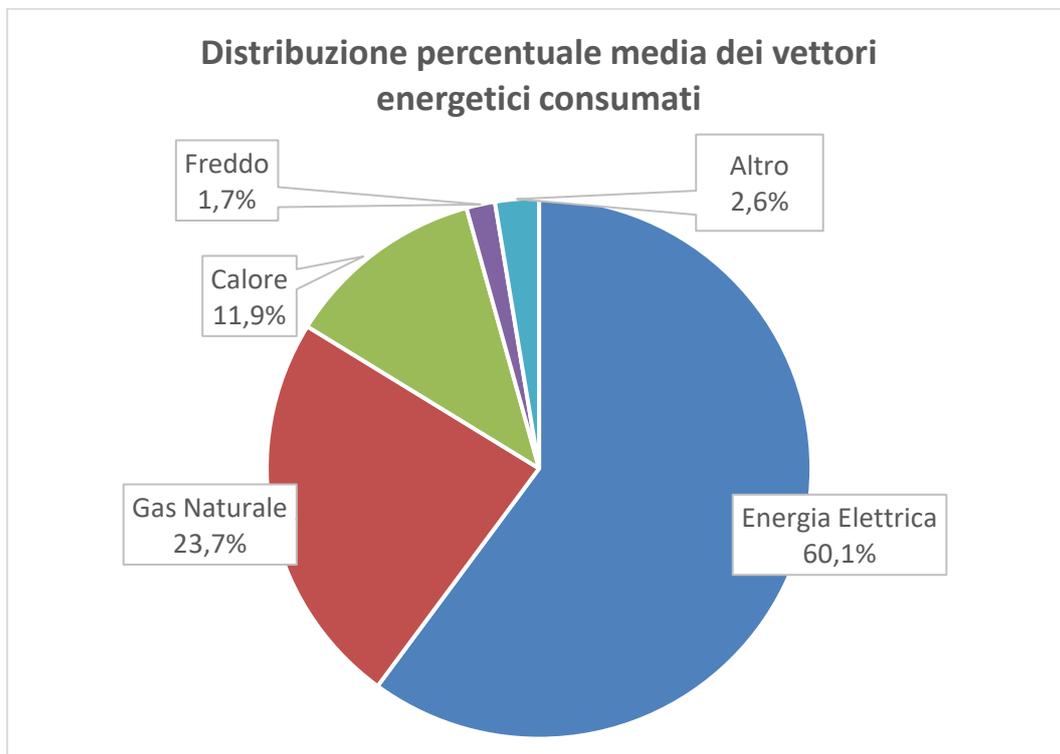


Figura 81 – Distribuzione percentuale media dei vettori energetici consumati nell'area produttiva

#### 5.3.6.2.2.1. Ripartizione dei consumi Energetici tra le aree funzionali

In questo capitolo viene riportata la suddivisione di consumi energetici Totale, Elettrico e Termico tra le aree funzionali (Attività Principali, Servizi Ausiliari e Servizi Generali). Nella valutazione del peso del consumo

Termico sono stati considerati l'apporto energetico derivante dal Gas Naturale consumato, dagli altri vettori energetici "termici" quali ad esempio la biomassa, dal calore generato recuperato dall'impianto di cogenerazione ed utilizzato nel sito produttivo o nel frigorifero ad assorbimento per la generazione del "Freddo" (Trigenerazione).

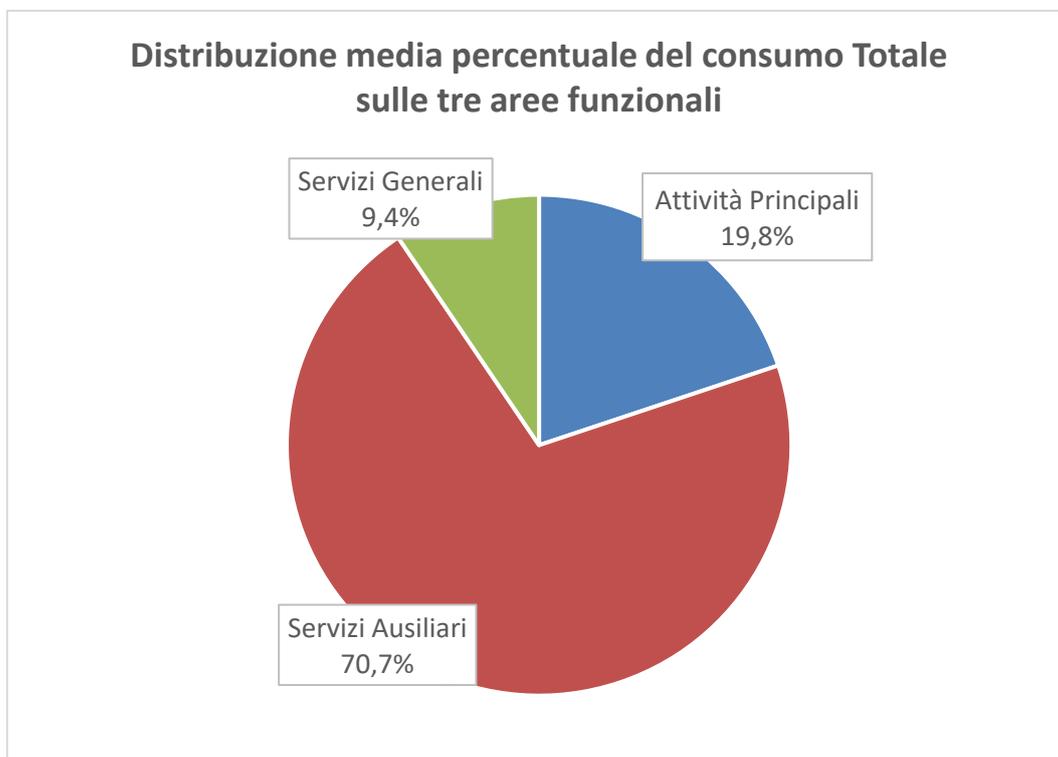


Figura 82 – Distribuzione media percentuale del consumo Totale sulle tre aree funzionali

A differenza degli altri siti industriali manifatturieri, dove l'incidenza dei consumi energetici si concentra principalmente sulla Attività Principali, nel caso dell'industria farmaceutica, questi si concentrano nei Servizi Ausiliari (Figura 82). Questa peculiarità degli impianti farmaceutici è dovuta agli elevati consumi per il trattamento dell'aria negli ambienti produttivi. Come visto nei capitoli precedenti, il settore farmaceutico deve rispettare elevatissimi standard sulla purezza e qualità dell'aria [4] per evitare la contaminazione dei prodotti farmaceutici.

Nella Figura 83 è riportata la distribuzione media percentuale dei consumi Termici ed Elettrici all'interno delle tre aree funzionali [7] (Attività Principali, Servizi Ausiliari e Servizi Generali). Come evidente dalla Figura 83 la ripartizione dei consumi Termici ed Elettrici non si discosta di molto da quanto accade per il consumo Totale (Figura 82). Per quanto riguarda le Attività Principali, vi è un peso leggermente superiore del consumo Elettrico a discapito di quello Termico dovute alla presenza degli impianti produttivi, che per loro natura privilegiano il consumo elettrico. Situazione opposta analizzando i Servizi Ausiliari dove rispetto al consumo Totale, vi è un'incidenza maggiore del consumo Termico rispetto al consumo Elettrico. Resta, invece, invariata la ripartizione dei consumi per i Servizi Generali.

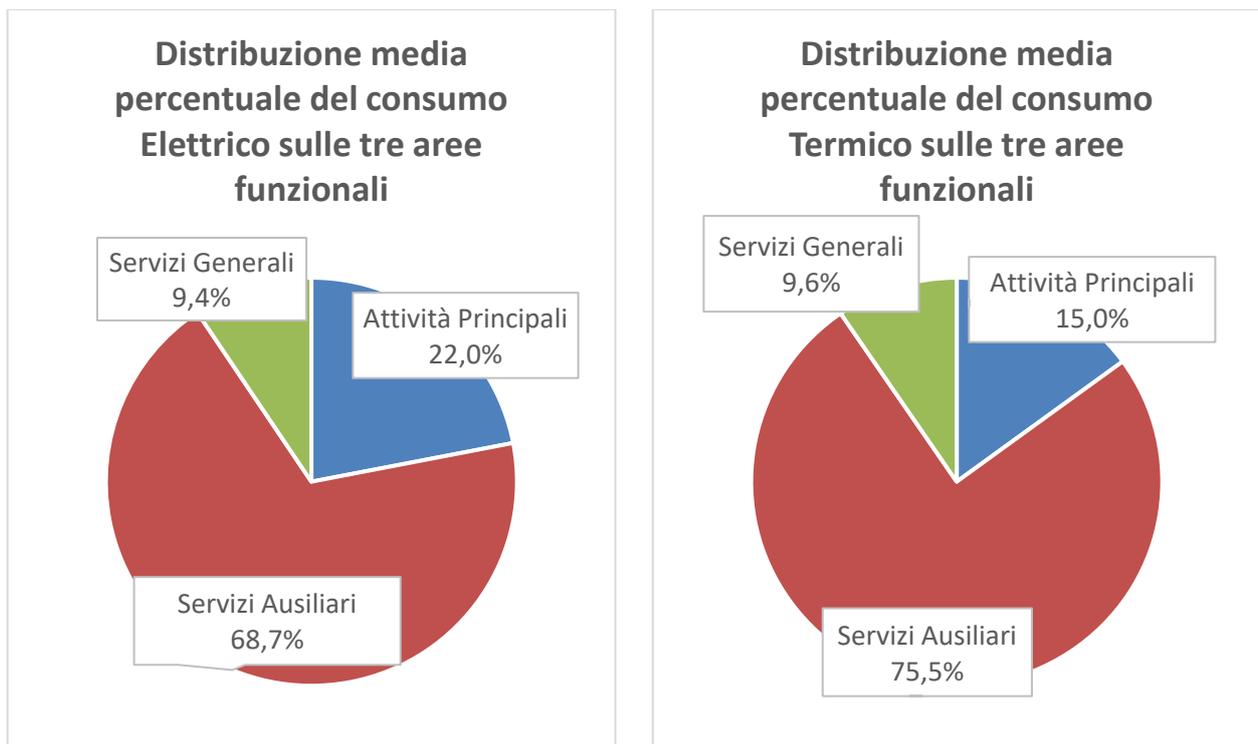


Figura 83 – Distribuzione media percentuale dei consumi Elettrici e Termici nelle tre aree funzionali (Attività Principali, Servizi Ausiliari e Servizi Generali)

#### 5.3.6.2.2.2. Ripartizione dei consumi di energia elettrica all'interno delle aree funzionali

Dopo aver analizzato i vettori energetici acquistati e quelli consumi e come questi ultimi si ripartiscono tra le tre aree funzionali in questo paragrafo si entra nel dettaglio dei consumi dei reparti presenti all'interno delle tre aree funzionali

Nella Figura 84 è riportata la distribuzione dei consumi Elettrici e Termici delle Attività Principali tra i principali reparti che lo compongono. Analizzando il diagramma a torta risulta evidente come il consumo di questa area funzionale è ascrivibile per la quasi totalità alle linee di produzione le quali assorbono: 83% del consumo elettrico e 97% del consumo termico. La restante parte viene divisa tra: confezionamento (11,4% del consumo elettrico e 3% del termico), Reparto di Ricerca e Sviluppo (circa il 5% del consumo elettrico) e Magazzino (meno dell'1% del consumo elettrico)

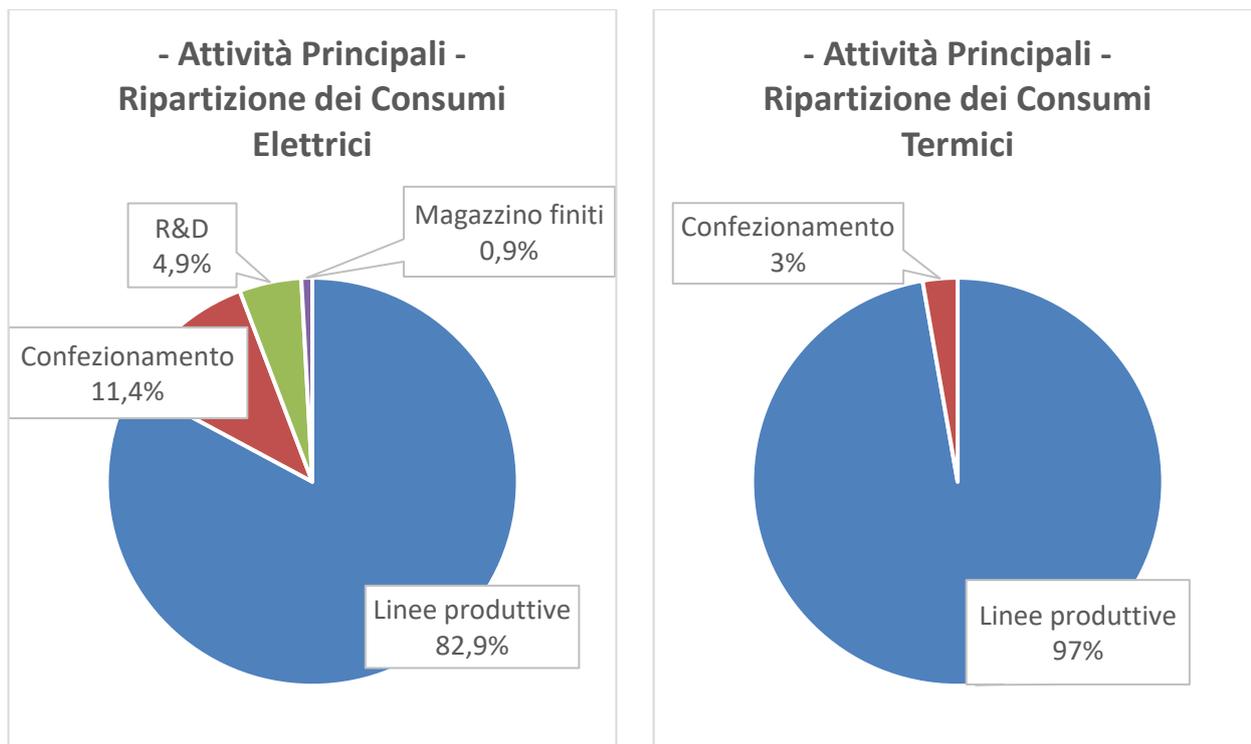


Figura 84 – Distribuzione media percentuale dei consumi Elettrici e Termici nelle Attività Principali

Nella Figura 85 è riportata la distribuzione dei consumi Elettrici e Termici dei Servizi Ausiliari tra i principali reparti che lo compongono. Come visto nei paragrafi precedenti in questa area funzionale sono concentrati la maggior parte dei consumi dello stabilimento. Tra questi vi sono i consumi legati a:

- Produzione di Calore per la produzione (57% dei consumi Termici dei Servizi Ausiliari e poco meno del 40% dei consumi Termici Totali);
- Produzione di Calore per il riscaldamento (30% dei consumi Termici dei Servizi Ausiliari e circa il 20% di quelli Totali)
- Produzione del “Freddo” (43% dei consumi elettrici dei Servizi Ausiliari e circa il 30% dei consumi elettrici Totali);
- Unita trattamento dell’aria (43% dei consumi elettrici dei servizi ausiliari e circa il 30% dei consumi elettrici totali);
- Produzione Aria compressa (12% dei consumi elettrici dei Servizi Ausiliari e circa il 9% dei consumi elettrici Totali.

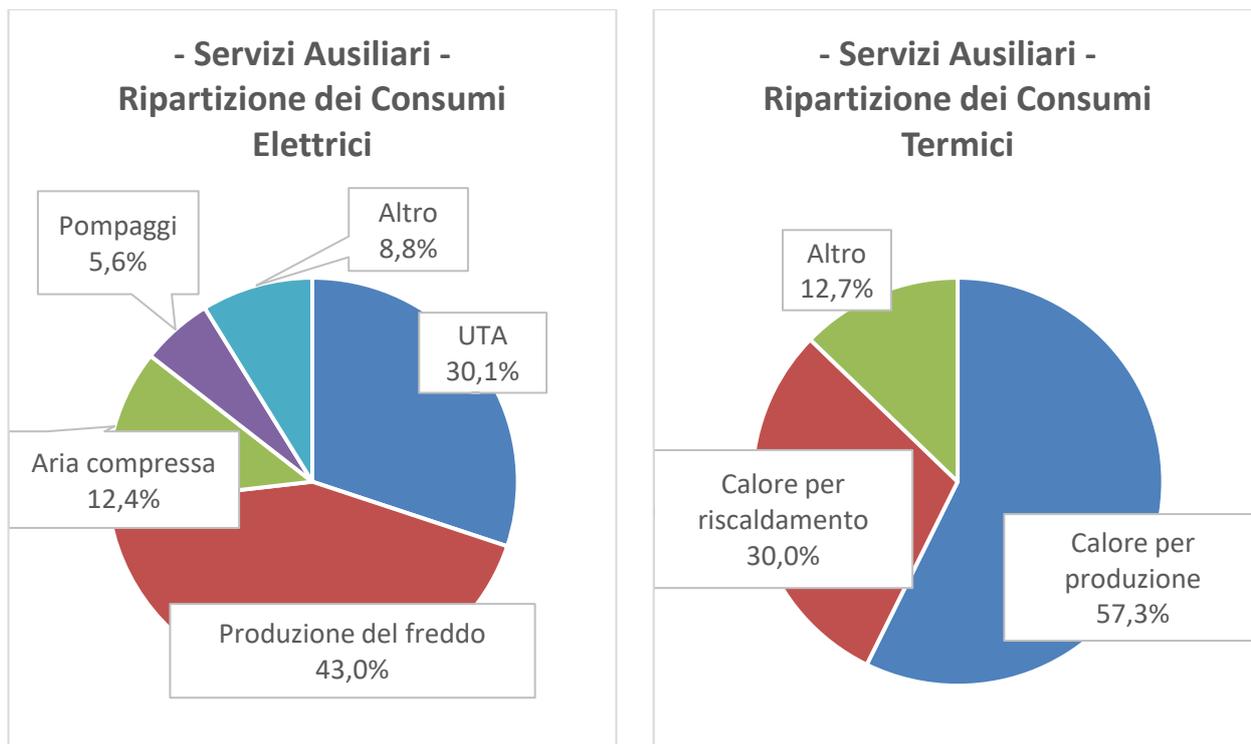


Figura 85 – Distribuzione media percentuale dei consumi Elettrici e Termici nei Servizi Ausiliari

Nella Figura 86 è riportata la distribuzione dei consumi Elettrici e Termici dei Servizi Generali tra i principali reparti che lo compongono. Questi consumi che coprono meno del 10% dei consumi Totali riguardano principalmente la climatizzazione estiva ed invernale degli ambienti non produttivi come gli uffici (29% del consumo Elettrico e 19% del consumo Termico), l'illuminazione (45% del consumo Elettrico) e la produzione di ACS (37% del consumo Termico).

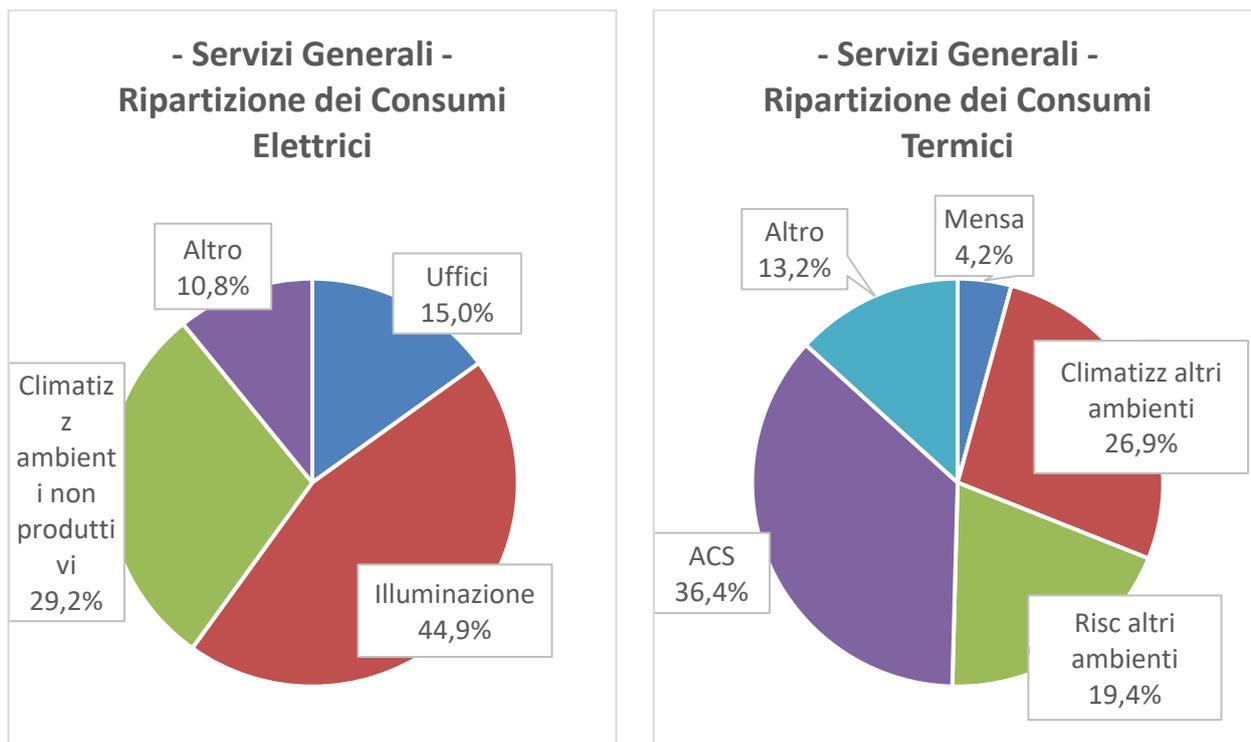


Figura 86 – Distribuzione media percentuale dei consumi Elettrici e Termici nei Servizi Generali

5.3.6.2.3. Caratteristiche tecnologiche degli impianti

Come visto nel paragrafo precedente, nell'industria farmaceutica il peso degli impianti tecnologici ha un ruolo di primo piano relativamente ai consumi energetici. In questo paragrafo sono, pertanto, analizzate le principali caratteristiche degli impianti tecnologici presenti nei siti produttivi del campione considerato. I dati raccolti dalle diagnosi energetiche sono stati integrati da quelli provenienti dal questionario sottoposto alle imprese tramite Farminindustria.

In particolare, sono riportate le caratteristiche degli impianti di trasformazione dell'energia (produzione di calore, freddo, aria compressa), degli impianti cogenerativi.

5.3.6.2.3.1. Produzione di calore

La produzione del calore negli impianti farmaceutici, del campione analizzato, avviene in centrali termiche che possono includere sia generatori di vapore che caldaie per la produzione di acqua calda. In alcuni casi, la distribuzione del calore avviene anche attraverso l'utilizzo dell'olio diatermico.

In alcuni casi il vapore prodotto oltre a essere utilizzato direttamente nei processi, viene impiegato anche per la produzione di acqua calda a temperature e pressioni minori. L'analisi dei dati ha evidenziato come la produzione di vapore avviene, a seconda dei casi, con livelli di pressione molto differenti tra loro, da un minimo di 4 bar a un massimo di 12 bar. Tuttavia, una netta maggioranza dei siti produce vapore a circa 8 bar, come mostrato nella Figura 87.

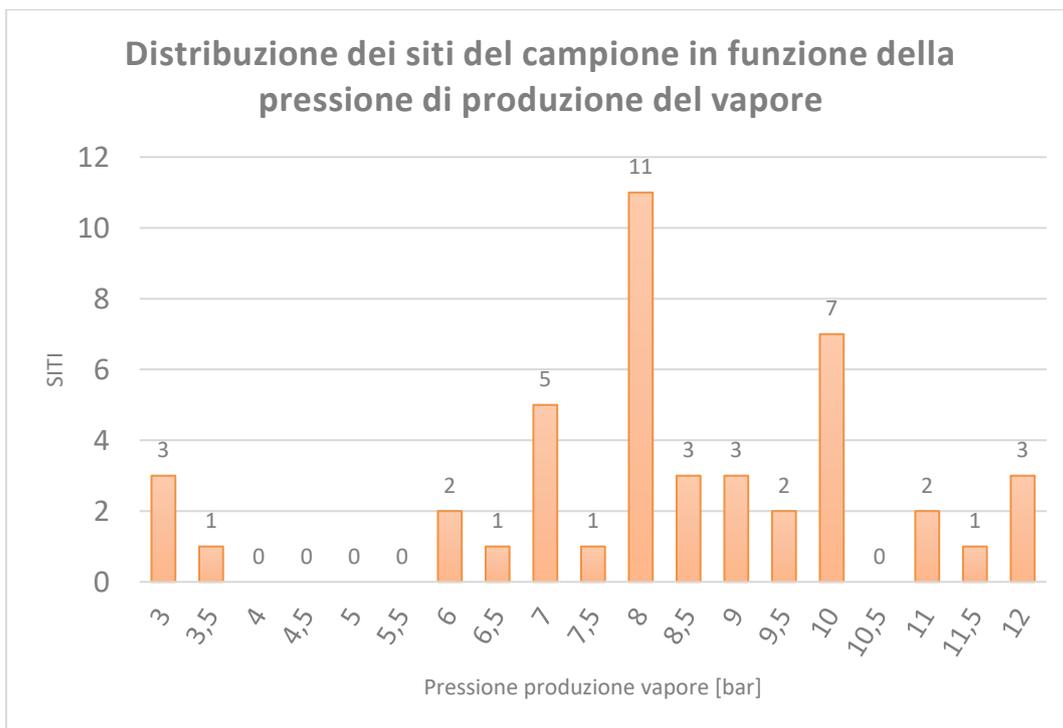


Figura 87 – Pressioni di produzione del vapore nei siti del campione analizzato

I livelli di pressione degli impianti per la produzione del vapore saturo sono strettamente legati se non proprio vincolati alla temperatura di utilizzo del vapore (ad es. la pressione di saturazione del vapore a 170° è pari a 7,92 bar). Come si vede chiaramente in Figura 88, dove sono riportate le temperature di generazione del vapore al picco di 8 bar del grafico in Figura 87 corrisponde nella figura successiva un picco a 170°. È

interessante notare nei due grafici citati come in alcuni siti vi sia la necessità di livelli di temperatura molto più bassi (110 °C) ed in altri livelli molto alti, fino a 200 °C.

È importante ricordare che l'individuazione del corretto punto di funzionamento di un impianto che permetta di rispondere alle esigenze dello stabilimento, è un elemento cruciale per fare efficienza.

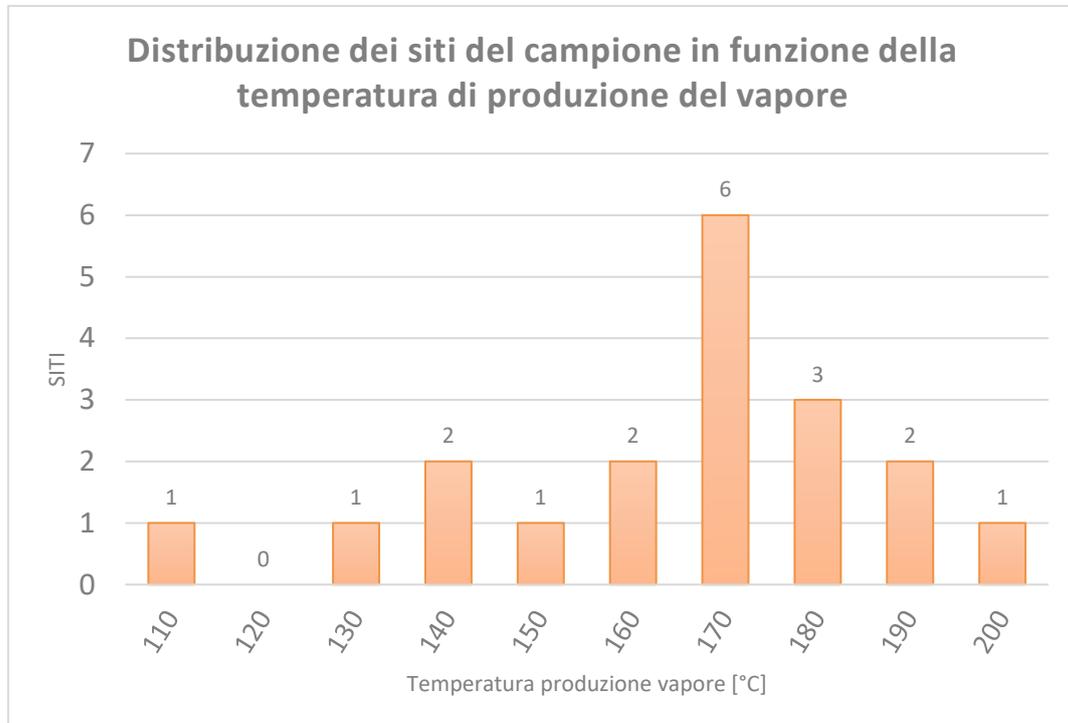


Figura 88 – Temperatura del vapore nei siti del campione analizzato

Per quanto riguarda la produzione di acqua calda, vi è una maggiore omogeneità tra i siti del campione. Le temperature di produzione risultano, infatti, comprese tra gli 80 ed i 100 °C.

#### 5.3.6.2.3.2. Produzione del Freddo

Un altro asset molto importante nei siti farmaceutici sono le centrali frigorifere. Si, tratta, come per le centrali termiche, di impianti di trasformazione dell'energia per la produzione di un vettore, l'acqua fredda, che viene impiegato sia nei processi che, soprattutto, nel condizionamento degli ambienti. In diversi casi le centrali frigorifere producono anche acqua glicolata che viene inviata a processi che necessitano di temperature minori degli 0°C. All'interno del sito produttivo vi possono essere più circuiti del "freddo" con temperature del vettore frigorifero anche molto differenti tra loro. Nell'analisi dei siti appartenenti al campione si sono riscontrate temperature molto variabili che vanno dai -25 °C fino agli 8 °C. Tuttavia, che la maggior parte dei siti, nei quali questo valore è stato riportato, hanno almeno un circuito del "freddo" con temperature di mandata di circa 7° ed un  $\Delta T$  di 5 °C.

Per la produzione del freddo nella maggior parte dei siti analizzati le centrali frigorifere ospitano gruppi frigo a compressione, mentre una minoranza include anche gruppi frigoriferi ad assorbimento.

L'analisi dei dati ha evidenziato per i gruppi frigoriferi a compressioni valori di EER teorico (calcolato come il rapporto tra la potenza frigorifera dichiarata e la potenza elettrica assorbita) compresi tra 2,5 e 5. Il calcolo ed il monitoraggio del valore di EER reale, in impianti frigoriferi di dimensioni importanti può risultare un utilissimo strumento per fare efficienza permettendo, anche, in alcuni casi, di individuare principi di malfunzionamento prima che questi si palesino nel mondo peggiore.

### 5.3.6.2.3.3. Impianti di cogenerazione

Come visto nel paragrafo 5.3.6.2.2 in 25 siti su 88 è stato installato un impianto di cogenerazione o trigenerazione, per 18 di questi siti in diagnosi è riportata la potenza elettrica installata (Figura 89). Come evidente dal grafico di Figura 89, la maggior parte di questi sono collocati in una fascia compresa tra i 500 kW ed i 2.500 kW.

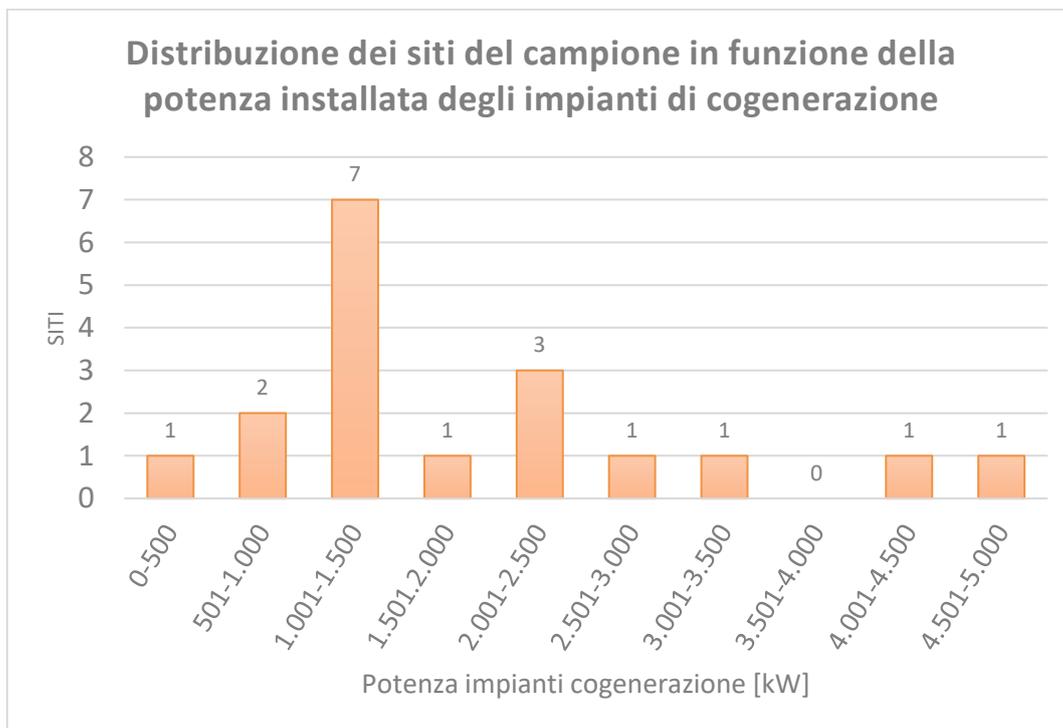


Figura 89 – Potenze elettriche cogeneratori nei siti del campione analizzato

Gli impianti di cogenerazione nascono dall’esigenza di aumentare l’efficienza dei sistemi di generazione di energia elettrica, **sfruttando e valorizzando il calore di “scarto”** dell’impianto per un utilizzo all’interno del sito o del processo produttivo. Questo permette di utilizzare il combustibile fossile per produrre energia elettrica con rendimenti elevati (grazie al recupero del calore di scarto) con una conseguente riduzione dei costi energetici. Bisogna però fare molta attenzione nel dimensionamento dell’eventuale nuovo impianto di cogenerazione, perché solo e solo se si riesce a valorizzare l’energia di termica di “scarto” l’impianto può risultare conveniente economicamente. Inoltre, l’utilizzo del calore di “scarto” permette all’impianto di qualificarsi come “Cogenerazione ad alto rendimento (CAR)<sup>4</sup>”, cioè che l’impianto permette un risparmio di energia primaria, rispetto alla produzione separata di energia elettrica e calore, superiore ad un valore minimo prestabilito. Il rispetto di questa condizione permette anche l’accesso a incentivi economici e benefici fiscali.

### 5.3.6.2.3.4. Produzione aria compressa

<sup>4</sup> Maggiori chiarimenti sulla guida del GSE “Guida alla Cogenerazione ad Alto Rendimento – CAR” [https://gse.it/documenti\\_site/Documenti%20GSE/Servizi%20per%20te/COGENERAZIONE%20AD%20ALTO%20RENDIMENTO/Guide/Aggiornamento%20Guida%20CAR%20-%20revisione%202019.pdf](https://gse.it/documenti_site/Documenti%20GSE/Servizi%20per%20te/COGENERAZIONE%20AD%20ALTO%20RENDIMENTO/Guide/Aggiornamento%20Guida%20CAR%20-%20revisione%202019.pdf)

Oltre alla produzione di calore e freddo un altro elemento energivoro negli impianti farmaceutici sono gli impianti per la produzione di aria compressa che come visto in precedenza pesano circa il 9% sui consumi Elettrici Totali. La corretta gestione di questo servizio permette risparmi energetici importanti per qualsiasi stabilimento manifatturiero. È necessario, infatti, oltre al controllo di eventuali fughe o perdite, individuare la pressione corretta di generazione evitando inutili sovrappressioni. Solitamente i livelli di pressione media degli apparati produttivi che utilizzano l'aria compressa sono di circa 7-8 bar.

Nel grafico di Figura 90 sono riportati i valori di pressione di generazione degli impianti di aria compressa nei siti del campione che lo hanno dichiarato (40 siti). Come risulta evidente nella maggior parte dei siti la pressione di generazione dell'aria compressa è compresa tra i 7 e 8 bar (31 su 40).

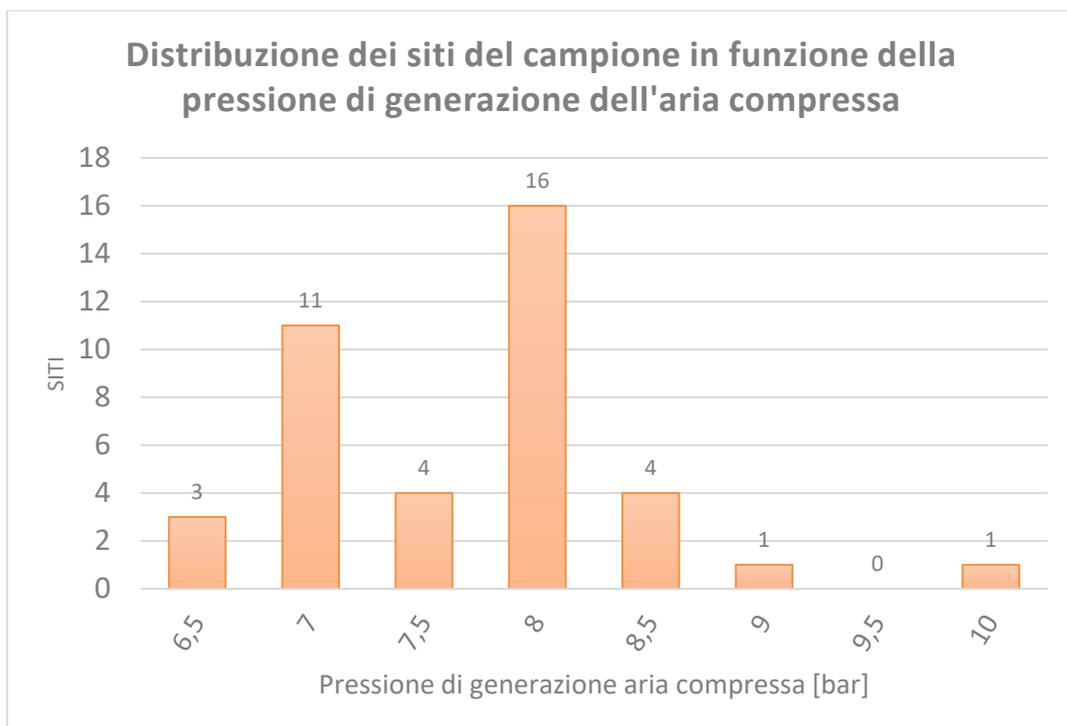


Figura 90 – Livelli di pressione di generazione degli impianti di aria compressa dei siti del campione analizzato

#### 5.3.6.2.4. Indicatori Di Prestazione Energetica di primo livello o generali (IPEg)

In questo capitolo vengono illustrati i risultati ottenuti nel calcolo degli Indici di Primo Livello, o generali IPEg, cioè mettendo in relazione i consumi Totali, Elettrici e Termici con il driver di consumo. L'analisi è stata svolta considerando due possibili driver di consumo:

- la **produzione** in massa [kg];
- le **superfici** degli ambienti produttivi [m<sup>2</sup>].

Come visto nel capitolo 5.3.5.3.6.2.2 l'elevata incidenza dei consumi dei Servizi Ausiliari, ed in particolare quelli legati alla climatizzazione e alla qualità dell'aria degli ambienti gioca un ruolo importante sui consumi di sito. Infatti, va detto che il mantenimento delle condizioni previste dalla normativa tecnica cogente, il più delle volte, devono essere mantenute indipendentemente dalla produzione, che la linea sia in produzione o meno. Per questo motivo nasce la necessità di utilizzare anche un driver di consumo che sia correlabile con questa tipologia di consumo, come la superficie o i volumi degli ambienti produttivi. Nel caso in esame verrà utilizzata la superficie in quanto rispetto al volume delle aree produttive è riportata nella maggior parte delle diagnosi energetiche pervenute ad ENEA.

Vista la presenza in numerosi siti di impianti di cogenerazione, per il calcolo degli IPE vengono considerati solamente i vettori energetici realmente utilizzati nell'impianto produttivo e non quelli acquistati.

Vengono quindi presentati:

- i grafici di correlazione del consumo energetico in funzione del driver scelto;
- i dati riassuntivi dell'analisi di regressione per i consumi Totali, Elettrici e Termici, in particolare:
  - o L'equazione della retta, con il relativo intervallo di confidenza;
  - o Il coefficiente di correlazione R e quello di determinazione R<sup>2</sup>;
  - o I valori di R<sub>critica</sub> ed il valore del P-value per valutare l'intervallo di confidenza e la rappresentatività del modello stimato;
- I valori dell'IPE determinato, eventualmente, per diversi valori del campo di esistenza.

##### 5.3.6.2.4.1. Driver di consumo energetico: Produzione [kg]

In questo capitolo vengono presentati i risultati ottenuti analizzando i consumi e la produzione dei 24 siti farmaceutici che hanno indicato la loro produzione in massa.

Come illustrato nella parte introduttiva del capitolo 5.3.6.1.2 la produzione, negli impianti farmaceutici, non è l'unica variabile che incide in maniera significativa sui consumi energetici del settore. Inoltre, la variabilità delle forme farmaceutiche, associata a un numero ridotto di siti che dichiarano la loro produzione in massa rende difficoltosa una qualsiasi analisi di correlazione tra consumo e produzione.

In Figura 91 è riportata l'analisi di regressione tra i consumi Totali, Elettrici e Termici di sito, e il valore della produzione in massa [kg]. Come premesso, risulta evidente una forte dispersione dei punti in tutti e tre i grafici rappresentati. Va inoltre precisato che, rispetto al campione disponibile, sono stati esclusi dall'analisi, perché considerati outlier, i siti con produzione molto maggiore di 2,5 milioni di chilogrammi. Pertanto, il campo di esistenza di questa analisi, come riportato in Tabella 91, sarà compreso tra i 20.000 kg e 2.500.000 kg.

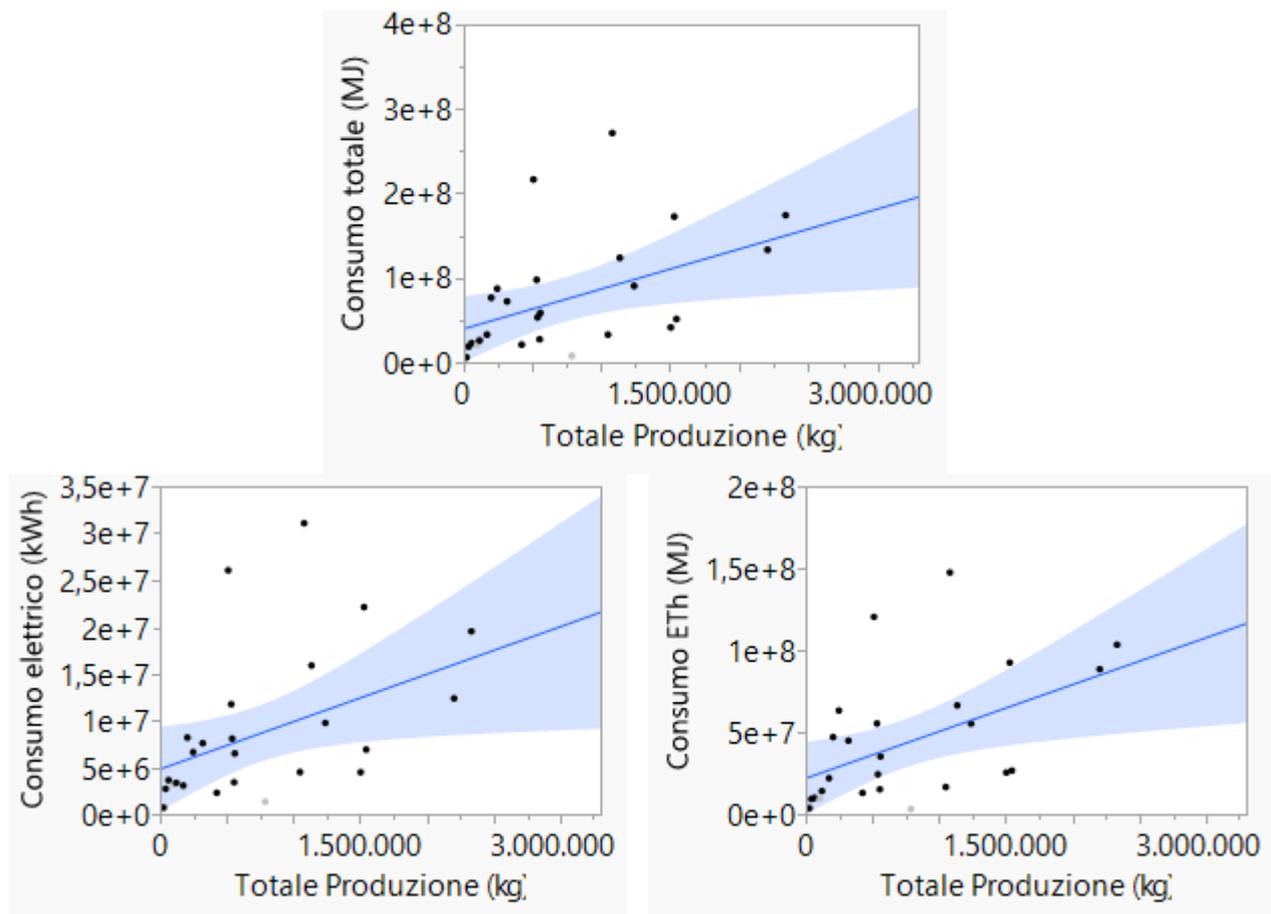


Figura 91 – Analisi di regressione tra consumi Totali, Elettrici e Termici di sito e la produzione in massa

In Tabella 90 sono riportati i dati riassuntivi dell’analisi di regressione tra i consumi Totali, Elettrici e Termici e la produzione in massa. Analizzando questi dati, risulta evidente una bassa correlazione tra le variabili analizzate.

Tabella 90 – Risultati analisi di regressione tra consumo Totale, Elettrico e Termico e la produzione espressa in massa

Rette di Regressione: Consumo Totale [MJ] vs Produzione [Kg]					
Consumo Totale [MJ] = 39.971.990 + 47,28* Totale Produzione [kg] 99% > Int. Confidenza > 95%					
	R <sup>2</sup>	R	P <sub>value</sub>	R <sub>crit</sub> (bidirezionale) α=0,05	R <sub>crit</sub> (bidirezionale) α=0,01
Consumo Totale [MJ]	0,2124	0,4609	0,0234	0,3882	0,4958
Rette di Regressione: Consumo Elettrico [KWh] vs Produzione [Kg]					
Consumo Elettrico [kWh] = 4.853.640 + 5,079* Totale Produzione [kg] 99% > Int. Confidenza > 95%					

	R <sup>2</sup>	R	P <sub>value</sub>	R <sub>crit (bidirezionale)</sub> α=0,05	R <sub>crit (bidirezionale)</sub> α=0,01
<b>Consumo Elettrico [kWh]</b>	0,1878	0,4333	0,0344	0,3882	0,4958
<b>Rette di Regressione: Consumo Termico [MJ] vs Produzione [Kg]</b>					
Consumo Termico [MJ] = 22.203.847 + 28,63*Totale Produzione [kg] 99% > Int. Confidenza > 95%					
	R <sup>2</sup>	R	P <sub>value</sub>	R <sub>crit (bidirezionale)</sub> α=0,05	R <sub>crit (bidirezionale)</sub> α=0,01
<b>Consumo Termico [MJ]</b>	0,2353	0,4851	0,0163	0,3882	0,4958

Come mostrato in Tabella 91 i valori dell’IPE medio, relativi al consumo Totale, Elettrico e Termico, rispetto alla produzione in massa, presentano un livello di affidabilità medio per i siti aventi livelli di produzione compresi tra i 20.000 kg ed i 540.000 kg (530.000 kg nel caso di IPEg elettrico), mentre per livelli produzione superiore il livello di affidabilità risulta essere basso.

Tabella 91 – IPEg medi relativi alla produzione di stabilimento

Unità misura utilizzate	Produzione		kg	
	Consumo Totale		MJ	
	IPE		MJ/kg	
Produzione [kg]		IPE	Affidabilità	
Min	Max			
kg	kg	MJ/kg	Coeff. di Variazione	Livello di affidabilità
20.000	540.000	286,9 ± 127,6	44,5%	<b>MEDIO</b>
540.001	2.500.000	77,6 ± 63,7	82,1%	<b>BASSO</b>
Unità misura utilizzate	Produzione		kg	
	Consumo Elettrico		kWh	
	IPE		kWh/kg	

Produzione [kg]		IPE	Affidabilità	
Min	Max		Coeff. di Variazione	Livello di affidabilità
kg	kg	kWh/kg		
20.000	530.000	35,7 ± 19,6	54,9%	<b>MEDIO</b>
530.001	2.500.000	10,3 ± 8,0	77,7%	<b>BASSO</b>
Unità misura utilizzate	Produzione		Kg	
	Consumo Termico		MJ	
	IPE		MJ/kg	
Produzione [kg]		IPE	Affidabilità	
Min	Max		Coeff. di Variazione	Livello di affidabilità
kg	kg	MJ/kg		
20.000	540.000	162,0 ± 71,3	44,0%	<b>MEDIO</b>
540.001	2.500.000	43,1 ± 34,9	81,0%	<b>BASSO</b>

#### 5.3.6.2.4.2. Driver di consumo energetico: Superfici produttive [m<sup>2</sup>]

In questo capitolo vengono presentati i risultati ottenuti analizzando i consumi e la superficie delle aree produttive di 30 siti farmaceutici che hanno indicato all'interno delle loro diagnosi energetiche la superficie delle aree produttive.

Come illustrato nel capitolo 5.3.6.2.2, circa il 70% dei consumi energetici di sito sono imputabili ai Servizi Ausiliari e tra questi una ampia fetta sono relativi al mantenimento all'interno delle aree produttive di condizioni strettamente controllate sia in termini atmosferici (temperatura, pressione, umidità ed inquinamento particolato) che microbiologici. Ovviamente le richieste energetiche, per il mantenimento delle condizioni richieste, saranno dipendenti dalle dimensioni di questi ambienti, oltreché dalla classe ambientale [4] delle aree. In merito alle dimensioni probabilmente il parametro più rappresentativo (come visto nel capitolo 5) è sicuramente il Volume degli ambienti; tuttavia, in questa analisi vengono considerate le superfici in quanto i dati a disposizione dalle diagnosi energetiche riportano principalmente questo dato e non i volumi.

In Figura 92 è riportata l'analisi di regressione tra i consumi Totali, Elettrici e Termici di sito e la superficie delle aree produttive [m<sup>2</sup>]

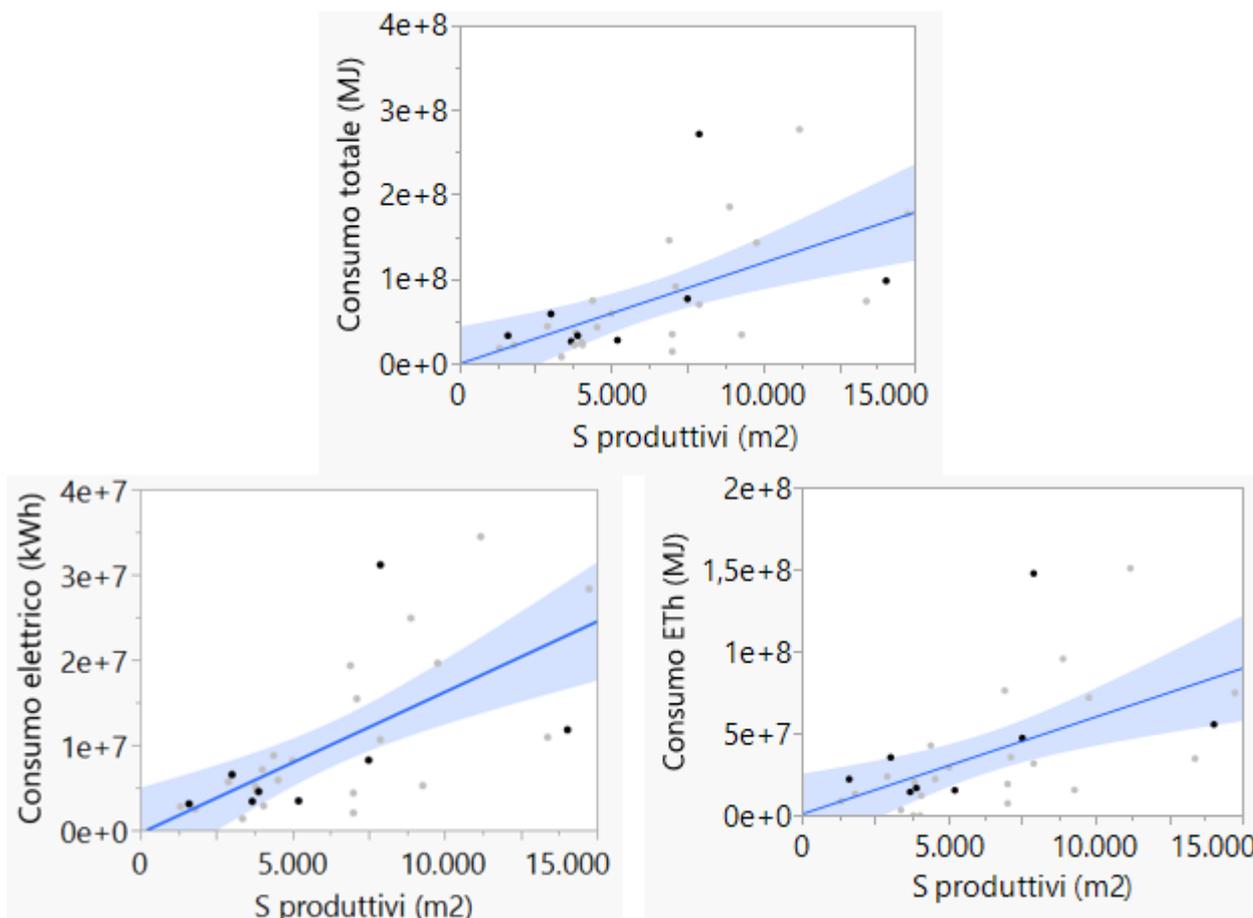


Figura 92 – Analisi di regressione tra consumi Totali, Elettrici e Termici di sito e la superficie delle aree produttive

In Tabella 92 sono riportati i dati riassuntivi dell’analisi di regressione tra i consumi Totali, Elettrici e Termici e la superficie delle aree produttive. Rispetto all’analisi realizzata utilizzando come driver di consumo le produzioni, l’utilizzo delle superfici fornisce risultati migliori, malgrado, comunque, non siano considerabili “buoni”. Rimane, infatti, una bassa correlazione tra le variabili analizzate, tuttavia migliora la rappresentatività del campione. Va inoltre fatto notare che per i consumi Totali ed Elettrici, il termine noto risulta essere negativo, ma questo è legato solamente al campo di esistenza dell’equazione che ha una validità per superfici superiori ai 1.300 m<sup>2</sup>.

Tabella 92 – Risultati analisi di regressione tra consumo Totale, Elettrico e Termico e la superficie delle aree produttive

Rette di Regressione: Consumo Totale [MJ] vs Superficie [m <sup>2</sup> ]					
Consumo totale [MJ]= -120.667 + 11.942,50*Superficie [m <sup>2</sup> ] Int. Confidenza > 99%					
	R <sup>2</sup>	R	P <sub>value</sub>	R <sub>crit</sub> (bidirezionale) α=0,05	R <sub>crit</sub> (bidirezionale) α=0,01
<b>Consumo Totale [MJ]</b>	0,3667	0,6056	0,0004	0,3494	0,4487

Rette di Regressione: Consumo Elettrico [kWh] vs Superficie [m <sup>2</sup> ]					
Consumo Elettrico [kWh] = -354.827 + 1.656,60* Superficie [m <sup>2</sup> ] Int. Confidenza > 99%					
	R <sup>2</sup>	R	P <sub>value</sub>	R <sub>crit (bidirezionale)</sub> α=0,05	R <sub>crit (bidirezionale)</sub> α=0,01
<b>Consumo Elettrico [kWh]</b>	0,4307	0,6563	<0,0001	0,3494	0,4487
Rette di Regressione: Consumo Termico [MJ] vs Superficie [m <sup>2</sup> ]					
Consumo Termico [MJ] = 802.674 + 5.937,5* Superficie [m <sup>2</sup> ] Int. Confidenza > 99%					
	R <sup>2</sup>	R	P <sub>value</sub>	R <sub>crit (bidirezionale)</sub> α=0,05	R <sub>crit (bidirezionale)</sub> α=0,01
<b>Consumo Termico [MJ]</b>	0,3128	0,5593	0,0013	0,3494	0,4487

Come mostrato in Tabella 93 i valori dell'IPE medio, relativi al consumo Totale, Elettrico e Termico, rispetto alla superficie produttiva, presentano un livello di affidabilità medio/alto per i siti aventi superfici produttive comprese tra i 1.300 m<sup>2</sup> ed i 3.360 m<sup>2</sup>, mentre per i siti con superfici più elevate i livelli di affidabilità risultano essere medio/bassi.

Tabella 93 – IPEg medi relativi alla superficie produttiva di stabilimento

Unità misura utilizzate	Superficie		m <sup>2</sup>		
	Consumo Totale		MJ		
	IPE		MJ/m <sup>2</sup>		
Superficie aree produttive		IPE	Affidabilità		
Min	Max				
m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>	Coeff. di Variazione	Livello di affidabilità	
1.300	3.360	16.420 ± 3.660	22,30%	<b>MEDIO</b>	
3.361	7.110	8.420 ± 5.320	63,20%	<b>BASSO</b>	
7.111	15.000	14.080 ± 9.230	65,50%	<b>BASSO</b>	

Unità misura utilizzate	Produzione		m <sup>2</sup>	
	Consumo Elettrico		kWh	
	IPE		kWh/m <sup>2</sup>	
Superficie aree produttive		IPE	Affidabilità	
Min	Max			
m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	Coeff. di Variazione	Livello di affidabilità
1.300	3.360	1.906 ± 312	16,40%	<b>ALTO</b>
3.361	7.890	1.258 ± 685	54,40%	<b>MEDIO</b>
7.891	15.000	1.926 ± 1.162	60,30%	<b>BASSO</b>
Unità misura utilizzate	Produzione		m <sup>2</sup>	
	Consumo Termico		MJ	
	IPE		MJ/m <sup>2</sup>	
Superficie aree produttive		IPE	Affidabilità	
Min	Max			
m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	MWh/m <sup>2</sup>	Coeff. di Variazione	Livello di affidabilità
1.300	3.360	9.560 ± 3.130	32,70%	<b>MEDIO</b>
3.361	7.110	3.995 ± 3.315	82,90%	<b>BASSO</b>
7.111	15.000	7.190 ± 5.180	72,04%	<b>BASSO</b>

5.3.6.2.5. Indicatori di Prestazione Energetica di secondo livello o specifici (IPEs)

In questo capitolo vengono presentati gli Indici di Prestazione Energetici di secondo livello o specifici (IPEs). Come introdotto nella premessa al capito 5.3.6.2, la determinazione di questi indici prevede la necessità di un campione di dati omogenei oltre che nel processo o fase di processo, anche nella rendicontazione sia dei consumi energetici che dei driver associati. Il settore farmaceutico è caratterizzato, invece, da una forte

eterogeneità sia nei processi che nei prodotti. Inoltre, fino ad oggi, il settore non ha avuto a disposizione una linea guida settoriale, come la presente, che permettesse di standardizzare il processo di analisi e di rendicontazione dei consumi energetici. Pertanto, in questo capitolo vengono presentati solamente quegli IPEs ritenuti di interesse per il settore per cui si è riuscito ad avere un campione significativo ed omogeneo di dati.

#### 5.3.6.2.5.1. Indicatori di Prestazione Energetica specifici – Attività Principali

Come evidenziato nel capitolo 5.3.6.2.2 una porzione prossima al 20% dei consumi elettrici è dovuta alle linee produttive. Trattandosi di consumi associati alle linee produttive il driver energetico più consumo è quello relativo alla produzione in massa. Purtroppo, anche in questo caso rispetto al campione totale di diagnosi energetiche solo una limitata percentuale ha riportato i livelli di produzione in massa, preferendo in molti casi il “numero di prodotti realizzati”. Inoltre, il consumo energetico è funzione anche dalla massa di prodotto realizzato anche dalla tipologia (liquidi, solidi, misti).

Ai fini della presente analisi è stato possibile individuare una buona correlazione solo per la produzione di liquidi (Figura 93), per le altre tipologie (solidi e misti) vengono tuttavia presentati gli Indici di Prestazione Energetica specifici medi. Questi ultimi (solidi e misti), infatti, presentano spesso differenti tipologie di prodotti con processi molto diversi tra loro, i quali dipendono a loro volta dalla forma farmaceutica finale (comprese, capsule, capsule molli) e dunque dalle lavorazioni (macinazione a freddo, a umido, riempimento, filmatura, pressatura) e dagli eccipienti utilizzati.

In Figura 93 è riportata l’analisi di regressione tra il consumo elettrico della linea produttiva e la produzione di medicinali liquidi [kg].

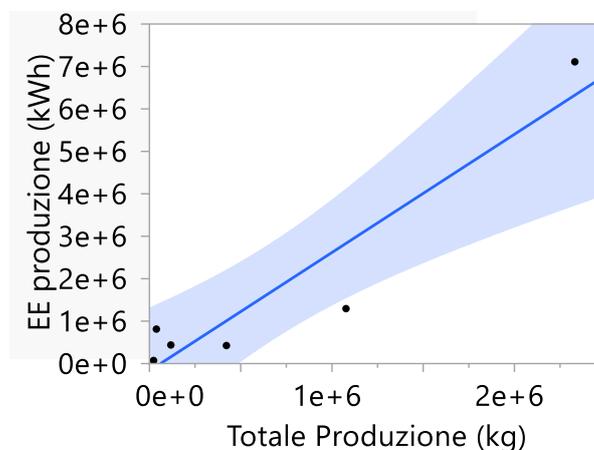


Figura 93 – Analisi di regressione tra consumi Elettrici della linea produttiva e la produzione di farmaci liquidi

In Tabella 94 sono riportati i dati riassuntivi dell’analisi di regressione tra i consumi Elettrici e la produzione di medicinali liquidi. i parametri statistici riportano una buona correlazione con il parametro di correlazione (R) e quello di determinazione ( $R^2$ ) elevati; tuttavia, l’equazione mostra un coefficiente costante negativo, probabilmente dovuto al basso numero di punti distribuiti in maniera non omogenea su un ampio campo di esistenza che rende l’analisi poco rappresentativa.

Tabella 94 – Risultati analisi di regressione tra consumo Elettrico della linea produttiva e la produzione di farmaci liquidi

Rette di Regressione: Consumo Elettrico [kWh] vs produzione [kg]					
Consumo Elettrico linea produttiva [kWh]= -168.720 + 2,78* Produzione [kg] Int. Confidenza > 99%					
	R <sup>2</sup>	R	P <sub>value</sub>	R <sub>crit (bidirezionale)</sub> α=0,05	R <sub>crit (bidirezionale)</sub> α=0,01
<b>Consumo Elettrico [kWh]</b>	0,8838	0,9401	0,0053	0,7067	0,8343

In Tabella 95 è riportato l’IPE medio specifico della linea produttiva di farmaci liquidi che conferma la scarsa rappresentatività dell’analisi effettuata dovuta al basso numero di campioni utilizzabili distribuiti su elevato campo di esistenza.

Tabella 95 – IPEs medio Elettrico della linea produttiva relativo alla produzione di farmaci liquidi

Unità misura utilizzate	Produzione di prodotti farmaceutici liquidi		kg		
	Consumo Totale		MJ		
	IPE		MJ/kg		
Produzione		IPE	Affidabilità		
Min	Max				
kg	kg	MJ/ kg	Coeff. di Variazione	Livello di affidabilità	
20.000	2.500.000	5,58 ± 7,77	139,2%	<b>NULLO</b>	

In Tabella 96 è riportato l’IPE medio specifico della linea produttiva di farmaci solidi, anche in questo l’elevata ampiezza del campo di esistenza legata ad un basso numero di campioni utilizzabile non permettono di avere un livello di affidabilità elevato.

Tabella 96 – IPEs medio Elettrico della linea produttiva relativo alla produzione di farmaci solidi

Unità misura utilizzate	Produzione di prodotti farmaceutici solidi		kg		
	Consumo Totale		MJ		
	IPE		MJ/kg		
Produzione		IPE	Affidabilità		

Min	Max			
kg	kg	MJ/ kg	Coeff. di Variazione	Livello di affidabilità
20.000	2.500.000	4,41 ± 3,78	85,7%	<b>BASSO</b>

In Tabella 97 è riportato l' IPE medio specifico della linea produttiva di farmaci misti; in questo caso avendo un numero di punti sensibilmente maggiore dei casi precedenti è stato possibile sezionare il campo di esistenza in due macro sezioni, la prima caratterizzata da relativamente basse produzioni e quindi con un valore dell' IPE maggiormente sensibile alle variazioni della produzione, mentre la seconda sezione caratterizzata da produzioni più elevate e valori dell' IPE meno sensibile alle variazioni della produzione.

Tabella 97 – IPEs medio Elettrico della linea produttiva relativo alla produzione di farmaci misti

Unità misura utilizzate	Produzione di prodotti farmaceutici misti		kg		
	Consumo Elettrico		kWh		
	IPE		kWh/kg		
Produzione		IPE	Affidabilità		
Min	Max				
kg	kg	kWh/kg	Coeff. di Variazione	Livello di affidabilità	
20.000	540.000	3,24 ± 2,40	74,1%	<b>BASSO</b>	
540.001	2.500.000	0,96 ± 0,43	44,8%	<b>MEDIO</b>	

#### 5.3.6.2.5.2. Indicatori di Prestazione Energetica specifici (IPEs) – Servizi Ausiliari

In questa sezione si entra maggiormente nel dettaglio dell'area funzionale dei Servizi Ausiliari, che per il settore farmaceutico, risulta essere la maggiormente energivora (circa il 70% del consumo totale di stabilimento). Analizzando i dati presenti all'interno del campione di diagnosi e disposizione e dei questionari veicolati da Farindustria, è stato possibile individuare i valori dell' IPE specifico (di secondo livello) relativamente ai consumi delle UTA (circa il 20% dei consumi elettrici totali) e dell'aria compressa (circa il 10% dei consumi elettrici totali).

#### 5.3.6.2.5.3. IPEs – Servizi Ausiliari: UTA

La qualità dell'aria degli ambienti [33], così come la climatizzazione, sono elementi fondamentali in un impianto farmaceutico. Gli impianti di climatizzazione e trattamento aria lavorano per la gran parte dell'anno, e costituiscono una delle voci principali di consumo. Le unità di trattamento aria (UTA), infatti, incidono per circa il 20% sui consumi elettrici dello stabilimento. Tali consumi sono legati alle quantità di aria da trattare

e dunque, indirettamente, alle dimensioni degli ambienti, in particolar modo degli ambienti produttivi. Di seguito viene mostrato il legame tra i consumi elettrici delle UTA e le superfici degli ambienti produttivi. L'analisi è stata possibile su 28 siti del campione di riferimento, ottenendo dunque una rappresentatività elevata. In Figura 94 è riportata l'analisi di regressione tra consumi Elettrici delle UTA e la superficie delle aree produttive [m<sup>2</sup>].

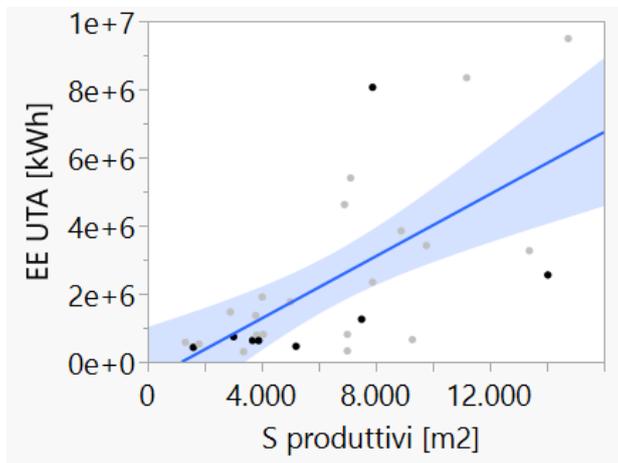


Figura 94 – Analisi di regressione tra consumi Elettrici delle UTA e la superficie delle aree produttive

In Tabella 98 sono riportati i dati riassuntivi dell'analisi di regressione tra consumi elettrici delle UTA e la superficie delle aree produttive, l'elevato numero di dati del campione distribuiti in maniera sufficientemente omogenea garantisce una buona rappresentatività della relazione ottenuta, tuttavia, come evidente dalla Figura 94 vi è un'elevata dispersione dei dati che si rispecchia sul coefficiente di correlazione e quello di determinazione. Inoltre, il coefficiente costante della relazione risulta essere negativo, ma questo non risulta essere un problema in quanto il campo di esistenza della relazione trovata è compreso tra i 1.300 m<sup>2</sup> ed i 15.000 m<sup>2</sup>.

Tabella 98 – Risultati analisi di regressione tra consumi Elettrici delle UTA e la superficie delle aree produttive

Rette di Regressione: Consumo Elettrico UTA [kWh] vs Superficie [m <sup>2</sup> ]					
Consumo Elettrico UTA[kWh]= -542.580 + 455,36* Superficie [m <sup>2</sup> ] Int. Confidenza > 99%					
	R <sup>2</sup>	R	P <sub>value</sub>	R <sub>crit</sub> (bidirezionale) α=0,05	R <sub>crit</sub> (bidirezionale) α=0,01
<b>Consumo Elettrico UTA [kWh]</b>	0,4293	0,6552	<0,0001	0,3620	0,4640

In Tabella 99 è riportato il valore dell'IPE medio specifico relativo al consumo elettrico dell'UTA e la superficie delle aree produttive trattate. Malgrado il campione dati elevato che permetterebbe una sua suddivisione in più cluster di superfici i valori dell'IPE specifico riscontrati risultano comunque avere un livello di affidabilità basso, suggerendo probabilmente la necessità di suddividere questi consumi anche per classi ambientali secondo lo standard GMP[33]. Informazioni, però non presenti a questo livello di dettaglio all'interno delle diagnosi energetiche

Tabella 99 – IPEs medio Elettrico dell’UTA relativamente alla superficie delle aree produttive

Unità misura utilizzate	Superficie delle aree produttive		m <sup>2</sup>	
	Consumo Elettrico		kWh	
	IPE		kWh/m <sup>2</sup>	
Superficie		IPE	Affidabilità	
Min	Max			
m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	Coeff. di Variazione	Livello di affidabilità
1.300	15.000	342,9 ± 242,3	70,7%	<b>BASSO</b>

#### 5.3.6.2.5.4. IPEs – Servizi Ausiliari: Aria compressa

Un altro reparto presente all’interno dei Servizi Ausiliari che ha un’incidenza non trascurabile sui consumi elettrici di sito (circa il 10%) è il reparto di produzione dell’aria compressa. Generalmente è composto da più macchine di generazione con caratteristiche anche diverse tra loro e altri servizi “ausiliari” (filtri, essiccatori, torri di raffreddamento, etc).

In Figura 95 è riportata l’analisi di regressione tra consumi Elettrici del reparto di aria compressa e il volume di aria trattata.

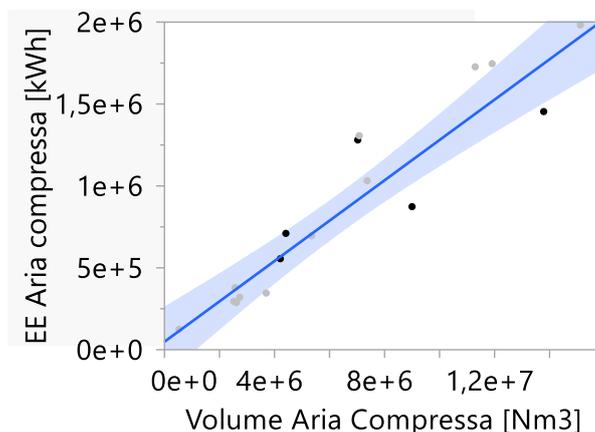


Figura 95 – Analisi di regressione tra consumi Elettrici del reparto aria compressa e volume aria trattata

In Tabella 100 sono riportati i dati riassuntivi dell’analisi di regressione tra consumi elettrici del reparto aria compressa e il volume di aria trattata, in questo caso gli indici di correlazione e determinazione risultano essere alti dimostrando una “forte” correlazione tra i parametri individuati, anche la rappresentatività della relazione risulta sufficientemente alta.

Tabella 100 – Risultati analisi di regressione tra consumi Elettrici del reparto aria compressa e l’aria compressa trattata

<b>Rette di Regressione: Consumo Elettrico aria compressa [kWh] vs Volume aria trattata [Nm<sup>3</sup>]</b>					
Consumo Elettrico aria compressa [kWh]= 48.626 + 0,123* Volume aria trattata [Nm <sup>3</sup> ] Int. Confidenza > 99%					
	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R</b>	<b>P<sub>value</sub></b>	<b>R<sub>crit</sub> (bidirezionale) α=0,05</b>	<b>R<sub>crit</sub> (bidirezionale) α=0,01</b>
<b>Consumo Elettrico aria compressa [kWh]</b>	0,8961	0,9466	<0,0001	0,514	0,6411

In Tabella 101 è riportato il valore dell’IPE medio specifico relativo al consumo elettrico del reparto aria compressa e il volume dell’aria trattata. Come per l’analisi di regressione anche in questo caso l’IPEs trovato risulta essere buono con un livello di affidabilità Medio.

Tabella 101 – IPEs medio Elettrico del reparto aria compressa relativamente al volume dell’aria trattata

Unità misura utilizzate	Volume aria trattata		Nm <sup>3</sup>		
	Consumo Elettrico		kWh		
	IPE		kWh/Nm <sup>3</sup>		
Volume aria trattata		IPE	Affidabilità		
Min	Max				
Nm <sup>3</sup>	Nm <sup>3</sup>	kWh/Nm <sup>3</sup>	Coeff. di Variazione	Livello di affidabilità	
530.000	15.000.000	0,138 ± 0,038	27,5%	<b>MEDIO</b>	

## 6. Analisi degli interventi di efficientamento energetico

### 6.1. Introduzione

L'obiettivo della metodologia qui sviluppata è stato la sistematizzazione dell'analisi degli interventi effettuati e individuati riportati nelle diagnosi, elaborando un approccio metodologico replicabile per ogni ATECO e aggiornabile nel tempo.

L'applicazione della metodologia ha consentito di produrre schede settoriali per i diversi ATECO a 6 cifre esaminati: dopo un inquadramento generale del settore, esse forniscono i risparmi energetici da interventi effettuati e individuati, per tipologia di vettore energetico, in termini di energia finale o primaria a seconda dell'area di intervento. Sono forniti anche indicatori di natura economica, relativi a investimenti totali e medi per area di intervento, distribuzione degli interventi per classe di tempo di ritorno e costo efficacia, cioè il costo di risparmiare un tep di energia finale o primaria per ogni area di intervento.

Le schede settoriali hanno il duplice scopo di monitorare i risparmi energetici conseguiti e potenziali, rapportandoli anche ai consumi totali, elettrici e termici, e di fornire informazioni utili agli operatori del settore e ai policy makers, affiancando le informazioni di risparmio energetico anche ad indicatori di natura economica. Le risultanze di questa metodologia sono incluse all'interno delle linee guida pubblicate per i settori cemento e vetro nel 2021 e nelle linee guida in via di pubblicazione per i settori fonderie, farmaceutico e incenerimento rifiuti.

L'analisi ha avuto come punto di partenza il database di informazioni relative agli interventi effettuati e individuati caricate sul portale Audit 102. La classificazione in aree di intervento scelta per l'analisi è descritta in Tabella 102, dove l'elenco di interventi riportato nella seconda colonna intende avere un carattere esemplificativo e non esaustivo di tutti i possibili interventi. Chiaramente ogni area di intervento sarà più o meno rilevante a seconda delle specificità del codice ATECO esaminato e anche del sito produttivo oggetto di diagnosi.

Tabella 102 – Aree di classificazione degli interventi e relativa descrizione

Area di intervento	Descrizione
<b>Altro</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interventi non altrove classificati</li> <li>• Interventi di natura mista, appartenenti a diverse categorie (per esempio la riqualificazione globale, con interventi ricadenti nelle aree Climatizzazione, Involucro edilizio e Illuminazione)</li> </ul>
<b>Aria compressa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sostituzione di compressori</li> <li>• Ricerca ed eliminazione delle perdite</li> <li>• Installazione di sistemi di misura</li> <li>• Ottimizzazione degli impianti</li> <li>• Installazione di inverter</li> </ul>
<b>Aspirazione</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sostituzione di motori usati per aspirazione con nuovi di categoria più efficiente (IE3 o superiore)</li> <li>• Installazione di inverter</li> <li>• Ottimizzazione degli impianti</li> </ul>
<b>Centrale termica e/o Recuperi termici</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sostituzione dell'impianto di generazione calore di processo con modelli più efficienti</li> <li>• Recupero termico, tra cui anche sistemi ORC</li> <li>• Sostituzione dei bruciatori</li> </ul>
<b>Climatizzazione</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sostituzione dell'impianto di riscaldamento e/o raffrescamento con modelli più efficienti</li> </ul>
<b>Cogenerazione e/o Trigenerazione</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Installazione di un impianto di cogenerazione o trigenerazione</li> <li>• Miglioramento di impianti esistenti</li> </ul>
<b>Freddo di processo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sostituzione di gruppi frigo</li> <li>• Sostituzione di ventilatori di raffreddamento</li> <li>• Ottimizzazione della gestione</li> </ul>
<b>Generale/Gestionale</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduzione o miglioramento del sistema di monitoraggio</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interventi di tipo organizzativo, come lo spegnimento programmato nelle ore notturne o nel weekend</li> <li>• Corsi di formazione in ambito efficienza energetica</li> <li>• Adozione della certificazione ISO 50001</li> <li>• Installazione di contatori</li> <li>• Adozione di nuovi strumenti software</li> <li>• Interventi di natura comportamentale</li> </ul>
<b>Illuminazione</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduzione di LED in aree specifiche</li> <li>• Relamping dello stabilimento</li> <li>• Installazione di rilevatori di presenza</li> </ul>
<b>Impianti elettrici</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Installazione di un sistema power quality</li> <li>• Sostituzione di trasformatori</li> <li>• Installazione di economizzatori di rete</li> </ul>
<b>Involucro edilizio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rifacimento del cappotto esterno</li> <li>• Coibentazione della copertura</li> <li>• Installazione o sostituzione di schermature solari</li> <li>• Sostituzione degli infissi</li> </ul>
<b>Linee produttive</b>	<p>Interventi relativi ai processi nell'area attività principale, come ad esempio:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sostituzione del forno fusorio</li> <li>• Revamping dello stabilimento</li> <li>• Ottimizzazione della gestione dei forni</li> <li>• Interventi sui nastri trasportatori</li> <li>• Sostituzione dei carica batteria muletti</li> </ul>
<b>Motori elettrici e/o Inverter</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sostituzione di motori elettrici con nuovi di categoria più efficiente (IE3 o superiori)</li> <li>• Installazione di inverter</li> </ul>
<b>Produzione da fonti rinnovabili</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Installazione di un impianto fotovoltaico, solare termico o di una centrale a biomassa</li> </ul>
<b>Rifasamento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rifasamento degli impianti</li> <li>• Installazione di nuovi rifasatori</li> </ul>
<b>Trasporti</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mobilità elettrica e altri interventi di conversione del parco veicoli con modelli a maggiore efficienza</li> <li>• Corsi di formazione su eco-driving</li> </ul>
<b>Reti di distribuzione</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ricerca delle perdite di distribuzione</li> <li>• Verifica dello stato della rete vapore</li> <li>• Verifica delle coibentazioni nella rete di trasporto calore</li> <li>• Sostituzione di scaricatori di condensa</li> </ul>

## 6.2. Descrizione della metodologia

Le informazioni caricate sul portale Audit 102 e automaticamente raccolte in un unico database hanno costituito una fondamentale base di partenza per elaborare le informazioni presentate in questo capitolo. È stato necessario non utilizzare queste informazioni tal quali, bensì applicare una metodologia di analisi che ha previsto alcuni step di riorganizzazione dei dati e verifica della loro coerenza.

Gli step metodologici applicati possono essere così sintetizzati:

1. Ricodifica di circa 300 aree di intervento individuali in 17 principali, così definite e descritte in

Tabella 102:

- Altro;
  - Aria compressa;
  - Aspirazione;
  - Centrale termica/Recuperi termici;
  - Climatizzazione;
  - Cogenerazione/Trigenerazione;
  - Freddo di processo;
  - Generale/Gestionale;
  - Illuminazione;
  - Impianti elettrici;
  - Involucro edilizio;
  - Linee produttive;
  - Motori elettrici/Inverter;
  - Produzione da fonti rinnovabili;
  - Rifasamento;
  - Trasporti;
  - Reti di distribuzione.
2. Individuazione degli indicatori di interesse, così elencabili:
    - Risparmio totale di energia finale;
    - Risparmio totale di energia primaria;
    - Risparmi per tipologia: risparmi di energia elettrica, risparmi di energia termica, risparmi di carburante, altri risparmi;
    - Tempo di ritorno semplice;
    - Investimento;
    - Costo efficacia, definito come Investimento/risparmio di energia finale o primaria.
  3. Definizione e calcolo delle variabili che non erano presenti nel database, come risparmi totali e costo efficacia; in questo step è stata effettuata la conversione dei risparmi elettrici e termici in tep di energia finale o primaria.
  4. Eliminazione dei duplicati dei risparmi elettrici, termici o di carburante rispetto ai valori riportati alla voce altri risparmi.
  5. Definizione delle aree di intervento con risparmi di energia primaria e correzione dei relativi risparmi, ove necessario.
  6. Riallocazione dei risparmi di carburante nelle categoria di appartenenza rilevante di caso in caso, individuabile tra risparmi elettrici, termici e altri risparmi.
  7. Analisi delle singole diagnosi per specifici codici ATECO e verifica/integrazione delle informazioni relative agli interventi caricate sul portale.

In particolare, relativamente al punto 5, le aree di intervento con risparmi di energia primaria sono state identificate in Cogenerazione/Trigenerazione e Produzione da fonti rinnovabili. Il risparmio di energia elettrica associato all'autoproduzione di energia elettrica è considerato un risparmio di energia primaria, in quanto tale energia elettrica non viene più prelevata dalla rete e quindi prodotta dal sistema di generazione nazionale. Nel caso dell'area Cogenerazione/Trigenerazione, o di alcuni interventi nell'area Produzione da fonti rinnovabili associati alla produzione di energia termica, un discorso analogo può essere applicato alla produzione di calore. Le schede allegate al presente capitolo offrono una panoramica delle peculiarità esistenti all'interno dei seguenti codici ATECO:

- 21.10.00 - Fabbricazione di prodotti farmaceutici di base;
- 21.20.09 - Fabbricazione di medicinali ed altri preparati farmaceutici;
- 24.51.00 - Fusione di ghisa e produzione di tubi e raccordi in ghisa;
- 24.52.00 - Fusione di acciaio;
- 24.53.00 e 24.54.00 - Fusione di metalli leggeri e Fusione di altri metalli non ferrosi;
- 35.11.00, 38.21.09, 38.11.00, 38.22.00 - Produzione di energia elettrica, Trattamento e smaltimento di altri rifiuti non pericolosi, Raccolta di rifiuti solidi non pericolosi, Trattamento e smaltimento di rifiuti pericolosi.

### 6.3. Risultati complessivi

Le diagnosi energetiche inviate ad ENEA e caricate sul portale Audit 102 riportano 7.513 interventi effettuati, da parte di 2.429 imprese. Gli interventi individuati attraverso le diagnosi energetiche sono invece 31.261 e si riferiscono a 5.870 imprese, di cui 2.801 imprese che si dichiarano energivore.

Il settore C (Attività manifatturiere) si caratterizza per un maggior numero di interventi individuati per diagnosi rispetto alla media; la stessa tendenza è osservata per O (Assicurazione sociale obbligatoria) e P (Istruzione), anche se con riferimento a un numero di gran lunga minore di interventi. Sette codici ATECO, appartenenti ai settori C e G (Commercio all'ingrosso e al dettaglio; Riparazione di autoveicoli e motocicli) arrivano a rappresentare circa la metà del totale degli interventi complessivi individuati, con le seguenti quote:

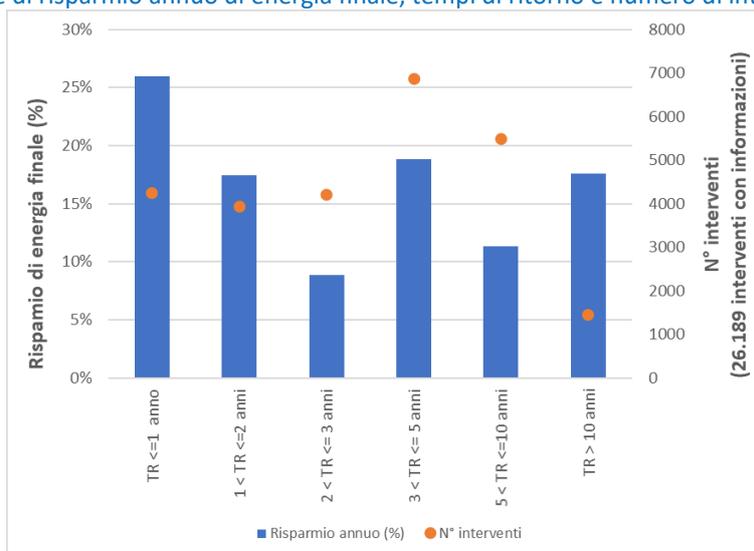
- ATECO 10 Industrie alimentari: 7,9% (2.454 interventi);
- ATECO 22 Fabbricazione di articoli in gomma e materie plastiche: 10,1% (3.169 interventi);
- ATECO 23 Fabbricazione di altri prodotti della lavorazione di minerali non metalliferi: 5,9% (1.852 interventi);
- ATECO 24 Metallurgia: 5,5% (1.707 interventi);
- ATECO 25 Fabbricazione di prodotti in metallo (esclusi macchinari e attrezzature): 7,3% (2.264 interventi);
- ATECO 28 Fabbricazione di macchinari ed apparecchiature nca: 5,0% (1.550 interventi);
- ATECO 47 Commercio al dettaglio (escluso quello di autoveicoli e di motocicli): 7,7% (2.397 interventi).

Il numero di interventi effettuati e individuati può essere suddiviso in interventi che producono risparmi di energia finale e interventi associati a risparmi di energia primaria. Il numero di interventi effettuati ed individuati con risparmi di energia finale è in linea con il numero di diagnosi pervenute a ENEA per settore ATECO. Diversamente il numero di interventi individuati ed effettuati con risparmi di energia primaria risente delle specificità settoriali: infatti, questi interventi appartengono alle aree Cogenerazione/Trigenerazione e Produzione da fonti rinnovabili (prevalentemente installazione di impianti fotovoltaici), e soprattutto la cogenerazione appare relativamente poco diffusa nei settori ATECO appartenenti al terziario. Secondo quanto dichiarato nelle diagnosi, gli interventi effettuati hanno consentito il raggiungimento di un risparmio di energia finale di 475 ktep/anno e di un risparmio di energia primaria di 193 ktep/anno, associato agli

interventi nelle categorie descritte sopra. Gli interventi individuati, se realizzati, sarebbero associati a un risparmio di energia finale di circa 1,690 Mtep/anno, suddiviso in diverse tipologie: risparmi di energia elettrica (23% del totale), di energia termica (14%), di carburante (4%) e altri risparmi (59%). La categoria altri risparmi può contenere diverse tipologie di risparmi, ad esempio risparmi associati a vettori energetici non altrove classificati o risparmi di energia finale o primaria relativi a più di un vettore energetico (ad esempio calore ed energia elettrica negli interventi di cogenerazione).<sup>5</sup> Gli interventi individuati sarebbero inoltre associati ad un risparmio di energia primaria di circa 0,859 Mtep/anno, riconducibile alle aree di intervento Cogenerazione/Trigenerazione e Produzione da fonti rinnovabili. Questi risparmi annui di energia finale e primaria sono da intendersi come un potenziale e una soglia massima, in quanto non tutti gli interventi individuati saranno realizzati e la loro attuazione sarà dilazionata nel tempo.

La Figura 96 mostra la distribuzione del risparmio di energia finale per classi di tempo di ritorno. Guardando alla distribuzione settoriale degli interventi individuati con risparmi di energia finale, il settore ATECO C ha quota maggiore e mostra una prevalenza della quarta classe di tempo di ritorno, tra 3 e 5 anni, che copre il 26% degli interventi individuati. Al suo interno, si rilevano anche in questo caso specificità: ad esempio, il codice 24 si caratterizza per una quota elevata dei risparmi associati a interventi con tempo di ritorno uguale o inferiore a 1 anno (56% del totale), a fronte di quote del 22% e 16% nei codici 22 e 23 e quote tra 3% e 8% nei codici 10, 25 e 28.

Figura 96 - Quote di risparmio annuo di energia finale, tempi di ritorno e numero di interventi individuati



Le informazioni relative al tempo di ritorno possono essere utilizzate anche per ottenere il risparmio annuo cumulato associato agli interventi con tempo di ritorno inferiore a una certa soglia. Come indicato in Figura 96, il tempo di ritorno è disponibile per 26.194 interventi, rappresentativi di circa il 98% degli interventi associati a risparmi di energia finale. La realizzazione degli interventi individuati con tempo di ritorno fino a 3 anni (12.384 interventi) implicherebbe il conseguimento del 52% del risparmio annuo di energia finale (0,741 Mtep/anno), a fronte di un investimento complessivo pari a circa 626,6 milioni di Euro (15% degli investimenti totali). Realizzando gli interventi individuati con tempo di ritorno fino a 5 anni (6.869 interventi aggiuntivi) si arriverebbe circa il 70% del risparmio totale, a fronte di un investimento pari a quasi 1,2 miliardi di Euro (28% del totale).

<sup>5</sup> La categoria è attualmente oggetto di approfondimento. Per l'ATECO 23, sulla base delle informazioni eventualmente disponibili in diagnosi energetica, si è proceduto a riallocare i risparmi categorizzati come altri risparmi nelle altre tre categorie più specifiche. In questo modo la categoria "Altri risparmi" è rimasta una categoria residuale.

Tabella 103 - Numero di interventi, risparmio annuo e investimenti cumulati per classe di tempo di ritorno

Classi tempo di ritorno	N° interventi individuati	% Interventi individuati	Risparmio annuo (tep/anno)	% Risparmio annuo (tep/anno)	Investimento (€)	% Investimento (€)
TR <=1 anno	4.240	16,2%	368.324	26,0%	274.731.779,0	6,5%
TR <=2 anni	8.175	31,2%	615.370	43,4%	410.447.847,7	9,7%
TR <= 3 anni	12.382	47,3%	740.793	52,2%	624.397.287,4	14,7%
TR <= 5 anni	19.248	73,5%	1.007.945	71,1%	1.166.725.446,2	27,5%
TR <=10 anni	24.736	94,5%	1.168.774	82,4%	1.897.097.529,7	44,8%
TR > 10 anni	26.189	100,0%	1.418.125	100,0%	4.236.451.392,9	100,0%

#### 6.4. Risultati per codici ATECO selezionati

Sono state esaminate le diagnosi di 10 codici ATECO per integrare e, ove necessario, correggere le informazioni relative agli interventi caricate sul portale.

I codici ATECO, individuati in base a un criterio di numerosità delle diagnosi pervenute a Enea, sono i seguenti:

- 21.10.00 - Fabbricazione di prodotti farmaceutici di base
- 21.20.09 - Fabbricazione di medicinali ed altri preparati farmaceutici
- 24.51.00 - Fusione di ghisa e produzione di tubi e raccordi in ghisa
- 24.52.00 - Fusione di acciaio
- 24.53.00 - Fusione di metalli leggeri
- 24.54.00 - Fusione di altri metalli non ferrosi

Sono inoltre stati esaminati gli interventi relativi agli impianti di incenerimento rifiuti, che ricadono nei quattro seguenti codici ATECO

- 35.11.00 Produzione di energia elettrica
- 38.21.09 Trattamento e smaltimento di altri rifiuti non pericolosi
- 38.11.00 Raccolta di rifiuti solidi non pericolosi
- 38.22.00 Trattamento e smaltimento di rifiuti pericolosi

Questi codici ATECO sono stati analizzati in un unico raggruppamento denominato "Incenerimento rifiuti". I due codici ATECO 24.53.00 e 24.54.00, entrambi relativi ai metalli non ferrosi, sono stati analizzati insieme, in coerenza con l'analisi dei consumi dei capitoli precedenti.

Per ognuno di questi codici ATECO o raggruppamenti è stata elaborata una scheda con tabelle e grafici di sintesi degli indicatori calcolati, di cui è riportata un'idea della struttura in Figura 97. Le tabelle relative agli interventi effettuati sono proposte anche relativamente agli interventi individuati e in questo caso l'analisi è corredata da informazioni relative al tempo di ritorno semplice, elaborate per classi e combinate con i valori cumulati di risparmio potenziale e investimenti corrispondenti. Per gli interventi individuati è inoltre riportato un diagramma a bolle che combina l'informazione del costo efficacia medio dei risparmi di energia finale, rappresentato dalla dimensione della bolla, con il tempo di ritorno medio e l'investimento medio riportati rispettivamente in ascissa e ordinata. Infine, sono inclusi, per gli interventi effettuati ed individuati, i grafici di Pareto con la distribuzione degli interventi e l'indicazione dei primi cinque per valore dei risparmi di energia finale o primaria, a seconda dell'area di intervento coinvolta.

Figura 97 – Sezioni della scheda interventi

INCENERIMENTO RIFIUTI		Interventi effettuati			
<b>Inquadramento generale</b>		<b>Interventi effettuati</b>			
Numero diagnosi (siti):	Numero P. IVA:	Interventi effettuati - Investimenti		Interventi effettuati - Costo efficacia	
26	20	Area di intervento	N° interventi con informazioni	Investimento totale (€)	Investimento medio (€)
Numero grandi imprese:	Numero imprese energivore:	Altro	0	-	-
20	0	Aria compressa	0	-	-
Numero siti ISO 50001:	Numero siti sottoposti a monitoraggio:	Aspirazione	0	-	-
2	23	Centrale termica/Recuperi termici	2	56.000,0	28.000,0
Numero medio interventi per sito:	Quota di diagnosi costanti interventi:	Climatizzazione	1	16.500,0	16.500,0
2,1	73%	Freddo di processo	1	46.000,0	46.000,0
Numero medio interventi per sito:	Quota di diagnosi costanti interventi:	Generale	0	-	-
2,0	73%	Illuminazione	5	495.800,0	99.160,0
Numero medio interventi per sito:	Quota di diagnosi costanti interventi:	Linee produttive	0	-	-
2,0	73%	Motoni elettrici/Inverter	1	19.800,0	19.800,0
Numero medio interventi per sito:	Quota di diagnosi costanti interventi:	Totale	10	588.300,0	42.370,0
2,0	73%	<b>Investimenti</b>		<b>Costo efficacia</b>	
Numero medio interventi per sito:	Quota di diagnosi costanti interventi:	Interventi effettuati - Risparmi di energia finale		Interventi effettuati - Costo efficacia	
2,0	73%	Area di intervento	N° interventi con informazioni	Risparmio annuo totale (tep/anno)	Risparmio annuo totale medio (tep/anno)
2,0	73%	Altro	0	-	-
2,0	73%	Aria compressa	1	90,6	90,6
2,0	73%	Aspirazione	2	1.411,0	705,5
2,0	73%	Centrale termica/Recuperi termici	6	43,1	7,2
2,0	73%	Climatizzazione	1	51,6	51,6
2,0	73%	Freddo di processo	0	-	-
2,0	73%	Generale	7	58,8	8,4
2,0	73%	Illuminazione	0	-	-
2,0	73%	Linee produttive	3	259,1	86,4
2,0	73%	Motoni elettrici/Inverter	20	1.922,2	139,6
2,0	73%	Totale	20	1.922,2	139,6
2,0	73%	<b>Risparmi per tipologia</b>		<b>Risparmi per tipologia</b>	
2,0	73%	Area di intervento	N° interventi con informazioni	Risparmio annuo di energia elettrica (tep/anno)	Risparmio annuo di energia termica (tep/anno)
2,0	73%	Altro	0	-	-
2,0	73%	Aria compressa	1	90,6	0,0
2,0	73%	Aspirazione	2	1.411,0	1.411,0
2,0	73%	Centrale termica/Recuperi termici	6	43,1	8,0
2,0	73%	Climatizzazione	1	51,6	0,0
2,0	73%	Freddo di processo	0	-	-
2,0	73%	Generale	7	58,8	0,0
2,0	73%	Illuminazione	0	-	-
2,0	73%	Linee produttive	3	259,1	0,0
2,0	73%	Motoni elettrici/Inverter	20	1.922,2	1.415,0
2,0	73%	Totale	20	1.922,2	1.415,0
2,0	73%	<b>Risparmio totale e medio per intervento</b>		<b>Risparmio totale e medio per intervento</b>	
2,0	73%	Area di intervento	N° interventi con informazioni	Risparmio annuo totale (%)	Risparmio annuo totale (tep/anno)
2,0	73%	Altro	0	-	-
2,0	73%	Aria compressa	1	5,1%	90,6
2,0	73%	Aspirazione	2	73,4%	705,5
2,0	73%	Centrale termica/Recuperi termici	6	2,2%	7,2
2,0	73%	Climatizzazione	1	2,7%	51,6
2,0	73%	Freddo di processo	0	-	-
2,0	73%	Generale	7	3,1%	8,4
2,0	73%	Illuminazione	0	-	-
2,0	73%	Linee produttive	3	13,48%	86,4
2,0	73%	Motoni elettrici/Inverter	20	100,0%	139,6
2,0	73%	Totale	20	100,0%	139,6
2,0	73%	<b>Risparmio rispetto ai consumi (totale, elettrico, termico)</b>		<b>Risparmio rispetto ai consumi (totale, elettrico, termico)</b>	
2,0	73%	Area di intervento	N° interventi	Risparmio annuo di energia elettrica (tep/anno)	Risparmio annuo di energia termica (tep/anno)
2,0	73%	Altro	0	-	-
2,0	73%	Aria compressa	1	3,612,6	101,5
2,0	73%	Aspirazione	2	3,7%	7,1%
2,0	73%	Centrale termica/Recuperi termici	6	1,4%	2,9%
2,0	73%	Climatizzazione	1	3,7%	7,7%
2,0	73%	Freddo di processo	0	-	-
2,0	73%	Generale	7	3,6%	7,5%
2,0	73%	Illuminazione	0	-	-
2,0	73%	Linee produttive	3	13,48%	86,4
2,0	73%	Motoni elettrici/Inverter	20	100,0%	139,6
2,0	73%	Totale	20	100,0%	139,6

Le schede relative ai codici e raggruppamenti sopra elencati possono essere consultate in Appendice B. Le informazioni contenute nelle schede sono state organizzate in tabelle qualitative e quantitative di sintesi. La Tabella 104 sintetizza la presenza di interventi effettuati e individuati nelle diverse aree per i codici ATECO esaminati. Si fa riferimento agli interventi con informazioni, cioè descritti in termini di risparmio conseguito o potenziale e di costo di investimento. Una scala di colori indica la numerosità degli interventi, che chiaramente è dipendente dal numero di diagnosi pervenute per ogni codice ATECO ma anche dalla qualità delle diagnosi stesse.

Tabella 104 – Quadro di sintesi del numero interventi effettuati ed individuati

	21.10.00	21.20.09	24.51.00	24.52.00	24.53.00 e 24.54.00	Incenerimento rifiuti
Aria compressa	○○	○○	○○	●	○○	●
Aspirazione	○○	●	○○	●	○○	○○
Centrale termica/Recuperi termici	○○	○○	○○	●	○○	○○
Climatizzazione	○○	○○	●	●	○○	○○
Cogenerazione/Trigenerazione	○○	○○	●		●	
Freddo di processo	○○	○○	○○		●	○○
Generale/Gestionale	○○	○○	○○	●	●	●
Illuminazione	○○	○○	○○	○○	○○	○○
Impianti elettrici	●	○○	●	●	○○	
Involucro edilizio	○○	○○	●			
Linee produttive	○○	○○	○○	●	○○	●
Motori elettrici/Inverter	○○	○○	○○	●	○○	○○
Produzione da fonti rinnovabili	●	○○	○○	●	○○	●
Rifasamento	○○	●	●	●	●	
Trasporti	○	●	●	●	●	●

area presente in interventi effettuati con informazioni	○
area presente in interventi individuati con informazioni	●
se interventi individuati >20	○○
se interventi effettuati e individuati >20	○○
se interventi effettuati >20	○○

La Tabella 105 fa riferimento agli interventi effettuati e sintetizza la presenza di risparmi elettrici e termici per ogni area di intervento e codice ATECO. Anche in questo caso una scala di colori indica se il valore dei risparmi totali conseguito in quel codice ATECO è superiore a una soglia, individuata in 50 tep sulla base della distribuzione osservata. Il valore dei risparmi è strettamente collegato al numero di diagnosi pervenute a ENEA ma anche a specificità settoriali e di sito produttivo.

Tabella 105 – Quadro di sintesi dei risparmi da interventi effettuati

	21.10.00	21.20.09	24.51.00	24.52.00	24.53.00 e 24.54.00	Incenerimento rifiuti
Aria compressa	◊□	◊□	◊		◊	
Aspirazione	◊		◊		◊	◊
Centrale termica/Recuperi termici	◊□	◊□	□		□	□
Climatizzazione	◊	◊□			◊	◊□
Cogenerazione/Trigenerazione	◊□	◊□				
Freddo di processo	◊	◊□	◊			◊
Generale/Gestionale	◊	◊□	◊			
Illuminazione	◊	◊	◊	◊	◊	◊
Impianti elettrici		◊			◊	
Involucro edilizio	◊	◊				
Linee produttive	◊□	◊□	◊		◊□	
Motori elettrici/Inverter	◊	◊	◊		◊	◊
Produzione da fonti rinnovabili		◊	◊		◊	
Rifasamento	◊					
Trasporti						

interventi effettuati con risparmi di energia elettrica

interventi effettuati con risparmi di energia termica

se risparmi elettrici >50 tep

se risparmi termici >50 tep

se risparmi elettrici e termici >50 tep

◊
□
◊
◊□
◊□

Nelle due tabelle successive sono fornite maggiori informazioni, in termini quantitativi, relativamente ai risparmi di energia finale conseguiti dagli interventi effettuati per area di intervento e codice ATECO. In particolare si riportano i risparmi elettrici (Tabella 106) attraverso quattro indicatori per ogni area di intervento:

1. risparmi totali della specifica area di intervento e relativa quota rispetto al consumo elettrico o termico totale del codice ATECO (tabella superiore);
2. risparmi medi della specifica area di intervento e relativa quota rispetto al consumo elettrico o termico totale del codice ATECO (tabella inferiore).

Gli stessi due indicatori sono proposti nella Tabella 107 con riferimento ai risparmi termici, totali e medi, e ai consumi termici di ogni codice ATECO.

Tabella 106 – Risparmi elettrici da interventi effettuati (tep e % dei consumi)

	21.10.00	21.20.09	24.51.00	24.52.00	24.53.00 e 24.54.00	Incenerimento rifiuti
<b>Aria compressa</b>	316,0 (0,45%)	79,8 (0,07%)	202,2 (0,23%)	-	124,1 (0,18%)	-
<b>Aspirazione</b>	2,6 (0,00%)	-	26,6 (0,03%)	-	90,4 (0,13%)	98,6 (0,17%)
<b>Centrale termica/Recuperi termici</b>	106,9 (0,15%)	43,9 (0,04%)	0,0 (0,00%)	-	0,0 (0,00%)	-
<b>Climatizzazione</b>	221,2 (0,31%)	132,0 (0,12%)	0,0 (0,00%)	-	43,0 (0,06%)	35,1 (0,06%)
<b>Freddo di processo</b>	106,0 (0,15%)	719,4 (0,67%)	9,2 (0,01%)	-	-	51,6 (0,09%)
<b>Generale/Gestionale</b>	16,6 (0,02%)	83,7 (0,08%)	9,5 (0,01%)	-	-	-
<b>Illuminazione</b>	78,6 (0,11%)	410,2 (0,38%)	79,6 (0,09%)	2,2 (0,02%)	170,8 (0,24%)	58,8 (0,10%)
<b>Impianti elettrici</b>	0,0 (0,00%)	20,7 (0,02%)	-	-	0,6 (0,00%)	-
<b>Involucro edilizio</b>	5,5 (0,01%)	4,4 (0,00%)	-	-	-	-
<b>Linee produttive</b>	154,8 (0,22%)	174,1 (0,16%)	34,0 (0,04%)	-	314,4 (0,45%)	-
<b>Motori elettrici/Inverter</b>	16,6 (0,02%)	110,5 (0,10%)	6,7 (0,01%)	-	2,2 (0,00%)	259,1 (0,46%)
<b>Rifasamento</b>	8,7 (0,01%)	-	-	-	-	-
<b>Trasporti</b>	-	-	-	-	-	-

	21.10.00	21.20.09	24.51.00	24.52.00	24.53.00 e 24.54.00	Incenerimento rifiuti
<b>Aria compressa</b>	26,3 (0,04%)	5,7 (0,01%)	14,4 (0,02%)	-	8,3 (0,01%)	-
<b>Aspirazione</b>	2,6 (0,00%)	-	3,0 (0,00%)	-	30,1 (0,04%)	98,6 (0,17%)
<b>Centrale termica/Recuperi termici</b>	8,9 (0,01%)	2,7 (0,00%)	0,0 (0,00%)	-	0,0 (0,00%)	-
<b>Climatizzazione</b>	20,1 (0,03%)	7,3 (0,01%)	0,0 (0,00%)	-	8,6 (0,01%)	7,0 (0,01%)
<b>Freddo di processo</b>	35,3 (0,05%)	32,7 (0,03%)	9,2 (0,01%)	-	-	51,6 (0,09%)
<b>Generale/Gestionale</b>	16,6 (0,02%)	7,6 (0,01%)	4,7 (0,01%)	-	-	-
<b>Illuminazione</b>	6,0 (0,01%)	12,4 (0,01%)	3,8 (0,00%)	0,7 (0,01%)	6,8 (0,01%)	8,4 (0,01%)
<b>Impianti elettrici</b>	0,0 (0,00%)	10,4 (0,01%)	-	-	0,6 (0,00%)	-
<b>Involucro edilizio</b>	5,5 (0,01%)	1,1 (0,00%)	-	-	-	-
<b>Linee produttive</b>	14,1 (0,02%)	24,9 (0,02%)	2,3 (0,00%)	-	15,0 (0,02%)	-
<b>Motori elettrici/Inverter</b>	8,3 (0,01%)	7,9 (0,01%)	2,2 (0,00%)	-	0,5 (0,00%)	43,2 (0,08%)
<b>Rifasamento</b>	8,7 (0,01%)	-	-	-	-	-
<b>Trasporti</b>	-	-	-	-	-	-

Tabella 107 – Risparmi termici da interventi effettuati (tep e % dei consumi)

	21.10.00	21.20.09	24.51.00	24.52.00	24.53.00 e 24.54.00	Incenerimento rifiuti
<b>Aria compressa</b>	522,0 (0,41%)	6,4 (0,00%)	-	-	-	-
<b>Aspirazione</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Centrale termica/Recuperi termici</b>	827,6 (0,65%)	1.416,4 (0,87%)	25,2 (0,03%)	-	33,3 (0,03%)	1.411,0 (3,56%)
<b>Climatizzazione</b>	-	82,4 (0,05%)	-	-	-	8,0 (0,02%)
<b>Freddo di processo</b>	-	41,2 (0,03%)	-	-	-	-
<b>Generale/Gestionale</b>	-	125,5 (0,08%)	-	-	-	-
<b>Illuminazione</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Impianti elettrici</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Involucro edilizio</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Linee produttive</b>	67,4 (0,05%)	52,9 (0,03%)	-	-	258,1 (0,22%)	-
<b>Motori elettrici/Inverter</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Rifasamento</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Trasporti</b>	-	-	-	-	-	-

	21.10.00	21.20.09	24.51.00	24.52.00	24.53.00 e 24.54.00	Incenerimento rifiuti
<b>Aria compressa</b>	43,5 (0,03%)	0,5 (0,00%)	-	-	-	-
<b>Aspirazione</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Centrale termica/Recuperi termici</b>	69,0 (0,05%)	83,3 (0,05%)	25,2 (0,03%)	-	8,3 (0,01%)	705,5 (1,78%)
<b>Climatizzazione</b>	-	5,1 (0,0%)	-	-	-	-
<b>Freddo di processo</b>	-	2,2 (0,0%)	-	-	-	-
<b>Generale/Gestionale</b>	-	12,6 (0,01%)	-	-	-	-
<b>Illuminazione</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Impianti elettrici</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Involucro edilizio</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Linee produttive</b>	6,1 (0,00%)	7,6 (0,00%)	-	-	12,3 (0,01%)	-
<b>Motori elettrici/Inverter</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Rifasamento</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Trasporti</b>	-	-	-	-	-	-

La Tabella 108 sintetizza la presenza di interventi individuati nelle diverse aree di intervento per i codici ATECO oggetto di analisi. Gli interventi individuati sono generalmente in numero maggiore rispetto agli interventi effettuati per ogni codice ATECO e sito esaminato. È opportuno ricordare che gli interventi individuati sono un set di proposte contenuto in diagnosi energetica: in quanto tali non saranno attuati tutti e la loro eventuale implementazione sarà dilazionata nel tempo. Il risparmio è quindi da intendersi come un risparmio potenziale, ragion per cui in questo caso non si è ritenuto opportuno identificare una soglia di risparmio.

Tabella 108 - Quadro di sintesi dei risparmi da interventi individuati

	21.10.00	21.20.09	24.51.00	24.52.00	24.53.00 e 24.54.00	Incenerimento rifiuti
Aria compressa	◊□	◊	◊	◊□	◊□	◊□
Aspirazione	◊	◊□	◊	◊	◊	◊
Centrale termica/Recuperi termici	◊□	◊□	◊	◊□	◊□	◊□
Climatizzazione	◊□	◊□	□	□	□	◊
Cogenerazione/Trigenerazione	◊□	◊□	◊□		◊□	
Freddo di processo	◊□	◊□	◊		◊	◊
Generale/Gestionale	◊□	◊□	◊□	◊□	◊□	◊
Illuminazione	◊	◊	◊	◊	◊□	◊
Impianti elettrici	◊	◊	◊	◊	◊	
Involucro edilizio	◊□	◊	□			
Linee produttive	◊□	◊□	◊□	◊□	◊□	◊
Motori elettrici/Inverter	◊□	◊	◊	◊	◊	◊
Produzione da fonti rinnovabili	◊	◊□	◊□	◊	◊	◊
Rifasamento	◊	◊	◊	◊	◊	
Trasporti		◊	◊		◊	◊

interventi individuati con risparmi di energia elettrica

◊

interventi individuati con risparmi di energia termica

□

In modo analogo agli interventi effettuati, in Tabella 109 e Tabella 110 sono fornite informazioni quantitative relativamente ai risparmi potenziali di energia finale associati agli interventi individuati, per area di intervento e codice ATECO.

Tabella 109 – Risparmi elettrici totali e medi da interventi individuati (tep e % dei consumi)

	21.10.00	21.20.09	24.51.00	24.52.00	24.53.00 e 24.54.00	Incenerimento rifiuti
<b>Aria compressa</b>	953,3 (1,36%)	457,6 (0,43%)	450,4 (0,51%)	11,3 (0,09%)	854,2 (1,21%)	7,4 (0,01%)
<b>Aspirazione</b>	8,4 (0,01%)	2,4 (0,00%)	299,2 (0,34%)	5,5 (0,05%)	264,0 (0,37%)	136,6 (0,24%)
<b>Centrale termica/Recuperi termici</b>	847,2 (1,20%)	159,2 (0,15%)	571,4 (0,65%)	140,3 (1,15%)	29,4 (0,04%)	3,3 (0,01%)
<b>Climatizzazione</b>	43,8 (0,06%)	1.611,0 (1,50%)	-	-	-	0,2 (0,00%)
<b>Freddo di processo</b>	770,2 (1,10%)	1.870,7 (1,75%)	9,7 (0,01%)	-	-	22,3 (0,04%)
<b>Generale/Gestionale</b>	193,5 (0,28%)	126,1 (0,12%)	407,7 (0,46%)	114,5 (0,93%)	26,3 (0,04%)	152,7 (0,27%)
<b>Illuminazione</b>	281,8 (0,40%)	741,7 (0,69%)	282,2 (0,32%)	52,6 (0,43%)	466,3 (0,66%)	166,7 (0,29%)
<b>Impianti elettrici</b>	114,7 (0,16%)	192,4 (0,18%)	213,5 (0,24%)	18,9 (0,15%)	276,3 (0,39%)	-
<b>Involucro edilizio</b>	21,0 (0,03%)	10,9 (0,01%)	-	-	341,1 (0,48%)	-
<b>Linee produttive</b>	226,0 (0,32%)	349,9 (0,33%)	1.378,9 (1,56%)	235,6 (1,92%)	0,0 (0,00%)	154,8 (0,27%)
<b>Motori elettrici/Inverter</b>	470,6 (0,67%)	214,8 (0,20%)	361,4 (0,41%)	4,0 (0,03%)	460,1 (0,65%)	137,1 (0,24%)
<b>Rifasamento</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Trasporti</b>	3,4 (0,00%)	18,5 (0,02%)	36,7 (0,04%)	0,2 (0,00%)	132,9 (0,19%)	0,3 (0,00%)

	21.10.00	21.20.09	24.51.00	24.52.00	24.53.00 e 24.54.00	Incenerimento rifiuti
<b>Aria compressa</b>	19,1 (0,03%)	10,9 (0,01%)	8,7 (0,01%)	1,4 (0,01%)	10,2 (0,01%)	1,5 (0,00%)
<b>Aspirazione</b>	8,4 (0,01%)	0,8 (0,00%)	8,1 (0,01%)	2,8 (0,02%)	8,2 (0,01%)	68,3 (0,12%)
<b>Centrale termica/Recuperi termici</b>	27,3 (0,04%)	5,5 (0,01%)	40,8 (0,05%)	46,8 (0,38%)	0,8 (0,00%)	3,3 (0,01%)
<b>Climatizzazione</b>	4,9 (0,01%)	52,0 (0,05%)	-	-	-	0,2 (0,00%)
<b>Freddo di processo</b>	28,5 (0,04%)	49,2 (0,05%)	3,2 (0,00%)	-	-	22,3 (0,04%)
<b>Generale/Gestionale</b>	6,7 (0,01%)	4,2 (0,00%)	8,5 (0,01%)	12,7 (0,10%)	3,8 (0,01%)	19,1 (0,03%)
<b>Illuminazione</b>	6,3 (0,01%)	11,1 (0,01%)	6,0 (0,01%)	5,8 (0,05%)	7,5 (0,01%)	16,7 (0,03%)
<b>Impianti elettrici</b>	12,7 (0,02%)	12,0 (0,01%)	14,2 (0,02%)	18,9 (0,15%)	4,3 (0,01%)	-
<b>Involucro edilizio</b>	7,0 (0,01%)	3,6 (0,00%)	-	-	11,4 (0,02%)	-
<b>Linee produttive</b>	12,6 (0,02%)	15,9 (0,01%)	41,8 (0,05%)	58,9 (0,48%)	0,0 (0,00%)	154,8 (0,27%)
<b>Motori elettrici/Inverter</b>	10,9 (0,02%)	7,7 (0,01%)	8,4 (0,01%)	0,4 (0,00%)	17,7 (0,03%)	13,7 (0,02%)
<b>Rifasamento</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Trasporti</b>	1,7 (0,00%)	9,2 (0,01%)	9,2 (0,01%)	0,2 (0,00%)	2,6 (0,00%)	0,2 (0,00%)

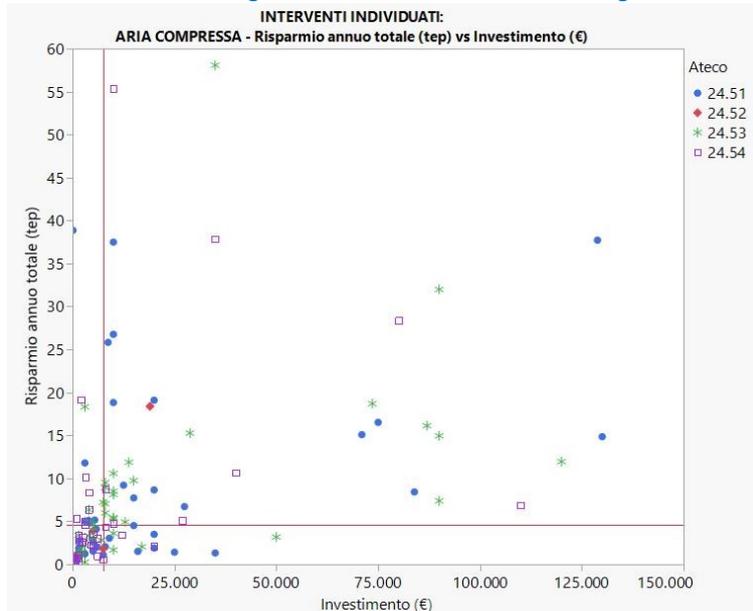
Tabella 110 – Risparmi termici totali e medi da interventi individuati (tep e % dei consumi)

	21.10.00	21.20.09	24.51.00	24.52.00	24.53.00 e 24.54.00	Incenerimento rifiuti
<b>Aria compressa</b>	3,9 (0,00%)	-	-	18,4 (0,11%)	28,7 (0,02%)	21,3 (0,05%)
<b>Aspirazione</b>	-	118,0 (0,07%)	-	-	-	-
<b>Centrale termica/Recuperi termici</b>	3.374,0 (2,65%)	1.576,4 (0,97%)	155,2 (0,19%)	27,2 (0,16%)	732,1 (0,61%)	2.788,3 (7,04%)
<b>Climatizzazione</b>	154,9 (0,12%)	457,0 (0,28%)	208,0 (0,25%)	2,2 (0,01%)	-	-
<b>Freddo di processo</b>	111,3 (0,09%)	318,0 (0,20%)	-	106,1 (0,63%)	10,6 (0,01%)	-
<b>Generale/Gestionale</b>	209,1 (0,16%)	177,9 (0,11%)	59,5 (0,07%)	84,9 (0,51%)	-	-
<b>Illuminazione</b>	-	-	-	-	395,3 (0,33%)	-
<b>Impianti elettrici</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Involucro edilizio</b>	46,7 (0,04%)	-	5,9 (0,01%)	-	-	-
<b>Linee produttive</b>	383,3 (0,30%)	1.283,2 (0,79%)	856,6 (1,03%)	156,5 (0,94%)	-	-
<b>Motori elettrici/Inverter</b>	-	-	-	-	367,3 (0,31%)	-
<b>Rifasamento</b>	650,6 (0,51%)	61,2 (0,04%)	-	-	-	-
<b>Trasporti</b>	-	-	-	-	-	-

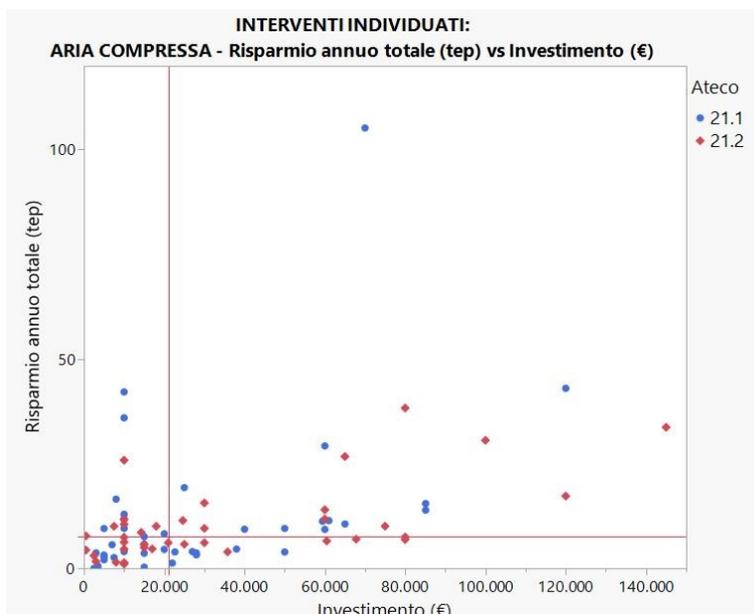
	21.10.00	21.20.09	24.51.00	24.52.00	24.53.00 e 24.54.00	Incenerimento rifiuti
<b>Aria compressa</b>	0,1 (0,00%)	-	-	3,7 (0,02%)	0,4 (0,00%)	5,3 (0,01%)
<b>Aspirazione</b>	-	59,0 (0,04%)	-	-	-	-
<b>Centrale termica/Recuperi termici</b>	96,4 (0,08%)	49,3 (0,03%)	9,7 (0,01%)	9,1 (0,05%)	20,3 (0,02%)	1.394,2 (3,52%)
<b>Climatizzazione</b>	15,5 (0,01%)	16,3 (0,01%)	26,0 (0,03%)	2,2 (0,01%)	-	-
<b>Freddo di processo</b>	5,6 (0,00%)	9,6 (0,01%)	0,0 (0,00%)	106,1 (0,63%)	2,6 (0,00%)	-
<b>Generale/Gestionale</b>	6,5 (0,01%)	6,4 (0,00%)	1,4 (0,00%)	9,4 (0,06%)	-	-
<b>Illuminazione</b>	-	-	-	-	6,7 (0,01%)	-
<b>Impianti elettrici</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Involucro edilizio</b>	23,4 (0,02%)	-	5,9 (0,01%)	-	-	-
<b>Linee produttive</b>	24,0 (0,02%)	61,1 (0,04%)	25,2 (0,03%)	39,1 (0,23%)	-	-
<b>Motori elettrici/Inverter</b>	-	-	-	-	14,7 (0,01%)	-
<b>Rifasamento</b>	108,4 (0,09%)	30,6 (0,02%)	-	-	-	-
<b>Trasporti</b>	-	-	-	-	-	-

È di seguito fornita una rappresentazione combinata di investimento e risparmio energetico, suddividendo i punti, rappresentativi dei singoli interventi, in quattro quadranti. I quadranti sono definiti in base alla mediana della distribuzione di risparmio di energia finale o primaria (linea orizzontale) e investimento (linea verticale), in ogni specifica area di intervento esaminata. Ricordando che il costo efficacia è definito come il rapporto tra investimento e risparmio energetico, il quadrante in alto a sinistra rappresenta gli interventi con migliore costo efficacia (interventi più convenienti) e quello in alto a destra gli interventi efficaci. Nel caso della Figura 98 viene rappresentata l'aria compressa, un'area di intervento trasversale nei codici ATECO esaminati per le Divisioni 21 e 24.<sup>6</sup> In Figura 98 sono rappresentati i gruppi ATECO, come indicato dalla legenda; non è stato possibile graficare i codici ATECO dell'incenerimento rifiuti per lo scarso numero di interventi.

Figura 98 – Costo efficacia degli interventi individuati nella categoria Aria compressa

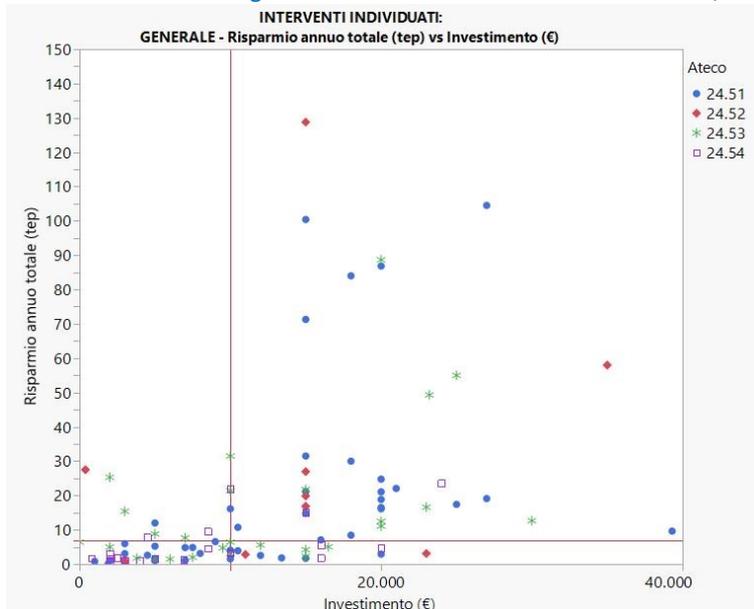


<sup>6</sup> Prendendo a riferimento le diagnosi pervenute a ENEA da parte di tutti i codici ATECO, l'aria compressa rappresenta il 15% sul totale degli interventi effettuati e il 17% sul totale degli interventi individuati.



Di seguito sono proposti due ulteriori grafici sul costo efficacia, di confronto degli interventi individuati tra diversi gruppi ATECO. La Figura 99, relativa agli interventi nell'area Generale/Gestionale mostra un quadrante di interventi a migliore costo efficacia molto popolato, in particolare da interventi che a parità di costo di investimento forniscono risparmi di energia finale variabili a seconda della dimensione e del processo del sito produttivo esaminato. La Figura 100 rappresenta i risparmi di energia primaria associati agli interventi individuati nell'area Produzione da fonti rinnovabili, e mostra un loro andamento lineare rispetto al costo di investimento.

Figura 99 – Costo efficacia degli interventi individuati nell'area Generale/Gestionale



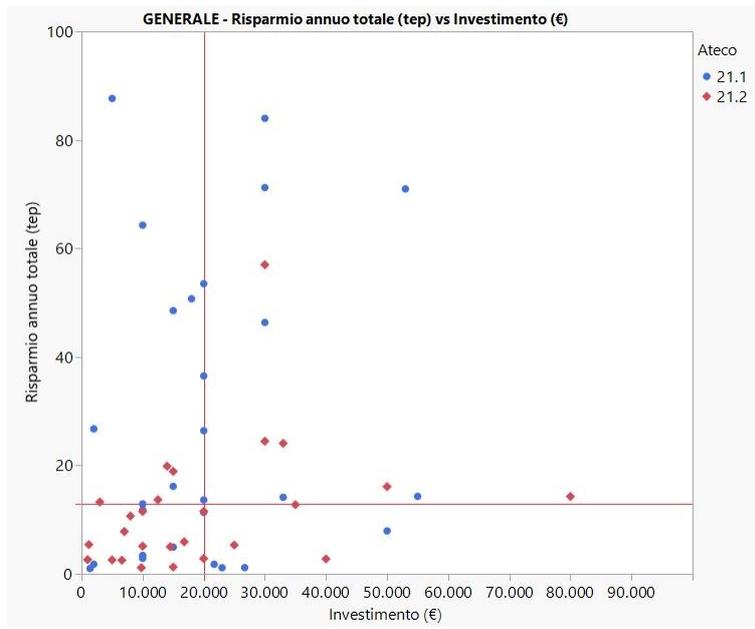
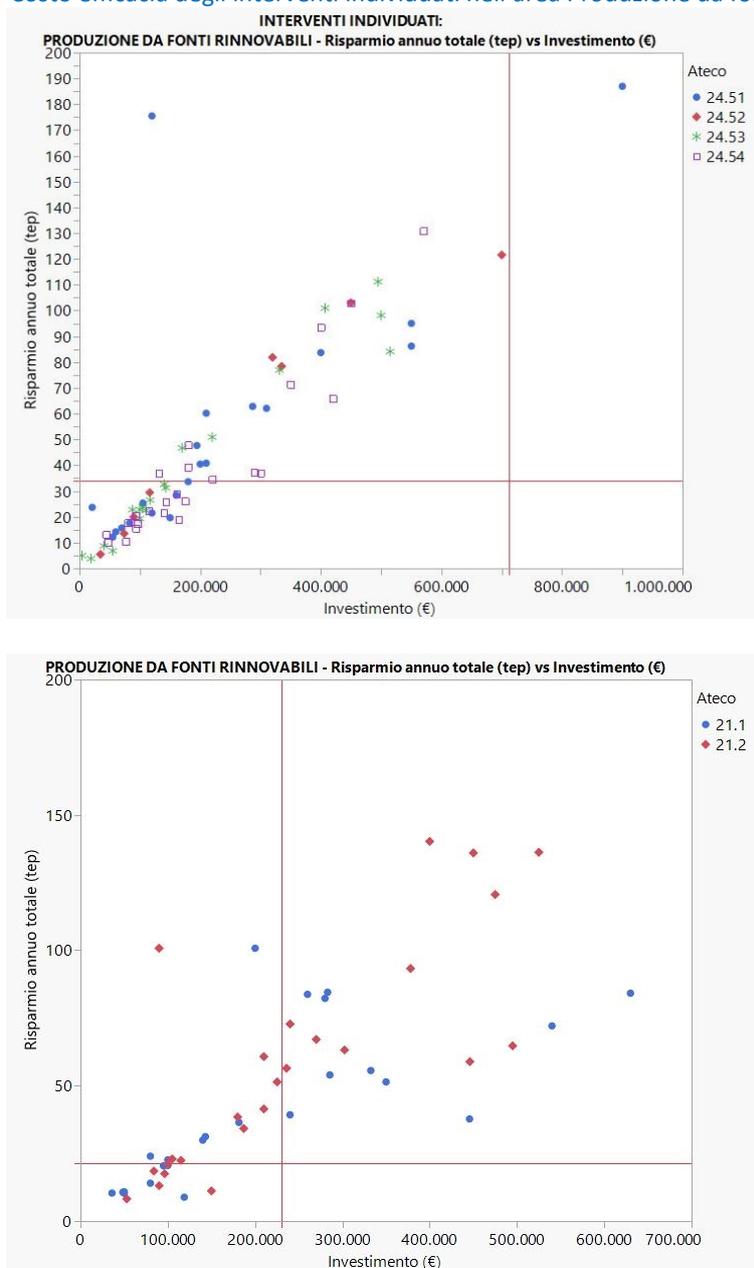


Figura 100 – Costo efficacia degli interventi individuati nell’area Produzione da fonti rinnovabili



#### 6.4.1. Sintesi schede settore farmaceutico

Nell’ATECO **21.10.00 - Fabbricazione di prodotti farmaceutici di base** l’analisi delle diagnosi energetiche ha consentito, oltre che di integrare e correggere le informazioni relative agli interventi caricati a portale, di aggiungere 92 interventi effettuati e 153 interventi individuati, arricchendo quindi il campione esaminato. Gli interventi effettuati sono 166, con la quota maggiore di interventi, pari al 14%, relativa all’area Illuminazione, seguita da Aria compressa e Centrale Termica/Recuperi termici, entrambe con il 13%. I risparmi di energia finale conseguiti sono disponibili per 60 interventi e pari a 2.454 tep/anno: l’area Centrale Termica/Recuperi termici risulta associata alla quota maggiore di risparmio (38% del totale, pari a 934 tep/anno), seguita da Aria compressa (34%, 838 tep/anno), mentre l’Illuminazione presenta risparmi notevolmente più bassi (3%, 79 tep/anno). L’informazione sui risparmi conseguiti è disponibile anche per 6

interventi nell'area Cogenerazione/Trigenerazione, associati a 5.107 tep/anno di risparmio di energia primaria.

È stato possibile esaminare gli investimenti per 56 interventi, associati ad un investimento complessivo di circa 18,4 milioni di Euro. La quota maggiore degli investimenti è di gran lunga relativa all'area Cogenerazione/Trigenerazione (68% del totale), seguita da Centrale termica/Recuperi termici (12%).

Sulla base delle informazioni descritte sopra, è stato possibile calcolare il costo efficacia dei risparmi di energia finale per 37 interventi: l'area con il migliore costo efficacia, nella quale il costo di risparmiare un tep di energia finale è minore, risulta essere Linee produttive (1.100 Euro/tep), seguita da Centrale termica/Recuperi termici (2.470 Euro/tep).

Il numero degli interventi individuati è superiore rispetto a quello degli interventi effettuati, essendo pari a 421 interventi. L'area di intervento prevalente risulta essere Aria compressa, con il 15% degli interventi, seguita dalle aree Generale e Motori elettrici/Inverter, entrambe con il 13% del totale. Il risparmio potenziale, disponibile per 280 interventi e pari a 9.660 tep/anno, risulta di gran lunga maggiore per l'area Centrale termica/Recuperi termici (44% del totale, pari a 4.221 tep/anno), seguita dalle aree Aria compressa (10%, 957 tep/anno) e Generale (9,5%, 921 tep/anno). L'informazione sui risparmi potenziali è disponibile anche per 46 interventi nelle aree Cogenerazione/Trigenerazione e Produzione da fonti rinnovabili, associati a 19.808 tep/anno di risparmio di energia primaria.

L'investimento, disponibile per 331 interventi, è pari in totale a circa 74,3 milioni di Euro, e risulta di gran lunga maggiore per l'area Cogenerazione/Trigenerazione (52% del totale), seguita da Centrale termica/Recuperi termici (14%).

Sulla base di queste informazioni è stato calcolato il costo efficacia per 267 interventi con risparmi di energia finale. In modo analogo agli interventi effettuati, l'area di intervento con il migliore costo efficacia è Linee produttive (2.160 Euro/tep), quasi allineata a Centrale termica/Recuperi termici (2.770 Euro/tep).

Inoltre, è stata svolta l'analisi di 272 interventi per cui è stato riportato in diagnosi il tempo di ritorno semplice, rappresentativi di circa il 74% degli interventi associati a risparmi di energia finale. Emerge una prevalenza della classe con tempo di ritorno tra 3 e 5 anni, con una quota del 30%. La realizzazione degli interventi individuati con tempo di ritorno fino a 3 anni (142 interventi) implicherebbe il conseguimento di circa il 57% del risparmio annuo di energia finale (5,3 ktep/anno), a fronte di un investimento complessivo pari a circa 4,9 milioni di Euro (19% degli investimenti totali).

**Nell'ATECO 22.20.09 - Fabbricazione di medicinali ed altri preparati farmaceutici** l'analisi delle diagnosi energetiche ha consentito, oltre che di integrare e correggere le informazioni relative agli interventi caricati a portale, di aggiungere 90 interventi effettuati e 88 interventi individuati.

Gli interventi effettuati sono 233, con la quota maggiore di interventi, pari al 20%, relativa all'area Illuminazione, seguita da Freddo di processo (16%) e Climatizzazione (12%). I risparmi di energia finale conseguiti sono disponibili per 114 interventi e pari a quasi 3.570 tep/anno: l'area Centrale Termica/Recuperi termici risulta associata alla quota maggiore di risparmio (42% del totale, pari a 1.493 tep/anno), seguita da Freddo di processo (21%, 760 tep/anno), mentre Climatizzazione presenta risparmi notevolmente più bassi (6%, 214 tep/anno). L'informazione sui risparmi conseguiti è disponibile anche per 9 interventi nelle aree Cogenerazione/Trigenerazione e Produzione da fonti rinnovabili, associati a 4.212 tep/anno di risparmio di energia primaria.

È stato possibile esaminare gli investimenti per 137 interventi, associati ad un investimento complessivo di circa 28,7 milioni di Euro. La quota maggiore degli investimenti è relativa all'area Cogenerazione/Trigenerazione (32% del totale), seguita da Freddo di processo (26%).

Sulla base delle informazioni descritte sopra, è stato possibile calcolare il costo efficacia dei risparmi di energia finale, per 104 interventi: le aree con il migliore costo efficacia risultano essere Linee produttive, Generale e Impianti elettrici, ognuna con valori di circa 2.300 Euro/tep.

Il numero degli interventi individuati è superiore rispetto a quello degli interventi effettuati, essendo pari a 450 interventi. L'area di intervento prevalente risulta essere Illuminazione, con il 16% degli interventi, seguita da Cogenerazione/Trigenerazione (11%) e dalle aree Aria compressa, Freddo di processo e Generale, con quote intorno al 10% del totale. Il risparmio potenziale, disponibile per 317 interventi e pari a circa 11.270

tep/anno, risulta maggiore per le aree Climatizzazione e Freddo di processo (rispettivamente 20% e 19% del totale, pari a circa 2.200 tep/anno), seguite dall'area Centrale termica/Recuperi termici (17%, 1.880 tep/anno). L'informazione sui risparmi potenziali è disponibile anche per 77 interventi nelle aree Cogenerazione/Trigenerazione e Produzione da fonti rinnovabili, associati a 65.394 tep/anno di risparmio di energia primaria.

L'investimento, disponibile per 402 interventi, è pari in totale a circa 133,4 milioni di Euro, e risulta di gran lunga maggiore per l'area Cogenerazione/Trigenerazione (63% del totale), seguita da Produzione da fonti rinnovabili (8%).

Sulla base di queste informazioni è stato calcolato il costo efficacia per 294 interventi con risparmi di energia finale. Le aree di intervento con il migliore costo efficacia sono Generale, Aspirazione e Linee produttive, con valori tra 3.000 e 3.500 Euro/tep.

Infine, è stata svolta l'analisi di 323 interventi per cui è stato riportato in diagnosi il tempo di ritorno semplice, rappresentativi di circa l'88% degli interventi associati a risparmi di energia finale. Emerge una prevalenza della classe con tempo di ritorno tra 3 e 5 anni, con una quota del 28%. La realizzazione degli interventi individuati con tempo di ritorno fino a 3 anni (166 interventi) implicherebbe il conseguimento di circa il 46% del risparmio annuo di energia finale (5 ktep/anno), a fronte di un investimento complessivo pari a circa 8,7 milioni di Euro (23% degli investimenti totali).

#### 6.4.2 Sintesi schede settore fonderie

Nell'ATECO **24.51.00 - Fusione di ghisa e produzione di tubi e raccordi in ghisa**, l'analisi delle diagnosi energetiche ha consentito, oltre che di integrare e correggere le informazioni relative agli interventi caricati a portale, di aggiungere 81 interventi effettuati e 74 interventi individuati, arricchendo quindi il campione esaminato.

Gli interventi effettuati sono 146, con la quota maggiore di interventi, pari al 25%, relativa all'area Illuminazione, seguita da Linee produttive (19%) e poi da Aria compressa (15%) e Generale (12%). I risparmi di energia finale conseguiti sono disponibili per 38 interventi e pari a 1.540 tep/anno: l'area Linee produttive risulta associata a un terzo dei risparmi (512 tep/anno), seguita da Aria compressa (13%, 202 tep/anno). Un intervento nell'area Altro copre il 43% dei risparmi totali, trattandosi di un intervento di ammodernamento di un intero stabilimento. L'informazione sui risparmi conseguiti è disponibile anche per un intervento nell'area Produzione da fonti rinnovabili, associato a 99 tep/anno di risparmio di energia primaria.

È stato possibile esaminare gli investimenti per 47 interventi, associati ad un investimento complessivo di quasi 4,8 milioni di Euro. La quota maggiore degli investimenti è relativa all'area Linee produttive (47% del totale), seguita da Aria compressa (27%).

Sulla base delle informazioni descritte sopra, è stato possibile calcolare il costo efficacia dei risparmi di energia finale, per 34 interventi: l'area con il migliore costo efficacia, nella quale il costo di risparmiare un tep di energia finale è minore, risulta essere Generale, dove sono presenti due interventi con un valore medio dell'indicatore particolarmente basso (670 Euro/tep); anche l'area Centrale Termica/Recuperi termici presenta un costo efficacia basso ma relativo ad un solo intervento, molto specifico del sito produttivo in esame.

Il numero degli interventi individuati è superiore a quello degli interventi effettuati, essendo pari a 380 interventi. Le aree di intervento prevalenti sono suddivise in due gruppi: Generale, Aria compressa e Illuminazione, con quote tra il 15% e il 14% del totale, seguite da Motori elettrici/Inverter, Aspirazione e Linee produttive, con quote tra l'11% e il 12%. Il risparmio potenziale di energia finale, disponibile per 310 interventi e pari a 7.270 tep/anno, risulta maggiore per l'area Linee produttive (35% del totale, pari a 2.562 tep/anno), seguita da Centrale termica/Recuperi termici con il 26% del totale (circa 1.928 tep/anno). L'informazione sui risparmi potenziali è disponibile anche per 28 interventi nelle aree Cogenerazione/Trigenerazione e Produzione da fonti rinnovabili, associati a 7.642 tep/anno di risparmio di energia primaria.

L'investimento, disponibile per 344 interventi, è pari in totale a circa 40,5 milioni di Euro e risulta maggiore per l'area Produzione da fonti rinnovabili (34% del totale), seguita da Linee produttive (22%) e Centrale termica/Recuperi termici (14%).

Sulla base di queste informazioni è stato calcolato il costo efficacia per 301 interventi con risparmi di energia finale. L'area di intervento con il migliore costo efficacia è Generale (2.630 Euro/tep), seguita da Centrale termica/Recuperi termici (3.460 Euro/tep) e Aria compressa (3.830 Euro/tep).

Inoltre, è stata svolta l'analisi di 339 interventi per cui è stato riportato in diagnosi il tempo di ritorno il tempo di ritorno semplice, rappresentativi di circa l'89% degli interventi associati a risparmi di energia finale. Risultano prevalenti le classi intermedie, con tempo di ritorno tra 3 e 5 anni e tra 5 e 10 anni, rispettivamente con il 25% e 29% del totale. La realizzazione degli interventi individuati con tempo di ritorno fino a 3 anni (131 interventi) implicherebbe il conseguimento di circa il 33% del risparmio annuo di energia finale (4,9 ktep/anno), a fronte di un investimento complessivo pari a circa 5,7 milioni di Euro (14% degli investimenti totali).

**Nell'ATECO 24.52.00 – Fusione di acciaio** l'analisi delle diagnosi energetiche ha consentito, oltre che di integrare e correggere le informazioni relative agli interventi caricati a portale, di aggiungere 23 interventi effettuati e 28 interventi individuati.

Gli interventi effettuati sono 32, con un terzo degli interventi relativi all'area Illuminazione, seguita da Linee produttive e Aria compressa con circa un quarto ciascuna. I risparmi di energia finale conseguiti sono disponibili soltanto per due interventi e risultano quindi trascurabili.

È stato possibile esaminare gli investimenti per 8 interventi, associati ad un investimento complessivo di circa 314.000 Euro. L'area Linee produttive rappresenta la metà degli investimenti, con l'altra metà quasi interamente coperta da Illuminazione.

Sulla base delle informazioni descritte sopra, è stato possibile calcolare il costo efficacia dei risparmi di energia finale soltanto per due interventi relativi a Illuminazione.

Il numero degli interventi individuati è superiore a quello degli interventi effettuati, essendo pari a 81 interventi. Le aree di intervento prevalenti risultano essere Generale e Motori elettrici/Inverter, con il 16% degli interventi, seguite da Aria compressa e Illuminazione, tra il 12% e il 14% del totale. Il risparmio potenziale di energia finale, disponibile per 48 interventi e pari a 1.103 tep/anno, risulta maggiore per l'area Linee produttive (35% del totale, pari a 392 tep/anno), seguita dalle aree Generale (26%, 285 tep/anno) e Centrale termica/Recuperi termici (18%, 203 tep/anno). L'informazione sui risparmi potenziali è disponibile anche per 8 interventi nell'area Produzione da fonti rinnovabili, associati a 453 tep/anno di risparmio di energia primaria.

L'investimento, disponibile per 53 interventi, è pari in totale a circa 4,8 milioni di Euro e risulta per quasi metà relativo all'area Produzione da fonti rinnovabili (44% del totale); l'area Centrale termica/Recuperi termici è la seconda per importanza, rappresentando l'11% del totale.

Sulla base di queste informazioni è stato calcolato il costo efficacia per 45 interventi con risparmi di energia finale. L'area di intervento con il migliore costo efficacia è Climatizzazione (810 Euro/tep), seguita da Aria compressa e Generale, con valori inferiori a 2.000 Euro/tep.

Inoltre, è stata svolta l'analisi di 44 interventi per cui è stato riportato in diagnosi il tempo di ritorno il tempo di ritorno semplice, rappresentativi di circa il 61% degli interventi associati a risparmi di energia finale. La classe con tempo di ritorno tra 5 e 10 risulta essere prevalente, con il 39% degli interventi. La realizzazione degli interventi individuati con tempo di ritorno fino a 3 anni (14 interventi) implicherebbe il conseguimento di circa il 32% del risparmio annuo di energia finale (0,3 ktep/anno), a fronte di un investimento complessivo pari a circa 203.000 Euro (8% degli investimenti totali).

Nei due ATECO **24.53.00 - Fusione di metalli leggeri** e **24.54.00 Fusione di altri metalli non ferrosi**, l'analisi delle diagnosi energetiche ha consentito, oltre che di integrare e correggere le informazioni relative agli interventi caricati a portale, di aggiungere 97 interventi effettuati e 145 interventi individuati.

Gli interventi effettuati sono 192, con la quota maggiore di interventi, pari al 26%, relativa all'area Illuminazione, seguita da Linee produttive (21%) e poi da Aria compressa (16%). I risparmi di energia finale

conseguiti sono disponibili per 42 interventi e pari a 1.250 tep/anno: l'area Linee produttive risulta associata a più di metà dei risparmi (56% del totale, pari a 704 tep/anno), seguita da Illuminazione (14%, 171 tep/anno) e poi da Aria compressa (11%, 137 tep/anno). L'informazione sui risparmi conseguiti è disponibile anche per un intervento nell'area Produzione da fonti rinnovabili, associato a 30 tep/anno di risparmio di energia primaria.

È stato possibile esaminare gli investimenti per 56 interventi, associati ad un investimento complessivo di circa 8 milioni di Euro. La quota maggiore degli investimenti è di gran lunga relativa all'area Linee produttive (62% del totale), seguita da Illuminazione (12%).

Sulla base delle informazioni descritte sopra, è stato possibile calcolare il costo efficacia dei risparmi di energia finale, per 35 interventi: l'area con il migliore costo efficacia, nella quale il costo di risparmiare un tep di energia finale è minore, risulta essere Climatizzazione (2.890 Euro/tep), seguita da Aria compressa (3.470 Euro/tep).

Il numero degli interventi individuati è superiore a quello degli interventi effettuati, essendo pari a 580 interventi. Le aree di intervento prevalenti risultano essere Generale, con il 18% degli interventi, e Aria compressa, con il 17% del totale. Di importanza rilevante anche le aree Motori elettrici/Inverter e Produzione da fonti rinnovabili, rispettivamente con il 10% e 9% del totale. Il risparmio potenziale di energia finale, disponibile per 390 interventi e pari a 4.986 tep/anno, risulta maggiore per l'area Generale (22% del totale, pari a 1.115 tep/anno), seguita dalle aree Aria compressa e Linee produttive, entrambe rappresentative del 19% del totale (circa 940 tep/anno). L'informazione sui risparmi potenziali è disponibile anche per 56 interventi nelle aree Cogenerazione/Trigenerazione e Produzione da fonti rinnovabili, associati a 15.476 tep/anno di risparmio di energia primaria.

L'investimento, disponibile per 452 interventi, è pari in totale a circa 39,3 milioni di Euro e risulta maggiore per le aree Produzione da fonti rinnovabili (32% del totale) e Cogenerazione/Trigenerazione (28%), seguite da Linee produttive (11%).

Sulla base di queste informazioni è stato calcolato il costo efficacia per 376 interventi con risparmi di energia finale. L'area di intervento con il migliore costo efficacia è Centrale termica/Recuperi termici (1.200 Euro/tep), seguita da Generale (2.015 Euro/tep) e Aria compressa (3.000 Euro/tep).

Inoltre, è stata svolta l'analisi di 390 interventi per cui è stato riportato in diagnosi il tempo di ritorno il tempo di ritorno semplice, rappresentativi di circa il 75% degli interventi associati a risparmi di energia finale. Le prime due classi, con tempo di ritorno inferiore a un anno e tra 1 e 2 anni, coprono ognuna poco più del 20% del totale; una quota analoga di interventi si trova nella classe con tempo di ritorno tra 3 e 5 anni. La realizzazione degli interventi individuati con tempo di ritorno fino a 3 anni (230 interventi) implicherebbe il conseguimento di circa il 65% del risparmio annuo di energia finale (3 ktep/anno), a fronte di un investimento complessivo pari a circa 3,5 milioni di Euro (23% degli investimenti totali).

#### 6.4.3 Sintesi schede settore incenerimento rifiuti

Nei codici ATECO relativi all'incenerimento rifiuti, l'analisi delle diagnosi energetiche ha consentito, oltre che di integrare e correggere le informazioni relative agli interventi caricati a portale, di aggiungere 50 interventi effettuati e 23 interventi individuati, arricchendo quindi il campione esaminato.

Gli interventi effettuati sono 54, con la quota maggiore di interventi, pari al 24%, relativa all'area Illuminazione, seguita da Motori elettrici/Inverter (17%) e poi da Climatizzazione (15%). I risparmi di energia finale conseguiti sono disponibili per 20 interventi e pari a 1.922 tep/anno: l'area Centrale termica/Recuperi termici risulta associata a quasi i tre quarti dei risparmi (73% del totale, pari a 1.411 tep/anno), seguita da Motori elettrici/Inverter (13%, 259 tep/anno). Non essendo riportati interventi effettuati nelle aree Produzione da fonti rinnovabili e Cogenerazione/Trigenerazione, non si rilevano risparmi di energia primaria. È stato possibile esaminare gli investimenti per 10 interventi, associati ad un investimento complessivo di circa 585.000 Euro. La quota maggiore degli investimenti è relativa all'area Illuminazione (70% del totale).

Sulla base delle informazioni descritte sopra, è stato possibile calcolare il costo efficacia dei risparmi di energia finale ma soltanto per 6 interventi: la media del costo efficacia, relativa alle aree Climatizzazione, Illuminazione e Motori elettrici/Inverter, risulta essere quasi 4.000 Euro/tep.

Gli interventi individuati sono 52, un numero analogo a quello degli interventi effettuati. Le aree di intervento prevalenti sono rappresentate da Generale, Illuminazione e Motori elettrici/Inverter, con un numero di interventi tra 10 e 12 (tra il 19% e 23% del totale). Il risparmio potenziale di energia finale, disponibile per 42 interventi e pari a 3.613 tep/anno, risulta attribuibile per più di metà all'area Centrale termica/Recuperi termici (77% del totale, pari a 2.792 tep/ anno), seguita da Aspirazione, Generale, Illuminazione, Linee produttive e Motori elettrici/Inverter, ognuna con quote intorno al 4% del totale (circa 150 tep/anno). L'informazione sui risparmi potenziali è disponibile anche per un intervento nell'area Produzione da fonti rinnovabili, associato a 28 tep/anno di risparmio di energia primaria.

L'investimento, disponibile per 43 interventi, è pari in totale a circa 3,5 milioni di Euro, e risulta maggiore per l'area Illuminazione (32% del totale), seguita da Aspirazione (23%) e Motori elettrici/Inverter (12%).

Sulla base di queste informazioni è stato calcolato il costo efficacia per 38 interventi con risparmi di energia finale. L'area di intervento con il migliore costo efficacia è Aspirazione, con un valore di circa 1.200 Euro/tep; anche Centrale termica/Recuperi termici e Linee produttive hanno buoni valori dell'indicatore, intorno a 2.000 Euro/tep.

Inoltre, è stata svolta l'analisi di 39 interventi per cui è stato riportato in diagnosi il tempo di ritorno semplice, rappresentativi di circa il 75% degli interventi associati a risparmi di energia finale. Risultano prevalenti le classi intermedie, con tempo di ritorno tra 3 e 5 anni e tra 5 e 10 anni, rispettivamente con 9 e 11 interventi (23% e 28% del totale). La realizzazione degli interventi individuati con tempo di ritorno fino a 3 anni (16 interventi) implicherebbe il conseguimento di circa il 17% del risparmio annuo di energia finale (0,4 ktep/anno), a fronte di un investimento complessivo pari a circa 755.000 Euro (23% degli investimenti totali).

## 7. Linee guida settoriali

Come previsto dal progetto presentato anche in questa terza annualità sono state messe a sistema le diverse attività del WP4 per realizzare tre linee guida settoriali. In particolare i settori analizzati sono stati:

- Settore Incenerimento rifiuti;
- Settore delle Fonderie;
- Settore Farmaceutico.

Per la realizzazione di ciascuna linea guida sono state coinvolte le relative associazioni di categoria ed in alcuni casi esperti del settore, in particolare sono state coinvolte:

- UTILITALIA per settore dell'Incenerimento dei rifiuti;
- ASSOFOND per il settore delle Fonderie;
- FARMINDUSTRIA per il settore Farmaceutico.

### 7.1. Approccio metodologico

La realizzazione delle linee guida ha visto coinvolti diversi attori coordinati da ENEA, tra questi le associazioni di Categoria di volta in volta coinvolte e l'Università di Firenze.

In particolare, ENEA, partendo dalle diagnosi energetiche presenti all'interno del portale, ne ha analizzato le informazioni principali relative:

- al processo produttivo;
- ai relativi consumi energetici al fine di individuare lì dove possibile degli indici di prestazione energetica specifici del settore e del singolo processo come visto nei capitoli 4 e 5;
- alle soluzioni tecnologiche effettuate e proposte per migliorare le performance energetiche del sito (capitolo 6).

Le informazioni aggregate relative alle fasi del processo produttivo dello specifico settore, insieme all'elenco delle soluzioni tecnologiche di efficientamento energetico individuate in diagnosi sono state condivise con l'Università di Firenze, che le ha integrate, attraverso una analisi bibliografica, con le soluzioni tecnologiche presenti in letteratura tecnica e scientifica, al fine di proporre per ogni macroprocesso un elenco di soluzioni che potrebbero essere prese in considerazione dall'auditor per svolgere delle analisi di fattibilità. Parallelamente ENEA ha analizzato i dati, presenti in diagnosi, relative agli interventi con un approccio statistico-economico (capitolo 6).

Le analisi sopra descritte hanno visto diversi step di avanzamento, che hanno portato a raffinare e migliorarne i risultati. Questi step sono concisi con gli incontri periodici (tipicamente mensili) con le associazioni di categoria sia per confrontarsi sulla congruità dei risultati raggiunti che per richiedere eventualmente ulteriori informazioni (anche attraverso questionari appositamente sviluppati), documenti specifici di settore e quanto eventualmente ritenuto utile.

A conclusione di questo processo iterativo sono state redatte le differenti Linee Guida, tutte con una personalizzazione grafica per distinguere i diversi settori analizzati e tutte quante conformi ai requisiti di accessibilità.

In Figura 101 viene mostrato un diagramma di flusso semplificato del processo che ha portato alla redazione delle linee guida settoriali.

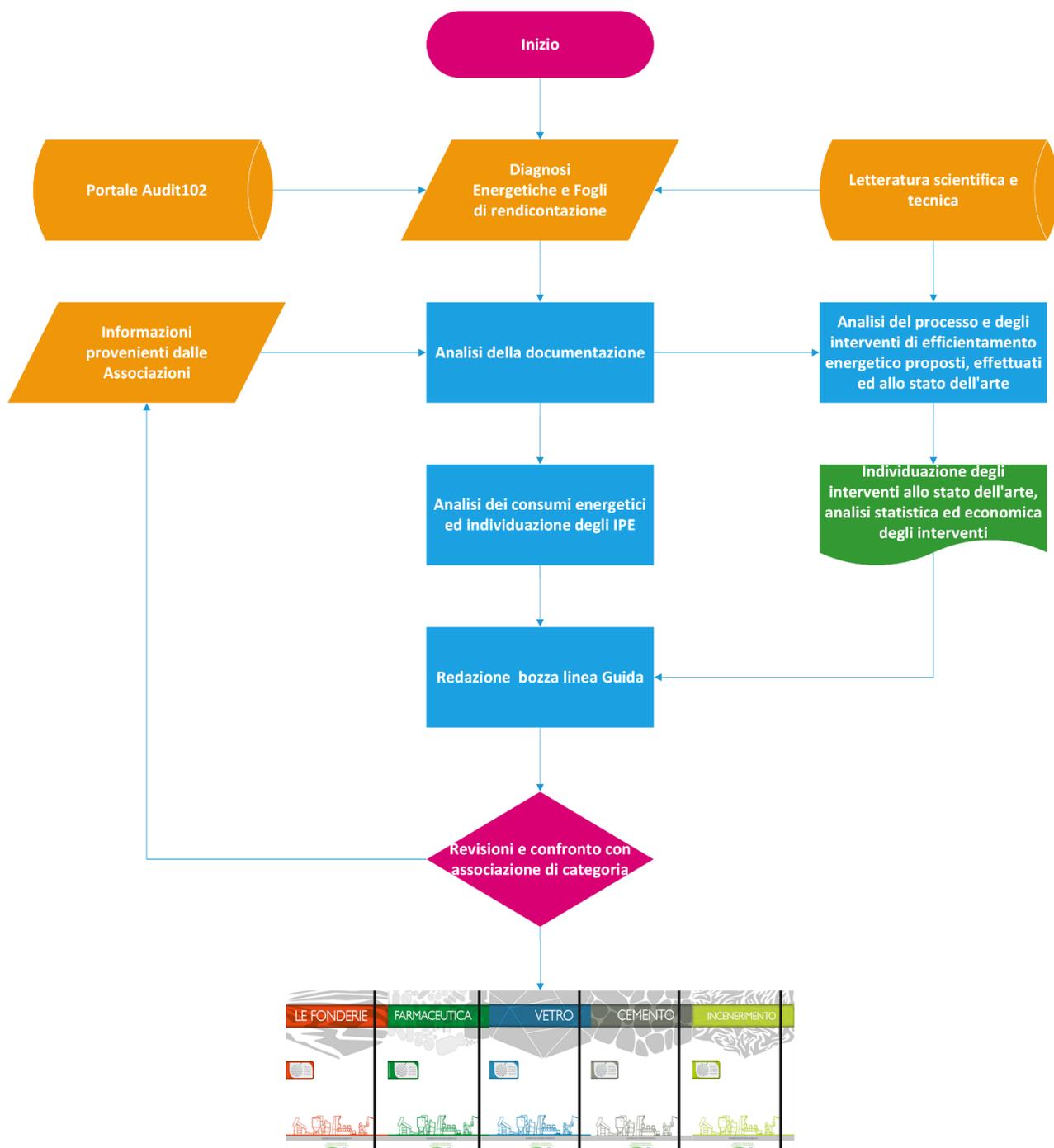


Figura 101 – Diagramma Flusso metodologia redazione linee guida

In particolare all'interno di ciascun documento oltre a fornire una descrizione di come dovrebbe essere realizzato un rapporto di diagnosi energetica, così come descritto nelle "Linee Guida ENEA" [8], si entra nello specifico del settore è quindi possibile trovare:

- Una panoramica generale del settore;
- La suddivisione per aree funzionali ed all'interno di queste: le varie fasi del processo, i principali servizi ausiliari e generale;
- Una ripartizione dei consumi tra le differenti aree funzionali;
- Gli indici di Prestazione Energetica (IPE) di primo e secondo livello;

- Un'ampia panoramica delle soluzioni tecnologiche suddivise per area funzionale e specifico reparto che possono essere prese in considerazione nella fase di proposizione degli interventi di efficientamento energetico.
- Una descrizione dei principali interventi che sono stati attuati e proposti nelle diagnosi energetiche passate, corredate anche di alcuni parametri economici come il tempo di ritorno medio degli interventi.

## 7.2. Incenerimento



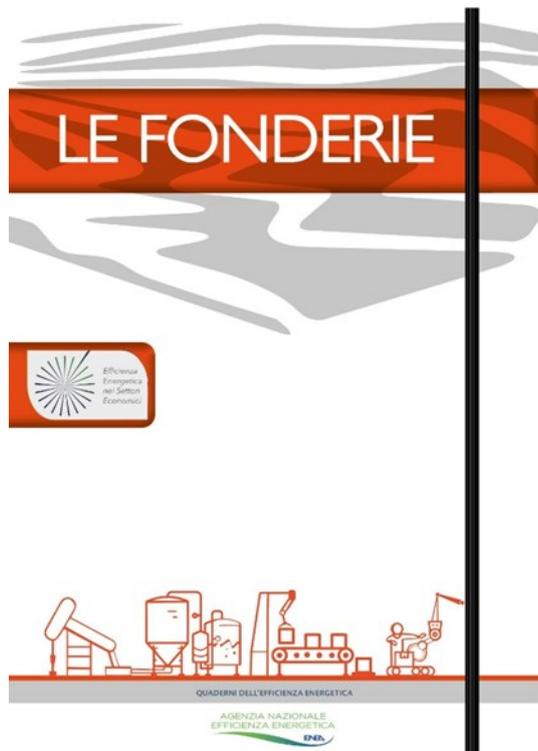
La linea guida "Incenerimento", dopo una parte introduttiva dove viene presentata la collana dei "Quaderni dell'efficienza energetica" di cui fa parte anche questo volume, una prefazione a cura dell'associazione di categoria ed un inquadramento normativo, è così strutturata:

- Una panoramica nazionale sull'incenerimento dei rifiuti (capitolo 3).
- La metodologia utilizzata per l'analisi dei dati di consumo energetico e l'individuazione degli IPE di primo e secondo livello (capitolo 4).
- Consigli su come redigere una diagnosi energetica nel settore dell'incenerimento dei rifiuti (capitolo 5).
- Analisi dei consumi energetici del settore, dove vengono illustrati i risultati ottenuti dall'analisi delle diagnosi energetiche (capitolo 6). In particolare, viene riportato:
  - o La distribuzione dei consumi energetici suddivisi tra termico ed elettrico, tra le diverse aree funzionali, tra le diverse fasi principali del processo produttivo;
  - o Gli indici di prestazione energetica generali (IPE di primo livello) riferiti ai consumi (elettrico e termico) ed alle produzioni;
  - o Gli indici di prestazione energetica specifici o di secondo livello che vengono calcolati per le principali fasi del processo produttivo e per le diverse tipologie di vettore energetico.
- Elenco degli interventi di efficientamento energetico effettuabili, ricavati sia dall'analisi delle diagnosi energetiche che dallo studio della letteratura tecnica e scientifica (capitolo 7). Scopo della

sezione è di fornire un elenco il più completo possibile delle soluzioni tecnologiche che allo stato dell'arte potrebbero essere considerate per l'efficiamento energetico del sito.

- Analisi statistica ed economica degli interventi di efficientamento energetico realizzati e proposti riportati in diagnosi energetica (capitolo 8).

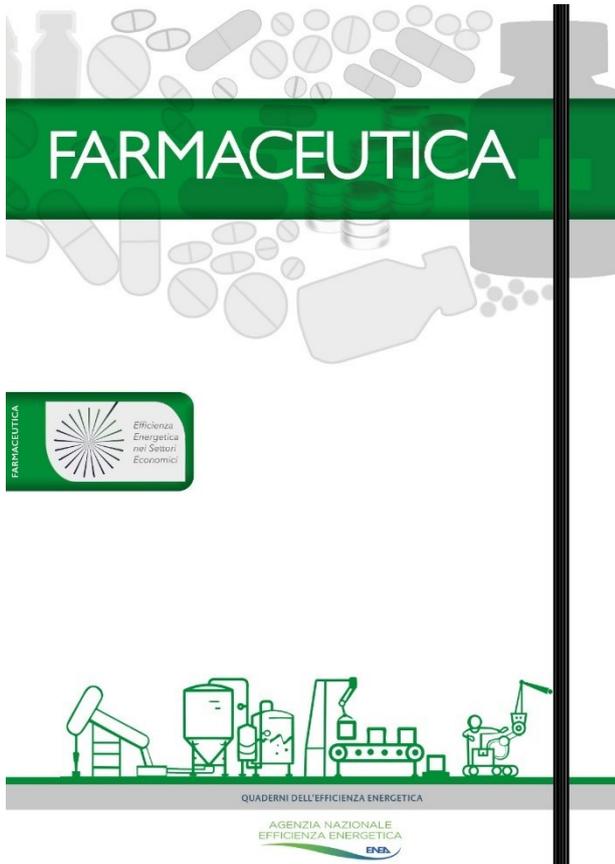
### 7.3. Fonderie



La linea guida “Fonderie”, dopo una parte introduttiva dove viene presentata la collana dei “Quaderni dell’efficienza energetica” di cui fa parte anche questo volume, una prefazione a cura dell’associazione di categoria ed un inquadramento normativo, è così strutturata:

- Una panoramica sul settore delle fonderie, un’analisi dei differenti processi produttivi e delle diverse tipologie di metalli lavorati (capitolo 3).
- La metodologia utilizzata per l’analisi dei dati di consumo energetico e l’individuazione degli IPE di primo e secondo livello (capitolo 4).
- Consigli su come redigere una diagnosi energetica nel settore delle fonderie (capitolo 5).
- Analisi dei consumi energetici del settore suddivisi per sottogruppo ATECO, dove vengono illustrati i risultati ottenuti dall’analisi delle diagnosi energetiche (capitoli 6 e 7). In particolare, viene riportato:
  - o La distribuzione dei consumi energetici suddivisi tra termico ed elettrico, tra le diverse aree funzionali, tra le diverse fasi principali del processo produttivo;
  - o Gli indici di prestazione energetica generali (IPE di primo livello) riferiti ai consumi (elettrico e termico) ed alle produzioni;
  - o Gli indici di prestazione energetica specifici o di secondo livello che vengono calcolati per le principali fasi del processo produttivo e per le diverse tipologie di vettore energetico.
- Elenco degli interventi di efficientamento energetico effettuabili, ricavati sia dall’analisi delle diagnosi energetica che dallo studio della letteratura tecnica e scientifica (capitolo 8). Scopo della sezione è di fornire un elenco il più completo possibile delle soluzioni tecnologiche che allo stato dell’arte potrebbero essere considerate per l’efficientamento energetico del sito.
- Analisi statistica ed economica degli interventi di efficientamento energetico realizzati e proposti riportati in diagnosi energetica (capitolo 9).

## 7.4. Industria Farmaceutica



La linea guida “FARMACEUTICA”, dopo una parte introduttiva dove viene presentata la collana dei “Quaderni dell’efficienza energetica” di cui fa parte anche questo volume, una prefazione a cura dell’associazione di categoria ed un inquadramento normativo, è così strutturata:

- Una panoramica sul settore dell’industria farmaceutica (capitolo 3).
- La metodologia utilizzata per l’analisi dei dati di consumo energetico e l’individuazione degli IPE di primo e secondo livello (capitolo 4).
- Consigli su come redigere una diagnosi energetica nel settore farmaceutico (capitolo 5).
- Analisi dei consumi energetici del settore, dove vengono illustrati i risultati ottenuti dall’analisi delle diagnosi energetiche (capitolo 6). In particolare, viene riportato:
  - o La distribuzione dei consumi energetici suddivisi tra termico ed elettrico, tra le diverse aree funzionali, tra le diverse fasi principali del processo produttivo;
  - o Gli indici di prestazione energetica generali (IPE di primo livello);
  - o Gli indici di prestazione energetica specifici o di secondo livello che vengono calcolati per le principali fasi energivore e per le diverse tipologie di vettore energetico.
- Elenco degli interventi di efficientamento energetico effettuabili, ricavati sia dall’analisi delle diagnosi energetica che dallo studio della letteratura tecnica e scientifica (capitolo 7). Scopo della sezione è di fornire un elenco il più completo possibile delle soluzioni tecnologiche che allo stato dell’arte potrebbero essere considerate per l’efficientamento energetico del sito.
- Analisi statistica ed economica degli interventi di efficientamento energetico realizzati e proposti riportati in diagnosi energetica (capitolo 8).

## 8. Risultati del Tool per l'autovalutazione della maturità energetica

### 8.1. Descrizione Generale del tool

Nel febbraio 2021 è stato licenziato sul portale AUDIT102 il tool per l'autovalutazione della maturità energetica (Figura 102).

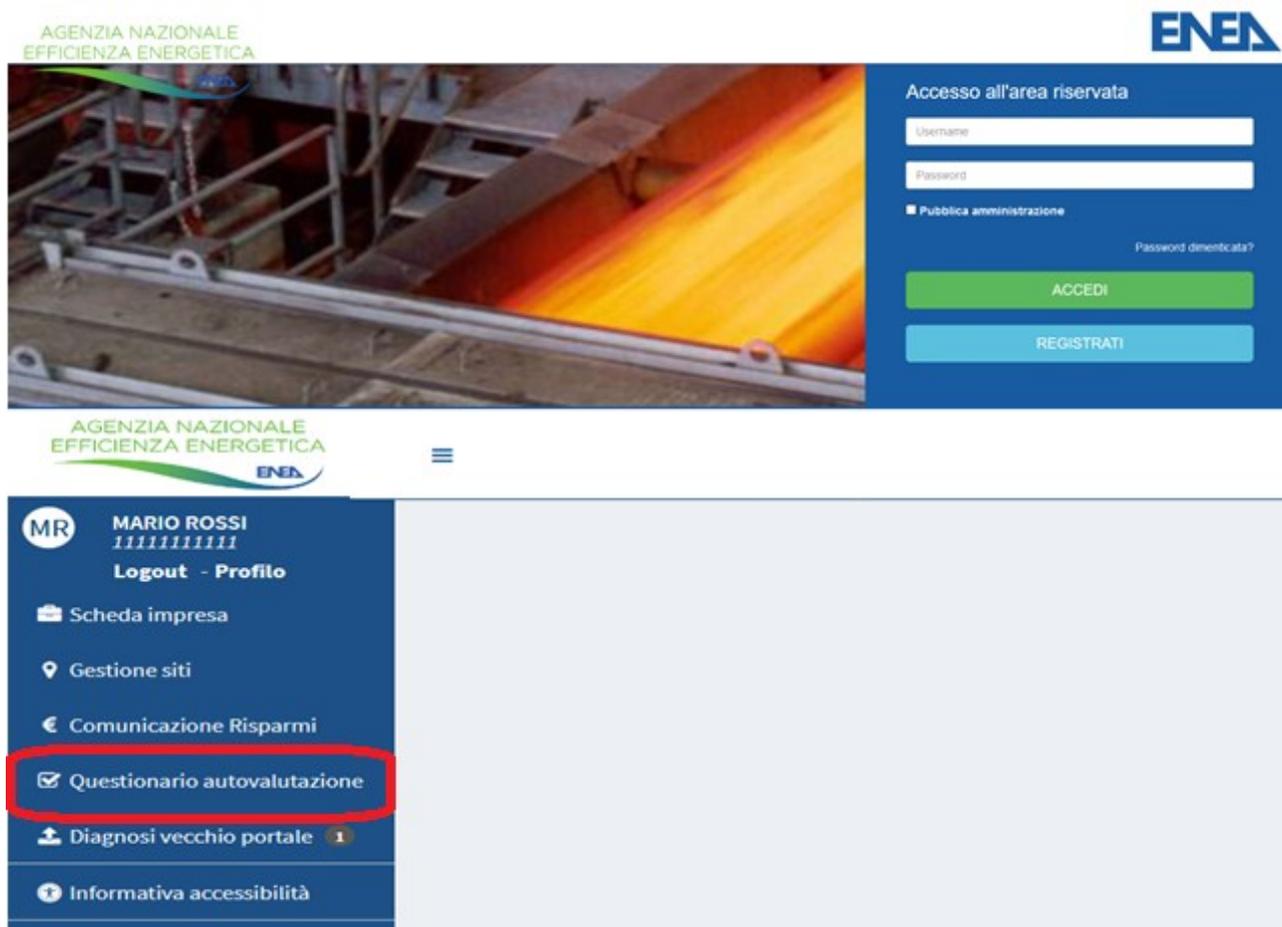


Figura 102 - Il Questionario di autovalutazione della maturità energetica

Il tool attraverso un questionario di 48 domande permette all'organizzazione aziendale di valutare il proprio livello di maturità nell'affrontare il tema dell'energia<sup>7</sup>. Al termine del questionario il tool di autovalutazione della maturità energetica presente sul portale AUDIT102 permette di scaricare un report così strutturato:

- i dati generali dell'impresa e gli anni di confronto, una introduzione che guida alla lettura dei risultati (Figura 103);
- l'indice di maturità con un'analisi del trend di maturità e della situazione attuale (Figura 104);
- l'analisi di copertura dei livelli di maturità (Figura 105);
- l'analisi dello sviluppo delle dimensioni della maturità (Figura 106);

<sup>7</sup> Maggiori dettagli relativi al Questionario di autovalutazione della maturità energetica sono presenti sul report di Ricerca di Sistema (2019) "Definizione del modello di analisi dei trend di sviluppo della maturità nella gestione energetica e degli indicatori di efficienza energetica" redatto dall'Università di Tor Vergata [https://www.enea.it/it/Ricerca\\_sviluppo/documenti/ricerca-di-sistema-elettrico/adp-mise-enea-2019-2021/efficienza-energetica-dei-prodotti-e-dei-processi-industriali/report-rds\\_ptr2019\\_077.pdf](https://www.enea.it/it/Ricerca_sviluppo/documenti/ricerca-di-sistema-elettrico/adp-mise-enea-2019-2021/efficienza-energetica-dei-prodotti-e-dei-processi-industriali/report-rds_ptr2019_077.pdf)

- suggerimenti per un piano d'azione (Figura 107).

**Questionario di autovalutazione di TEST TECNICO**

Partita IVA: **2222222222**

Codice Fiscale: **2222222222**

Indirizzo sede legale: **via delle vei 50 - 00100, Arzene(PN)**

Anno precedente: **2015**

Anno attuale: **2021**

Data compilazione: **16/03/2021**

### **Il tool per la valutazione della Maturità nella Gestione dell'Energia**

Il tool per la valutazione della Maturità nella Gestione dell'Energia è uno strumento sviluppato dall'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" in collaborazione con ENEA, nell'ambito di Ricerca di Sistema (Accordo di Programma MiSE-ENEA 2019-2021, Tema di ricerca 1.6 - WP4 "Definizione di best practices e di indicatori di performance per interventi di efficienza energetica").

La compilazione del questionario di maturità permette l'assessment delle pratiche di gestione dell'energia, e la definizione di una roadmap per il miglioramento dell'efficienza energetica nel proprio sito.

L'analisi si basa su 48 domande che riguardano diversi aspetti dell'organizzazione quali:

- Approccio strategico - Fondamentale per assicurare il successo dello sviluppo di sistemi di gestione dell'energia è il sostegno da parte dell'alta direzione e questa prima dimensione rappresenta questo aspetto.
- Consapevolezza, conoscenza e competenza - L'aspetto umano ha una valenza basilare nella gestione aziendale. Le conoscenze e competenze possedute dalle risorse dell'azienda sono fondamentali per permettere all'azienda stessa di crescere e raggiungere gli obiettivi di miglioramento che si pone di volta in volta.
- Approccio metodologico - Questa dimensione riguarda la definizione dell'approccio utilizzato per affrontare la questione della gestione dell'energia e della riduzione dei consumi energetici.
- Struttura Organizzativa - Questa dimensione riguarda le relazioni interne all'organizzazione necessarie a sviluppare la gestione dell'energia e come sono definiti e coordinati i compiti assegnati nell'impresa.
- Gestione delle prestazioni energetiche e Sistema Informativo - Un elemento

Figura 103 Report "Questionario Maturità": Pagina iniziale con intestazione dell'azienda e anni di riferimento e introduzione con guida alla lettura dei risultati



**Indice di maturità**

	Precedente (2015)	Attuale (2021)
<b>Indice di maturità</b>	<b>1,8</b>	<b>3,9</b>

**Analisi di trend**

L'indicatore sintetico di maturità è un numero, compreso tra 1 e 5, che sintetizza il livello di maturità dell'organizzazione nella gestione dei consumi energetici.

Sono definiti due valori: il primo rappresentativo della situazione precedente alla conduzione della diagnosi energetica del 2015, il secondo rappresentativo della situazione attuale.

Analizzando quindi i due risultati ottenuti nelle due situazioni, si evidenzia che la gestione dell'energia all'interno del sito abbia subito una grande variazione negli anni, confermando uno sviluppo molto marcato nel percorso di efficientamento.

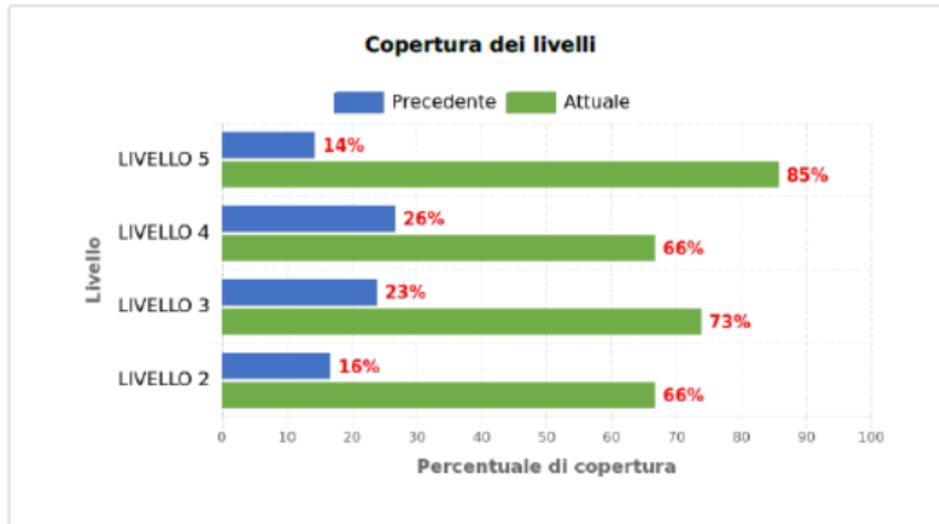
**Analisi della situazione attuale**

Il risultato ottenuto indica che l'impresa si trova ora ad un livello di maturità alquanto sviluppato.

L'organizzazione sviluppare la propria strategia individuando specifici obiettivi in relazione alla riduzione dei costi energetici e si sta orientando verso lo sviluppo di un vero e proprio Sistema di Gestione dell'Energia.

Figura 104 - Report "Questionario Maturità": indice di maturità, analisi di trend e analisi della situazione attuale

**Analisi di copertura dei livelli di maturità**



Il grado di copertura dei diversi livelli viene rappresentato attraverso un istogramma per poter valutare diverse situazioni in termini di copertura dei requisiti associati ai differenti livelli. Sono definiti due valori: il livello di copertura relativo alla situazione precedente alla conduzione della diagnosi energetica del 2015 (Precedente) e quello relativo alla situazione attuale (Attuale).

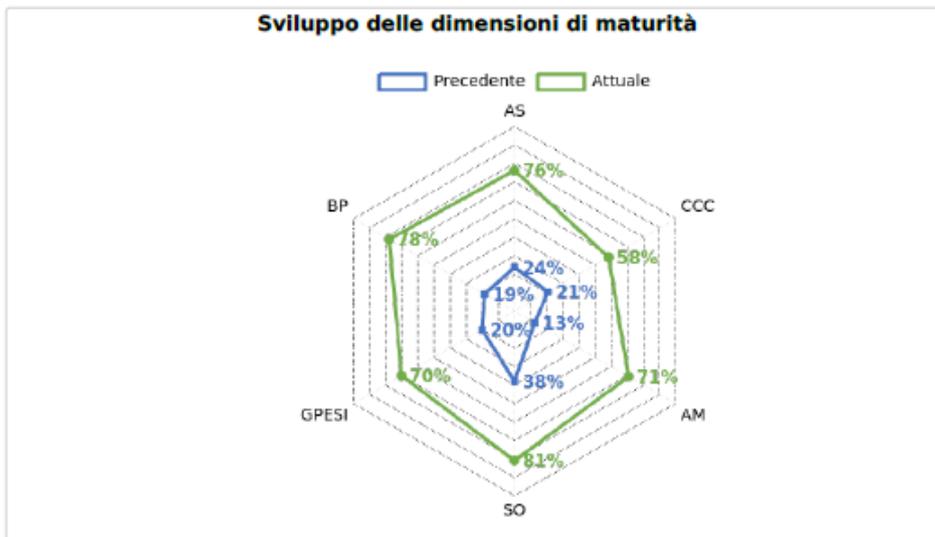
Dall'analisi del grado di copertura dei diversi livelli appare uno sviluppo non armonico: il livello 3 è stato ampiamente sviluppato ben prima del consolidamento del livello precedente.

Dall'analisi del grado di copertura dei diversi livelli appare uno sviluppo non armonico: il livello 4 è stato ampiamente sviluppato ben prima del consolidamento del livello precedente.

Dall'analisi del grado di copertura dei diversi livelli appare uno sviluppo non armonico: il livello 5 è stato ampiamente sviluppato ben prima del consolidamento del livello precedente.

Figura 105 - Report "Questionario Maturità": Analisi di copertura dei livelli di maturità

**Analisi dello sviluppo delle dimensioni di maturità**



**Legenda**

- AS: Approccio strategico
- CCC: Consapevolezza Competenza Conoscenza
- AM: Approccio metodologico
- SO: Struttura organizzativa
- GPESI: Gestione prestazioni energetiche e sistema informativo
- BP: Best practices

Lo sviluppo della maturità nelle diverse dimensioni viene rappresentato attraverso da un diagramma RADAR che illustra lo sviluppo percentuale della maturità in funzione delle 6 dimensioni. In questo modo, si può valutare meglio come il singolo valore di maturità sia stato raggiunto e determinare quindi quali sono le aree più deboli per l’organizzazione dal punto di vista della gestione dell’energia evidenziando come siano variate nel corso del tempo e comprendere dove dover concentrare gli sforzi per migliorare. Sono definiti due valori: il grado di sviluppo delle differenti dimensioni in relazione alla situazione precedente alla conduzione della diagnosi energetica del 2015 (Precedente) ed in relazione a quella attuale (Attuale).

L’analisi dello sviluppo delle diverse dimensioni ha accertato un lieve sbilanciamento nello sviluppo delle diverse dimensioni.

Figura 106 - Report “Questionario Maturità”: Analisi dello sviluppo delle dimensioni della maturità

Questo sviluppo diseguale nelle diverse dimensioni sottolinea la necessità di agire con attenzione sulle dimensioni meno sviluppate. Quest'azione si rivela decisamente necessaria in quanto solitamente lo sviluppo elevato di alcune dimensioni può risultare poco efficace se non accompagnato da uno sviluppo adeguato delle altre.

---

#### **Suggerimenti per un piano d'azione**

Per quanto concerne i futuri sviluppi nella gestione energetica del sito, si suggerisce di concentrare l'attenzione prima di tutto nel consolidamento del livello 2 (raggiungendo una percentuale di copertura pari al 100%) prima di continuare a sviluppare il livello 3.

Per quanto concerne i futuri sviluppi nella gestione energetica del sito, si suggerisce di concentrare l'attenzione prima di tutto nel consolidamento del livello 3 (raggiungendo una percentuale di copertura pari al 100%) prima di continuare a sviluppare il livello 4.

Per quanto concerne i futuri sviluppi nella gestione energetica del sito, si suggerisce di concentrare l'attenzione prima di tutto nel consolidamento del livello 4 (raggiungendo una percentuale di copertura pari al 100%) prima di continuare a sviluppare il livello 5.

Per quanto concerne lo sviluppo delle diverse dimensioni della maturità, come prossimo passo nello sviluppo della gestione dell'energia del sito si suggerisce di concentrare l'attenzione sulle seguenti dimensioni:

- Consapevolezza Competenza Conoscenza

Figura 107 - Report "Questionario Maturità": Suggerimenti per un piano d'azione

## **8.2. Risultati aggregati del Tool**

Da marzo 2021 a dicembre 2022 il tool è stato utilizzato da 343 aziende che hanno compilato tutte le domande del questionario e scaricato il relativo report.

L'analisi aggregata dei dati delle 343 aziende mostra mediamente un netto miglioramento del livello di consapevolezza nella gestione dell'energia all'interno dell'organizzazione aziendale. In Figura 108 è mostrato il confronto della distribuzione tra l'indice di maturità globale valutato nel 2015 e quello valutato allo stato attuale, si passa infatti da un valor medio dell'indice di 2,27 nel 2015 a 3,19 nel 2021. Tale risultato mostra come le politiche di incentivo all'efficienza energetica abbiano ottenuto degli ottimi risultati, rendendo più consapevoli ed attente le imprese sul tema del controllo e gestione dell'energia. In particolare, il diagramma "radar" di Figura 109 mostra come questa crescita sia stata mediamente omogenea rispetto alle 6 dimensioni dell'efficienza: Approccio metodologico, Approccio Strategico, Best Practices, consapevolezza/competenza/conoscenza, Gestione delle prestazioni energetiche e struttura organizzativa. Maggiori dettagli in merito al Tool ed ai risultati settoriali conseguiti sono consultabili sui report presentati dall'Università di Tor Vergata per all'interno del progetto 1.6 - WP4<sup>8</sup>.

---

<sup>8</sup> [https://www.enea.it/it/Ricerca\\_sviluppo/documenti/ricerca-di-sistema-elettrico/adp-mise-enea-2019-2021/](https://www.enea.it/it/Ricerca_sviluppo/documenti/ricerca-di-sistema-elettrico/adp-mise-enea-2019-2021/)

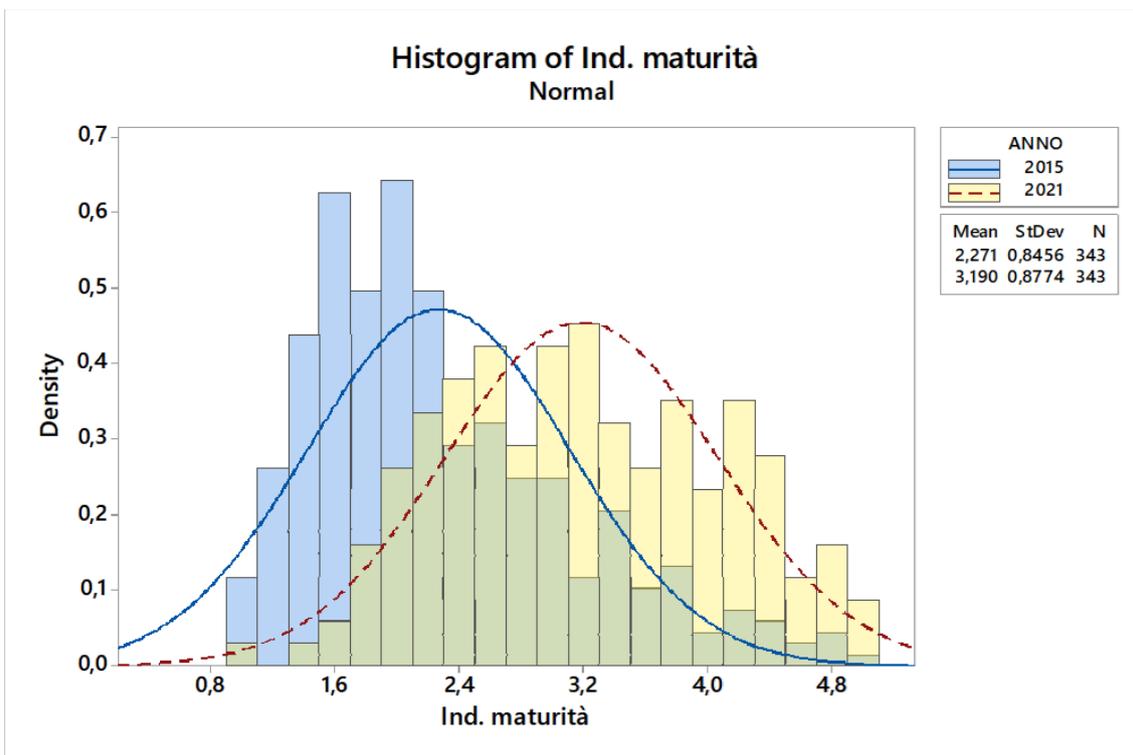


Figura 108 - Confronto tra la distribuzione dell'indice di maturità globale nel 2015 e dopo il secondo ciclo di diagnosi energetiche (2021)

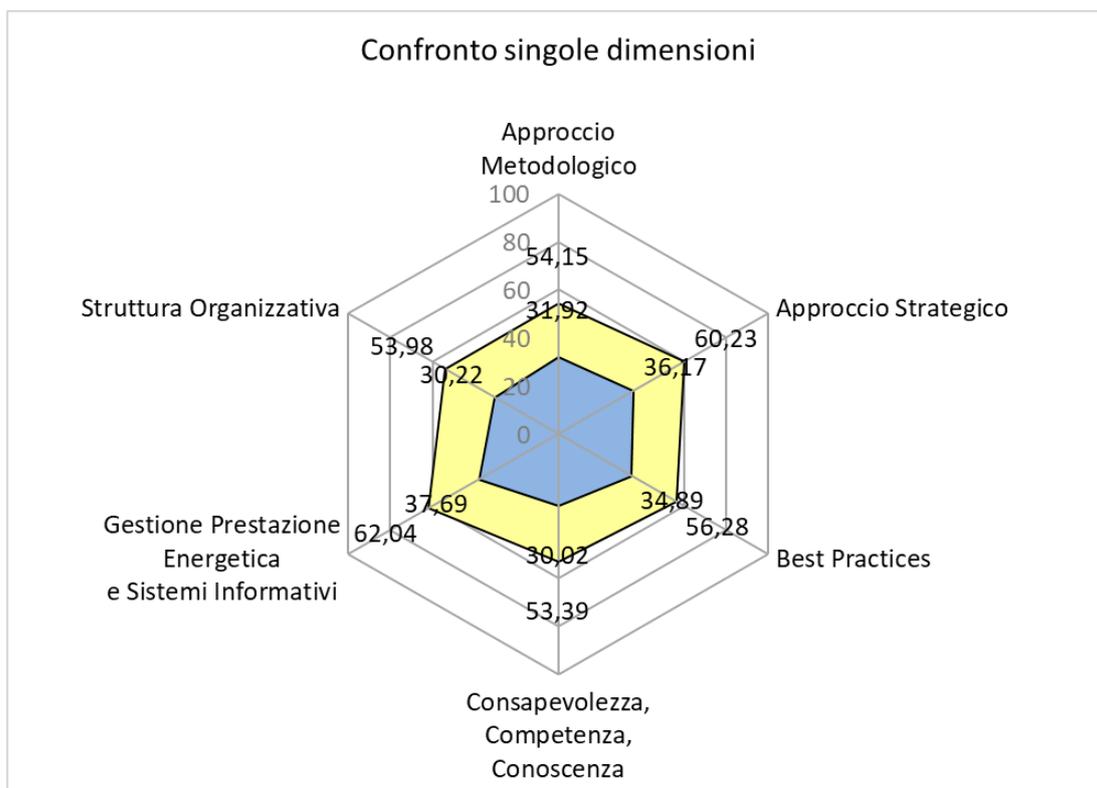


Figura 109 - Confronto tra il livello di copertura delle singole dimensioni nel 2015 e dopo il secondo ciclo di diagnosi energetiche (2021)

## 9. Il tool di energy management

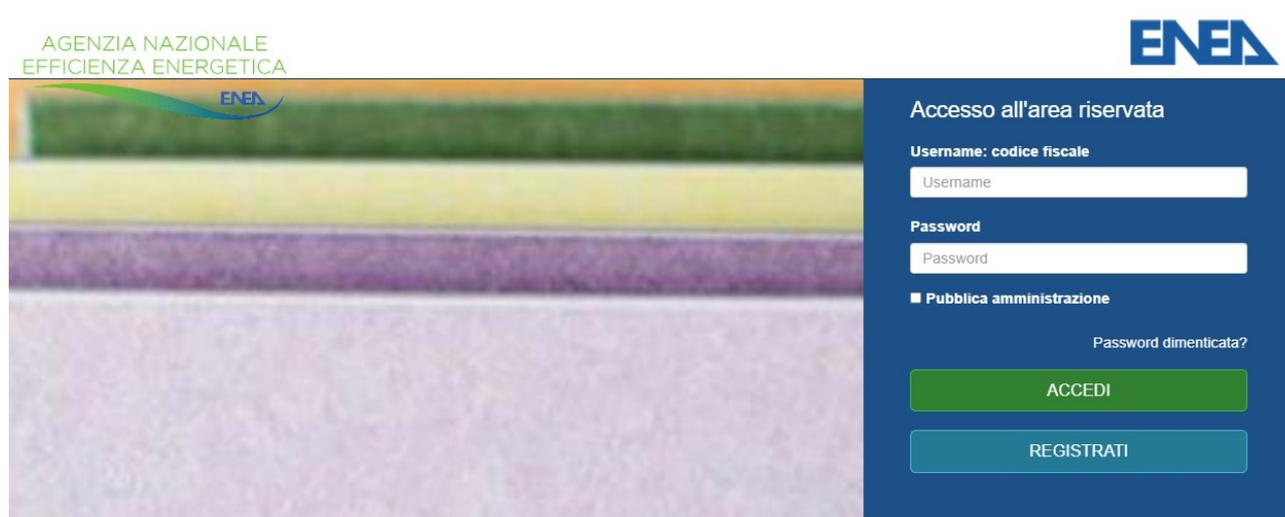
All'interno della terza annualità è stato realizzato un tool che per semplicità chiameremo di "Energy Management", che ha lo scopo di fornire una serie di strumenti alle aziende che cominciano ad approcciarsi alla gestione dell'energia e che vogliono avere un ausilio alla redazione della diagnosi energetica.

Il tool, infatti, si interfaccia con il portale Audit 102, con il quale può scambiare dati. Nel caso in cui un utente responsabile di un'azienda soggetta all'obbligo di diagnosi, così come previsto dal D.Lgs. 102/2014 e suoi aggiornamenti successivi, voglia cominciare ad utilizzare il tool di Energy Management, egli potrà importare direttamente dal portale AUDIT102 tutte le informazioni relative ai siti che sono stati sottoposti a diagnosi e allo stesso modo potrà precaricare direttamente dal tool su portale AUDIT 102 le informazioni sia anagrafiche che energetiche relative ai siti che sta gestendo. Inoltre, un'azienda multisito utilizzando il tool potrà generare in automatico il documento di clusterizzazione e inviarlo al portale Audit102.

Inoltre, il tool se utilizzato in tutti i suoi moduli può produrre una serie di documentazione che può essere utile alla redazione di un rapporto di diagnosi energetica

### 9.1. L'interfaccia

Il tool è accessibile dal portale audit 102 (Figura 110), previa registrazione. Chi è già in possesso delle credenziali in quanto referente di un soggetto obbligato può accedere al tool con le medesime credenziali.



The image shows a screenshot of the Audit102 login interface. On the left, there is a banner with the ENEA logo and the text "AGENZIA NAZIONALE EFFICIENZA ENERGETICA". On the right, there is a dark blue sidebar with the ENEA logo at the top. Below the logo, the text "Accesso all'area riservata" is displayed. Underneath, there are two input fields: "Username: codice fiscale" and "Password". Below the password field, there is a checkbox labeled "Pubblica amministrazione" and a link "Password dimenticata?". At the bottom of the sidebar, there are two buttons: "ACCEDI" (green) and "REGISTRATI" (teal).

## Audit102

Audit102 è il portale dedicato alla trasmissione delle diagnosi energetiche secondo quanto previsto dall'articolo 8 del Decreto Legislativo 102/2014. Per accedere al portale è necessario registrarsi.

Si prega di prestare particolare attenzione nella compilazione dei dati e della documentazione richiesta.

Il Manuale con le istruzioni per l'utilizzo del portale è disponibile [qui](#)

Per assistenza sull'utilizzo del portale scrivere a: [audit102.assistenzaportale@enea.it](mailto:audit102.assistenzaportale@enea.it)

Figura 110 – Interfaccia di accesso al portale Audit102 e del tool di Energy Management

Una volta acceduto all'interno del portale Audit102 (Figura 111) attraverso il menù a sinistra sarà possibile accedere alle funzionalità del tool di Energy management.



Figura 111 – Dashboard principale del portale Audit102 all’interno del quale attraverso il menù a sinistra è possibile accedere al Tool di Energy Management

## 9.2. Sviluppo dell’interfaccia di scambio tra Audit102 e Tool di energy management

Per poter far parlare i due sistemi, il portale AUDIT102 ed il Tool di energy management è stato necessario chiedere agli sviluppatori del portale AUDIT102 di creare una serie di strumenti che permettessero sia di loggarsi con le medesime credenziali e di passare da uno strumento all’altro con facilità e rendendo possibile un efficace scambio di dati.

### 9.2.1. Autenticazione di tipo Oauth2

Il primo strumento che è stato sviluppato è stato quello relativo alla possibilità di log con le medesime credenziali. Pertanto, è stata implementata una autenticazione di tipo Oauth2 che può essere utilizzata da sistemi terzi, tale autenticazione consente di effettuare il login attraverso i dati di autenticazione presenti nei sistemi audit102, il processo è riportato in Figura 112, dove:

- le linee continue sono dei redirect del browser dal Prodotto Terzo al portale AUDIT102;
- le linee tratteggiate sono chiamate server2server di cui l’utente non si accorge ma che sono necessarie per garantire la sicurezza del processo.



Figura 112 – Descrizione processo di autenticazione

Per meglio chiarire il funzionamento, questo è identico, sia come funzionalità che come tecnologia, a quello utilizzato da Google o Facebook, dove è consentito inserire sui siti i pulsanti 'Accedi con Google' o 'Accedi con Facebook', nel caso in esame, semplicemente accediamo con AUDIT102.

Tale processo permette anche, quello che viene definito *Single-Sign-On*, che utente loggato su AUDIT102 si trova automaticamente loggato anche sul prodotto terzo, e viceversa.

È stata infine modificata la *form* di registrazione in modo da permettere all'utente di scegliere se registrarsi solamente per il prodotto terzo (nel caso in esame il Tool di Energy Management) con una registrazione meno "dettagliata", richiedendo cioè meno informazioni, oppure anche per l'uso completo come richiesto per l'utilizzo del portale AUDIT102 ai fini dell'ottemperamento dell'obbligo.

### 9.2.2.Sviluppo delle API per lo scambio dei dati

Per permettere lo scambio dei dati tra un tool terzo ed il portale AUDIT102 sono state sviluppate una serie di API di tipo *REST* con tecnologia *JSON (Java Script Object Notation)*[34].

*Le API (acronimo di Application Programming Interface, ovvero Interfaccia di programmazione delle applicazioni) sono un insieme di definizioni e protocolli con i quali vengono realizzati e integrati software applicativi. L'API stabilisce il contenuto richiesto dal tool terzo (la chiamata) e il contenuto richiesto dal portale AUDIT102 (la risposta) [34]. Un'API in sostanza facilita la comunicazione con il sistema a cui vengono richieste le informazioni permettendone il soddisfacimento.*

*Un'API REST, nota anche come API RESTful, è un'interfaccia di programmazione delle applicazioni (API o API web) conforme ai vincoli dello stile architetturale REST, che consente l'interazione con servizi web RESTful. Il termine REST, coniato dall'informatico Roy Fielding, è l'acronimo di REpresentational State*

L'identificazione dell'utente che ha effettuato la chiamata API è fatta tramite *token Bearer*, *token* recuperato tramite il sistema di autenticazione *Oauth2.0* visto al punto precedente.

In particolare, i set di API sviluppati riguardano i seguenti punti:

- **Dati utente:** tale API è in sola lettura e consente di recuperare i dati dell'utente loggato.
- **Lista siti:** tale API è sia in lettura che in scrittura, consente di recuperare la lista dei siti, inserire nuovi siti e cancellare o modificare i siti inseriti tramite API (nota: non è possibile eliminare o modificare siti inseriti manualmente).
- **Lista anni in cui è stata presentata una diagnosi:** API in sola lettura restituisce la lista degli anni in cui l'utente loggato ha effettuato una diagnosi.
- **Inserimento Clusterizzazione:** tale API è in sola scrittura e consente di inviare al portale AUDIT102 una clusterizzazione, le clusterizzazioni così inserite vengono salvate su AUDIT102 in bozza e devono essere confermate manualmente.
- **Caricamento foglio di riepilogo dei consumi energetici:** tale API è in sola scrittura e consente di inviare al portale AUDIT102 un nuovo foglio di riepilogo dei consumi energetici per un sito, i fogli di riepilogo così inviati sono salvati in bozza e devono essere confermati manualmente una volta acceduto al portale AUDIT102. Inoltre, tale API ha una modalità di modifica che consente di aggiungere eventuali interventi di efficientamento realizzati e/o proposti.

In tutti i casi il processo è *server to server*, questo permette ai due *server* di comunicare in maniera del tutto trasparente all'utente, il quale una volta avviata l'API (la richiesta dati) non ha visibilità del processo di scambio, ma solo del risultato della richiesta, si trova cioè a poter gestire sul prodotto terzo i suoi dati presenti sul portale AUDIT102 o viceversa, riesce a scrivere attraverso il prodotto terzo (in questo caso il Tool di energy management) sul portale AUDIT102. Il processo di comunicazione è rappresentato in Figura 113 (partendo dall'assunzione che l'utente abbia già effettuato il login).

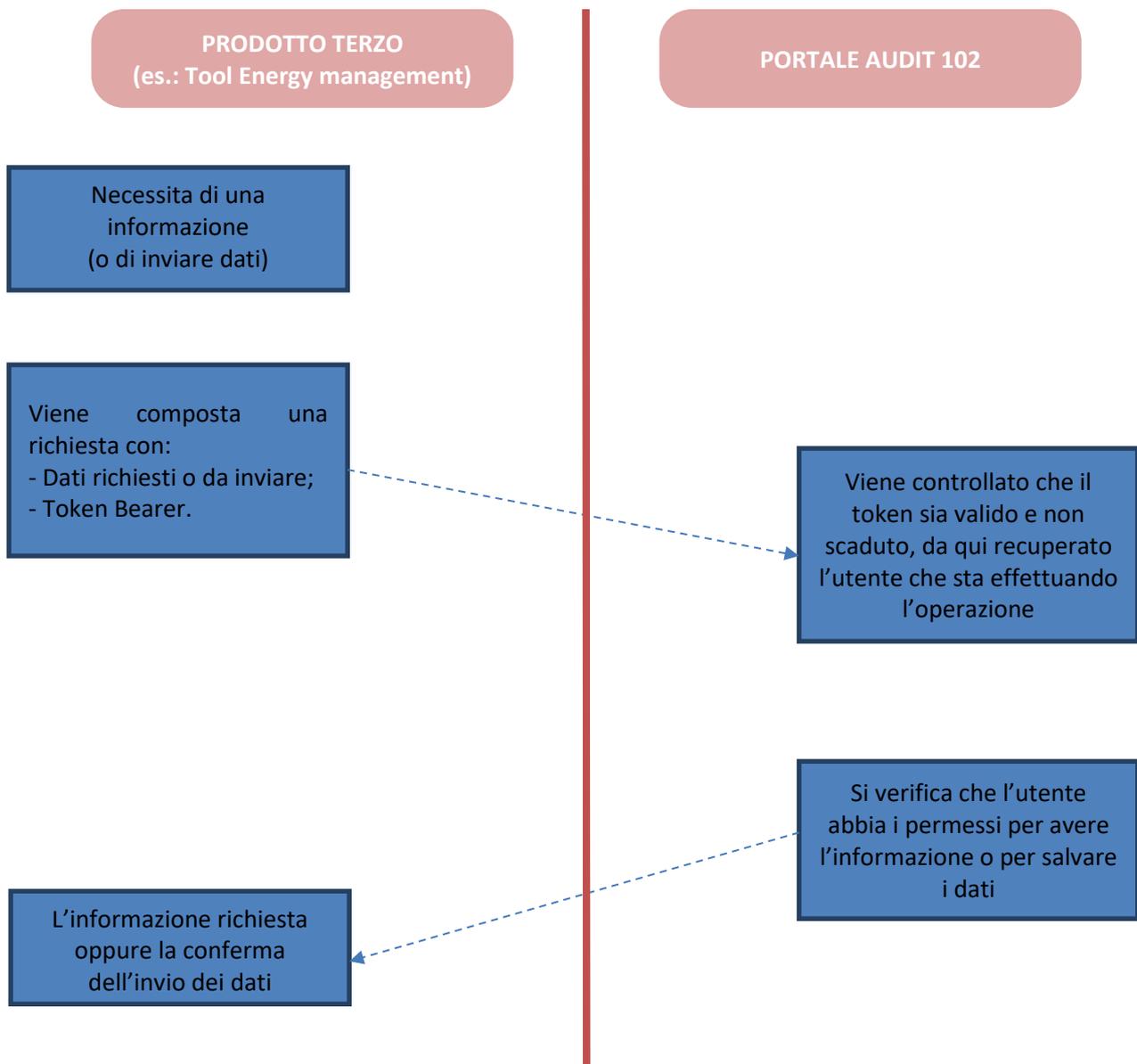


Figura 113 – Descrizione processo API

### 9.3. I moduli del Tool

Il Tool si struttura in tre moduli (Figura 114):

- Clusterizzazione;
- Energy management;
- Interventi.

A questi tre moduli, che possono operare indipendentemente l'uno dall'altro, si somma un modulo che risulta invece essere trasversale e che riguarda la gestione dei siti.

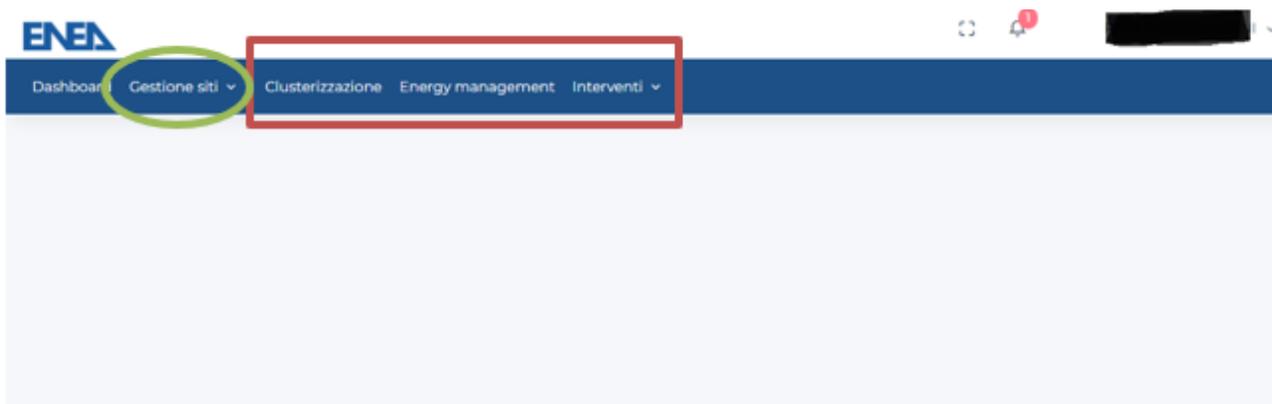


Figura 114 – Dashboard del Tool di energy management

### 9.3.1. Gestione Siti

“Gestione siti” (Figura 115) è un modulo trasversale all’interno del tool di energy management, in quanto tutti gli altri moduli hanno necessità che siano stati definiti i siti su cui operare.

In particolare, questo modulo di compone di:

- Lista siti;
- Nuovo Sito;
- Importa siti da Audit102;
- Esporta in formato xlsx;
- Importa in formato xlsx.

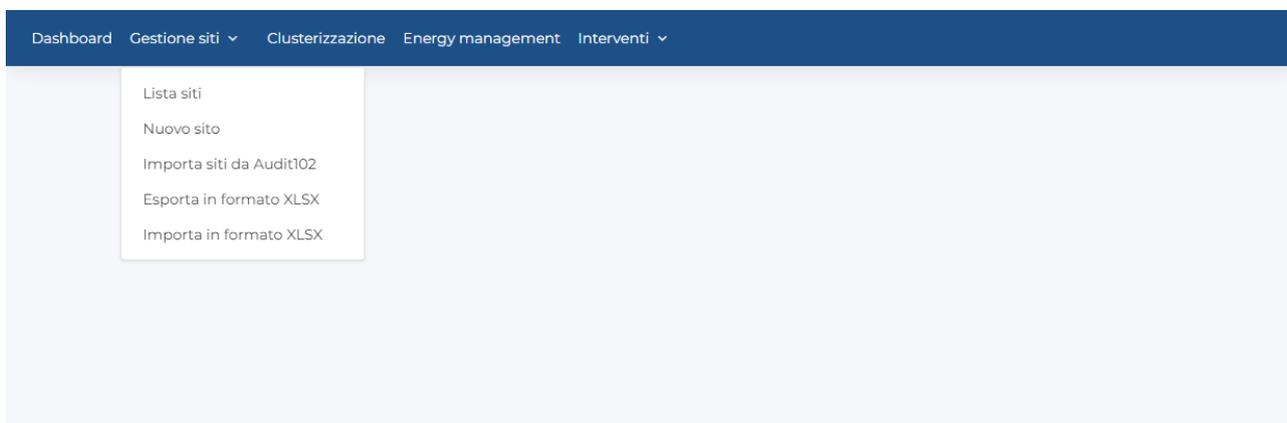
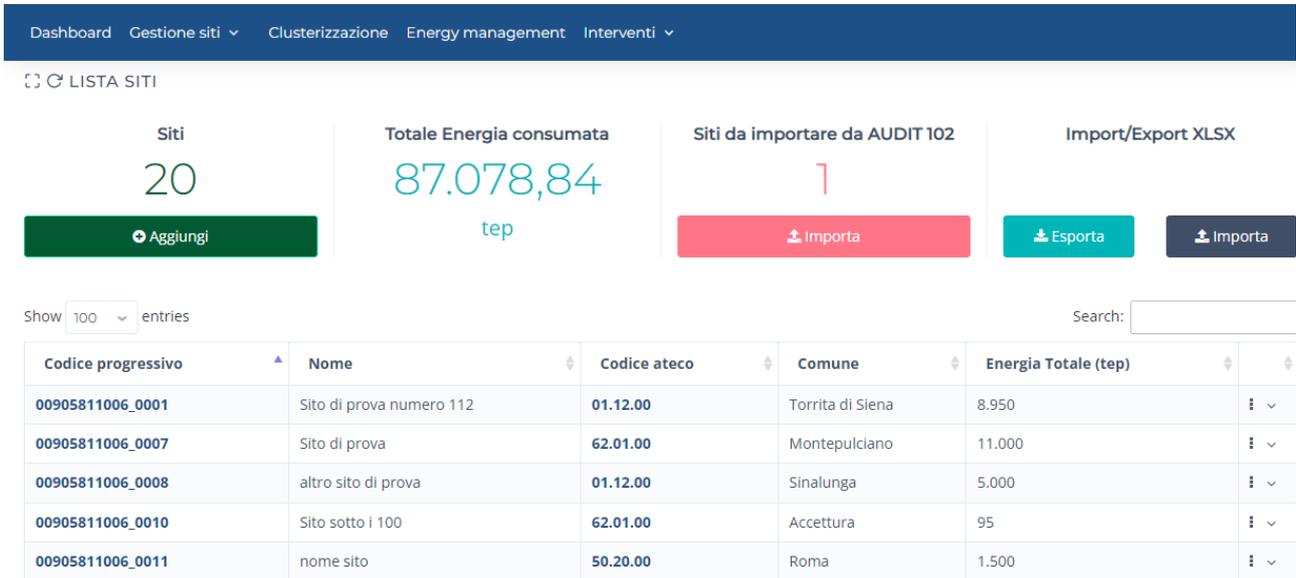


Figura 115 – Modulo “Gestione siti”

#### 9.3.1.1. Gestione Siti: Lista siti

Entrando nel sottomenù (Figura 115) e selezionando Lista siti si apre una pagina dove viene riportato l’elenco dei siti che sono stati o registrati o importati sul Tool di energy management. La dashboard “Lista siti” oltre all’elenco dei siti presenti sul Tool riporta anche alcune informazioni riepilogative, quali il numero di siti presenti ed il consumo energetico annuo, utili in fase di clusterizzazione. Inoltre, riporta due sezioni “Siti da importare da Audit 102” e “Import ed Export Xlsx” utili per importare ulteriori siti o ad esportarli in formato xlsx; in particolare, la sezione “Siti da importare da Audit 102” segnala la presenza di siti sul portale Audit 102 che non sono stati importati o comunque registrati sul tool di energy management. La sezione “Import ed Export Xlsx” permette invece di caricare tutte le informazioni relative ai siti che voglio registrare direttamente

su un foglio excel che successivamente può essere importato, permettendo così una più semplice e rapida registrazione in caso di un numero elevato di siti.



Dashboard Gestione siti Clusterizzazione Energy management Interventi

LISTA SITI

Siti: 20 **Aggiungi**

Totale Energia consumata: 87.078,84 tep

Siti da importare da AUDIT 102: 1 **Importa**

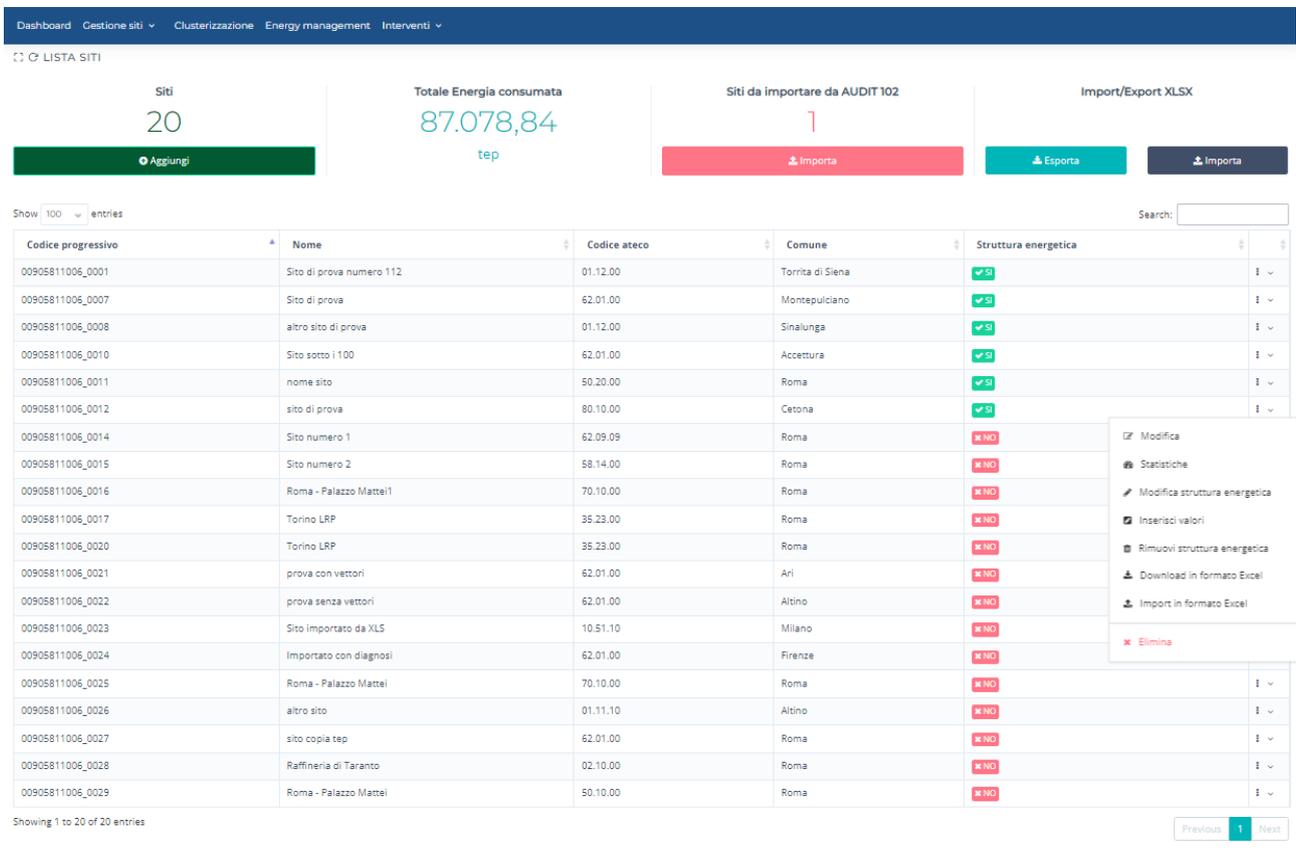
Import/Export XLSX **Esporta** **Importa**

Show 100 entries Search:

Codice progressivo	Nome	Codice ateco	Comune	Energia Totale (tep)
00905811006_0001	Sito di prova numero 112	01.12.00	Torrita di Siena	8.950
00905811006_0007	Sito di prova	62.01.00	Montepulciano	11.000
00905811006_0008	altro sito di prova	01.12.00	Sinalunga	5.000
00905811006_0010	Sito sotto i 100	62.01.00	Accettura	95
00905811006_0011	nome sito	50.20.00	Roma	1.500

Figura 116 – Modulo gestione siti: Lista siti

Ovviamente la registrazione dei siti può essere anche parziale e può essere completata anche in secondo momento andando ad utilizzare il menu che si trova a destra di ciascun sito registrato (Figura 117).



Dashboard Gestione siti Clusterizzazione Energy management Interventi

LISTA SITI

Siti: 20 **Aggiungi**

Totale Energia consumata: 87.078,84 tep

Siti da importare da AUDIT 102: 1 **Importa**

Import/Export XLSX **Esporta** **Importa**

Show 100 entries Search:

Codice progressivo	Nome	Codice ateco	Comune	Struttura energetica
00905811006_0001	Sito di prova numero 112	01.12.00	Torrita di Siena	✓ SI
00905811006_0007	Sito di prova	62.01.00	Montepulciano	✓ SI
00905811006_0008	altro sito di prova	01.12.00	Sinalunga	✓ SI
00905811006_0010	Sito sotto i 100	62.01.00	Accettura	✓ SI
00905811006_0011	nome sito	50.20.00	Roma	✓ SI
00905811006_0012	sito di prova	80.10.00	Cetona	✓ SI
00905811006_0014	Sito numero 1	62.09.09	Roma	✗ NO
00905811006_0015	Sito numero 2	58.14.00	Roma	✗ NO
00905811006_0016	Roma - Palazzo Mattei1	70.10.00	Roma	✗ NO
00905811006_0017	Torino LRP	35.23.00	Roma	✗ NO
00905811006_0020	Torino LRP	35.23.00	Roma	✗ NO
00905811006_0021	prova con vettori	62.01.00	Ari	✗ NO
00905811006_0022	prova senza vettori	62.01.00	Altino	✗ NO
00905811006_0023	Sito importato da XLS	10.51.10	Milano	✗ NO
00905811006_0024	Importato con diagnosi	62.01.00	Firenze	✗ NO
00905811006_0025	Roma - Palazzo Mattei	70.10.00	Roma	✗ NO
00905811006_0026	altro sito	01.11.10	Altino	✗ NO
00905811006_0027	sito copia tep	62.01.00	Roma	✗ NO
00905811006_0028	Raffineria di Taranto	02.10.00	Roma	✗ NO
00905811006_0029	Roma - Palazzo Mattei	50.10.00	Roma	✗ NO

Showing 1 to 20 of 20 entries

Previous 1 Next

- Modifica
- Statistiche
- Modifica struttura energetica
- Inserisci valori
- Rimuovi struttura energetica
- Download in formato Excel
- Import in formato Excel
- Elimina

Figura 117 – Modulo gestione siti: Lista siti – Opzioni

Attraverso questo menù è possibile:

- modificare, correggere o completare le informazioni precedentemente inserite;
- modificare la struttura energetica del sito;
- importare o esportare ulteriori informazioni.

Per inserire nuovi siti è sufficiente cliccare sul tasto “Aggiungi”, si aprirà una maschera, vedi Figura 118, dove è possibile inserire tutte le informazioni necessarie a caratterizzare il sito produttivo, come:

- Nome sito e codice fiscale;
- Codice merceologico (ATECO a 6 cifre);
- Posizionamento geografico;
- Informazioni Energetiche, in questa sezione è possibile andare a selezionare ed aggiungere tutti i vettori energetici utilizzati all’interno del sito produttivo (Figura 119)

Dashboard Gestione siti Clusterizzazione Energy management Interventi

NUOVO SITO Indietro

**Dati del sito**

Nome del sito  
Nome del sito

Codice fiscale  
BRNPLA00A00A00H

Codice ateco  
62.01.00 - Produzione di software non connesso all'edizione

Regione  
Abruzzo

Provincia  
Chieti

Comune  
Altino

Indirizzo  
Indirizzo

CAP  
CAP

**Dati energetici**

Energia Elettrica Acquistata [kWh]  
Energia Elettrica Acquistata [kWh]

Energia elettrica rinnovabile [kWh]  
Energia elettrica rinnovabile [kWh]

Gas Naturale [Sm3]  
Gas Naturale [Sm3]

Aggiungi un nuovo vettore energetico

Energia totale [tep]  
Energia totale [tep]

Salva

Copyright © 2022

Figura 118 - Modulo gestione siti: Nuovo sito

Energia elettrica rinnovabile [kWh]  
4.500,2

Gas Naturale [Sm3]  
1.500

Aggiungi un nuovo vettore energetico

Vettore energetico

Acqua Calda [kWh]

Acqua Calda [kWh]

Antracite e prodotti antracinosi [t]

Aria compressa [kWh]

Benzina [t]

Biogas [1000 Nm3]

Valore  
Valore

Elimina

Salva

Figura 119 – Modulo gestione siti: Nuovo sito – Opzioni vettori energetici

Come detto in precedenza, qualora si sia soggetto obbligato secondo il D.Lgs. 102/2014 e quindi si sia utilizzato il portale Audit 102 per l’inserimento delle diagnosi energetiche obbligatorie, il tool può interfacciarsi con il portale Audit 102 (Figura 120), ed importare i siti che si desidera all’interno del tool, ovviamente l’importazione trasferisce tutte le principali informazioni relative al sito produttivo, permettendo un risparmio di tempo nel caricarli.

Dashboard Gestione siti Clusterizzazione Energy management Interventi

IMPORTA SITI DA AUDIT102

Indietro

<input type="checkbox"/> Importa	Nome sito	Codice sito	Comune	Importato
<input type="checkbox"/>	Sito numero 1	ST01	Roma	✔*
<input type="checkbox"/>	Sito numero 2	ST02	Roma	✔*
<input type="checkbox"/>	Roma - Palazzo Mattei	IMPORTED_7	Roma	✔*
<input type="checkbox"/>	Torino LRP	IMPORTED_9	Roma	✔*
<input type="checkbox"/>	Roma - Palazzo Mattei	IMPORTED_7	Roma	✔*
<input type="checkbox"/>	Roma - Palazzo Mattei	IMPORTED_7	Roma	✘
<input type="checkbox"/>	Torino LRP	IMPORTED_9	Roma	✔*
<input type="checkbox"/>	Roma - Palazzo Mattei	IMPORTED_7	Roma	✔*
<input type="checkbox"/>	Raffineria di Taranto	IMPORTED_1267	Roma	✔*

\*Se scegli di importare nuovamente dei siti questi verranno aggiornati

Figura 120 – Modulo gestione siti: Importa siti da Audit102

Attraverso la funzione “Esporta ed Importa siti in formato xlsx” il tool può esportare l’elenco dei siti con tutte le informazioni inserite, vedi Figura 121. Attraverso il medesimo foglio xlsx è possibile aggiungere direttamente sul foglio ulteriori siti produttivi e rifarlo importare dal tool che creerà i nuovi siti inseriti sul foglio xlsx.

A1	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	Nome	Altezza	Comune	Indirizzo	CAP	Provincia	Monteabozzo	Energia Totale (tep)	Energia Elettrica Acquisita (KWh)	Energia elettrica rinnovabile (KWh)	Gas Naturale (Tep)	Acqua Calda(KWh)	Anthracite e prodotti anthracinosi(t)	Aria compressa(KWh)	Biomethane(t)	Biomethane1000 Nm(t)	Carbon fossil
2	Sito di prova numero 122	65.12.00	Torino di Siena	Via test 2	52045	SI	0	8500	5000,51	4500	15000,35	0	0	0	0	0	0
3	Sito numero 1	63.09.09	Roma		00118	RM	0	4750	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	Roma - Palazzo Mattei	70.10.00	Roma		00118	RM	0	8500	0	0	4500,51	0	0	0	0	0	0
5	Torino IAP	10.21.00	Roma		00118	RM	0	2250	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	Sito di prova	62.01.00	Montepulciano		53045	SI	1	11000	5600	4500	4800	0	0	0	0	0	0
7	altro sito di prova	01.12.00	Sinalunga		53046	SI	0	3000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	Sito numero 2	38.34.00	Roma		00118	RM	0	84.150	50	0	0	0	0	0	0	0	0
9	Sito sottile 100	62.01.00	Asseltura		79011	SI	1	95	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	nome sito	60.20.00	Roma		00118	RM	1	1500	5000,12	4500	2500	0	0	0	0	0	0
11	Sito di prova	80.10.00	Catona		53080	SI	0	1800	0	4500,2	1500	0	0	0	0	0	0
12	Torino IAP	10.21.00	Roma		00118	RM	1	4750	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	prova non vector	62.01.00	Liv	Via di tes	66021	SI	0	3912,15	4500	3500	1200	0	4000	0	5000	50	0
14	prova senza vector	62.01.00	Albino		66040	SI	1	4850	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	Sito importato da X15	10.51.00	Milano	Via di prova	20121	MI	1	4467,54	1000	0	1500	0	1500	0	0	0	800
16	Importato con diagnosi	60.01.00	Firenze		50121	FI	1	9500	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	Roma - Palazzo Mattei	70.10.00	Roma		00118	RM	0	1500,4	4500	1100	0	0	0	0	0	0	0
18	altro sito	01.11.00	Albino		66040	SI	0	400,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	Sito coppa tep	60.01.00	Roma		00118	RM	0	1500,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	Raffineria di Taranto	60.10.00	Roma		00118	RM	0	400	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	Roma - Palazzo Mattei	70.10.00	Roma		00118	RM	0	2500	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 121 – Modulo gestione siti: Esporta ed Importa siti in formato xlsx

### 9.3.2.Clusterizzazione

Il modulo Clusterizzazione permette, una volta registrati tutti i siti all'interno del portale, di produrre una clusterizzazione utile ai fini dell'ottemperamento all'obbligo per le aziende multisito. La clusterizzazione permette infatti di selezionare un numero di siti che possa essere considerato rappresentativo della realtà aziendale. Il modulo clusterizzazione basa il suo funzionamento sulla metodologia proposta da ENEA e riportata anche all'interno dei chiarimenti MISE in merito alle diagnosi energetiche obbligatorie.

Cliccando "Clusterizzazione" sul menù in alto si accede alla dashboard principale del modulo (Figura 122), dove sono riepilogate eventuali clusterizzazione effettuate in precedenza, e dove è presente in alto a sinistra il tasto nuova clusterizzazione.

Data	Anno di riferimento	Energia totale (tep)	Bozza
27/09/2021 15:16:23	2020	87.078	NO
27/09/2021 08:09:58	1250	84.128	NO
27/09/2021 08:07:43	2021	84.128	NO
22/09/2021 13:25:56	2001	84.128	SI
22/09/2021 10:50:33	1800	77.635	NO
22/09/2021 08:34:49	2000	77.635	NO
21/09/2021 08:11:23	1500	85.229	SI
21/09/2021 08:09:32	1500	85.229	NO
21/09/2021 07:53:54	1500	79.429	NO
21/09/2021 07:14:07	2000	79.429	NO
20/09/2021 07:14:34	2018	79.429	NO
15/09/2021 14:24:03	2020	79.541	NO

Figura 122 –Clusterizzaioni: Dashboard

Andando a selezionare "Nuova Clusterizzazione" si entra nel operativamente nella modalità clusterizzazione che si esaurisce in quattro passi:

- Siti ed anno di riferimento;
- Tipo di clusterizzazione;
- Riepilogo Clusterizzazione;
- Suddivisione e scelta siti per fasce.

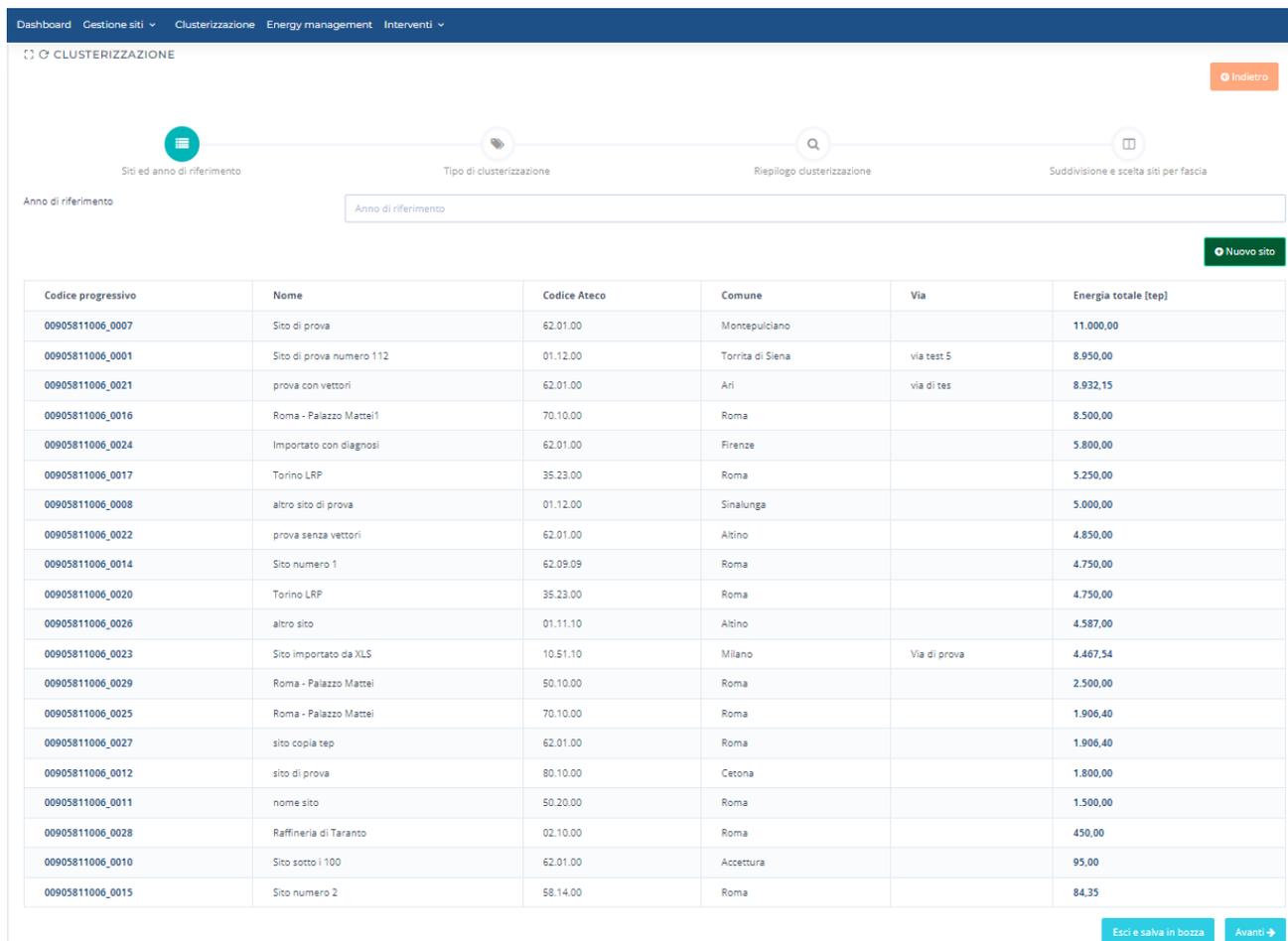
### 9.3.2.1. Clusterizzazione: Siti ed anno di riferimento

La prima Dashboard che si apre quando si entra all'interno del modulo clusterizzazione è quella "Siti ed anno di riferimento", mostrata in Figura 123.

All'interno di questa dashboard sono riportati tutti i siti inseriti appartenenti all'azienda, i quali sono corredati delle principali informazioni che li caratterizzano, quali: nome, codice ATECO, Comune, indirizzo e ovviamente il consumo energetico totale.

Attraverso questa Dashboard è possibile modificare o aggiungere i siti produttivi.

Una volta che si è certi che le informazioni dei siti inserite siano corrette, bisogna inserire l'anno al quale si riferiscono i consumi indicati e quindi è possibile cliccare sul tasto in basso a sinistra ed andare al passo successivo.



The screenshot shows a web interface for site management. At the top, there's a navigation bar with 'Dashboard', 'Gestione siti', 'Clusterizzazione', 'Energy management', and 'Interventi'. Below it, a breadcrumb trail reads 'CLUSTERIZZAZIONE'. A progress indicator shows four steps: 'Siti ed anno di riferimento' (active), 'Tipo di clusterizzazione', 'Riepilogo clusterizzazione', and 'Suddivisione e scelta siti per fascia'. An 'Indietro' button is in the top right. Below the progress bar, there's a form for 'Anno di riferimento' with a 'Nuovo sito' button. The main area contains a table of sites.

Codice progressivo	Nome	Codice Ateco	Comune	Via	Energia totale [tep]
00905811006_0007	Sito di prova	62.01.00	Montepulciano		11.000,00
00905811006_0001	Sito di prova numero 112	01.12.00	Torrita di Siena	via test 5	8.950,00
00905811006_0021	prova con vettori	62.01.00	Ari	via di tes	8.932,15
00905811006_0016	Roma - Palazzo Mattei	70.10.00	Roma		8.500,00
00905811006_0024	Importato con diagnosi	62.01.00	Firenze		5.800,00
00905811006_0017	Torino LRP	35.23.00	Roma		5.250,00
00905811006_0008	altro sito di prova	01.12.00	Sinalunga		5.000,00
00905811006_0022	prova senza vettori	62.01.00	Altino		4.850,00
00905811006_0014	Sito numero 1	62.09.09	Roma		4.750,00
00905811006_0020	Torino LRP	35.23.00	Roma		4.750,00
00905811006_0026	altro sito	01.11.10	Altino		4.587,00
00905811006_0023	Sito importato da XLS	10.51.10	Milano	Via di prova	4.467,54
00905811006_0029	Roma - Palazzo Mattei	50.10.00	Roma		2.500,00
00905811006_0025	Roma - Palazzo Mattei	70.10.00	Roma		1.906,40
00905811006_0027	sito coppia tep	62.01.00	Roma		1.906,40
00905811006_0012	sito di prova	80.10.00	Cetona		1.800,00
00905811006_0011	nome sito	50.20.00	Roma		1.500,00
00905811006_0028	Raffineria di Taranto	02.10.00	Roma		450,00
00905811006_0010	Sito sotto i 100	62.01.00	Accettura		95,00
00905811006_0015	Sito numero 2	58.14.00	Roma		84,35

At the bottom right of the table, there are buttons for 'Esci e salva in bozza' and 'Avanti'.

Figura 123 – Clusterizzazione: Siti e anno di riferimento

### 9.3.2.2. Clusterizzazione: Tipo di clusterizzazione

Nella Dashboard "Tipo di clusterizzazione" (Figura 124) sono riassunte in maniera compatta le informazioni principali, ottenute dal completamento del passo precedente, quali: anno di riferimento, numero totale dei siti, consumi totali. È invece necessario inserire in questo passo:

- la tipologia di clusterizzazione che si intende effettuare, se Industriale o terziario;
- se si tratti o meno di prima diagnosi energetica (necessario per individuare il numero di siti che devono essere provvisti di impianto di monitoraggio);
- i dati del referente/responsabile della clusterizzazione: Nome, Cognome ed e-mail;

Inserite queste informazioni si può procedere cliccando sul tasto “avanti” in basso a sinistra.

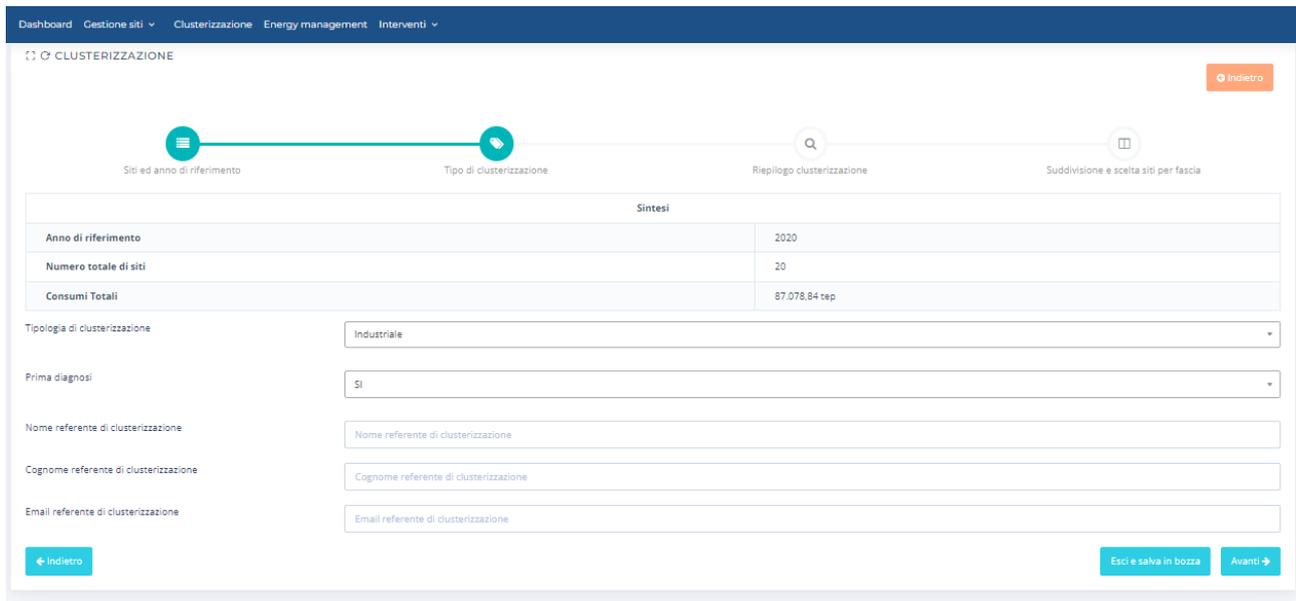


Figura 124 – Clusterizzazione: Tipo Clusterizzazione

### 9.3.2.3. Clusterizzazione: Riepilogo

Completata la fase di inserimento dei dati e delle informazioni necessarie a effettuare la clusterizzazione nella dashboard “Riepilogo” (Figura 125) vengono riassunte tutte le informazioni inserite ed i risultati ottenuti applicando la “metodologia ENEA”, cioè:

- Il 20% del consumo complessivo (limite massimo per escludere siti);
- Il numero di siti escludibili;
- Il numero di siti da prendere in considerazione per la clusterizzazione;
- Il numero minimo di siti da sottoporre a diagnosi secondo la metodologia ENEA.

Verificato se tutto corretto è possibile procedere al passo successivo con il tasto “Avanti”

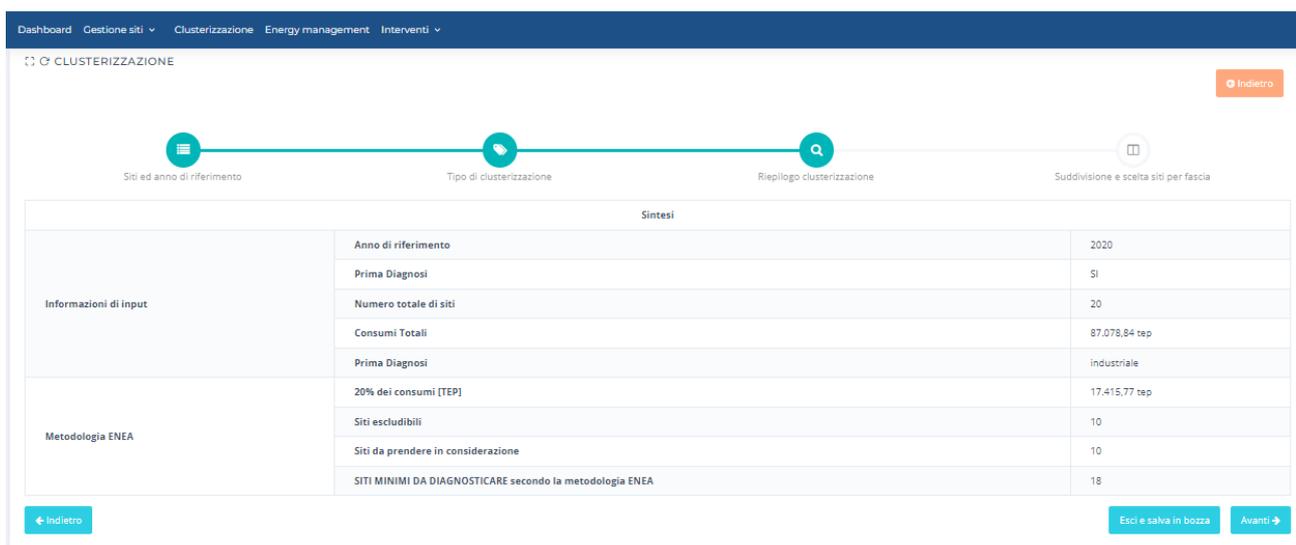


Figura 125 – Clusterizzazione: Riepilogo Clusterizzazione

### 9.3.2.4. Clusterizzazione: Suddivisione e scelta per fascia

L'ultimo passo è quello di selezione dei siti da sottoporre a diagnosi. Nella Dashboard relativa alla fase "Suddivisione e scelta per fascia" (Figura 126) vengono mostrate le 10 fasce previste dalla metodologia ENEA. Per ciascuna fascia sono riportati:

- il numero di siti che sono ricaduti all'interno della fascia;
- la sezione individuazione siti da sottoporre a diagnosi energetica, dove sono presenti:
  - o il numero di siti da sottoporre a diagnosi energetica;
  - o i siti scelti per la diagnosi energetica;
  - o il consumo totale dei siti scelti per essere sottoposti a diagnosi energetica;
- la sezione relativa al rispetto della prescrizione di monitoraggio energetico, dove sono presenti:
  - o Numero di siti suggeriti;
  - o Consumo medio da sottoporre a monitoraggio;
  - o Numero siti scelti dall'utente;
  - o Consumo totale dei siti monitorati scelti dall'utente.

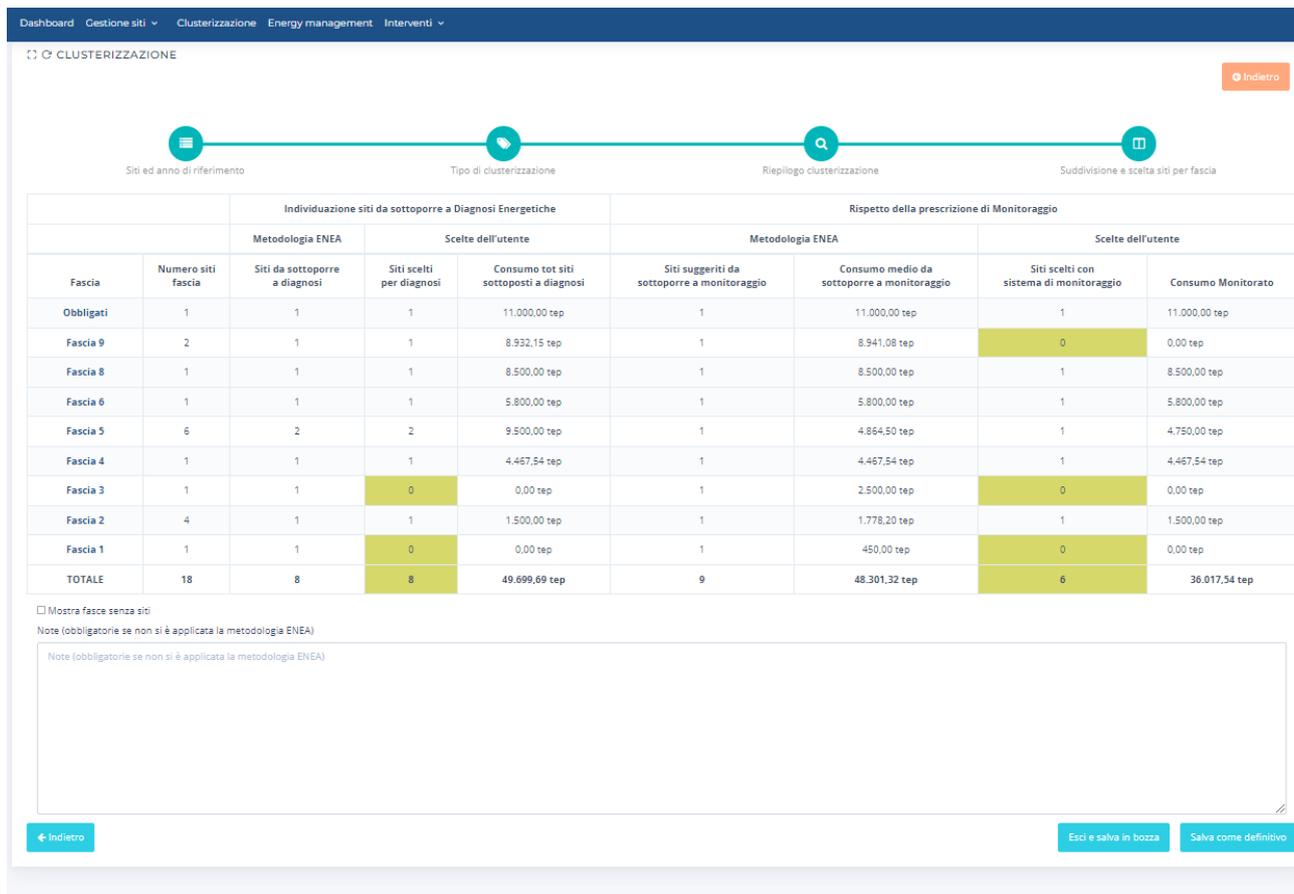


Figura 126 – Clusterizzazione: Suddivisione e scelta per fascia

La scelta dei siti all'interno di ciascuna fascia è possibile andando a cliccare sulla singola fascia, questo fa aprire un box (Figura 127) dove sono elencati tutti i siti che, come consumi, ricadono all'interno della fascia. Nel box è quindi possibile selezionare i siti che saranno sottoposti a diagnosi energetica e quelli dotati di sistema di monitoraggio energetico.

Scelta siti Fascia 5

Individuazione siti da sottoporre a Diagnosi Energetiche					Rispetto della prescrizione di Monitoraggio				
Fascia	Numero siti fascia	Metodologia ENEA		Scelte dell'utente		Metodologia ENEA		Scelte dell'utente	
		Siti da sottoporre a diagnosi	Siti scelti per diagnosi	Consumo tot siti sottoposti a diagnosi	Siti suggeriti da sottoporre a monitoraggio	Consumo medio da sottoporre a monitoraggio	Siti scelti con sistema di monitoraggio	Consumo Monitorato	
Fascia 5	6	2	2	9.500,00 tep	1	4.864,50 tep	1	4.750,00 tep	

	Nome sito	Città	Ateco 2007	Consumo totale[tep]	Consumo Elettrico[kWh]	Energivoro	Selezionato per diagnosi	Selezionato per monitoraggio
1	altro sito	Altino	01.11.10	4.587,00	0,00	SI	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Torino LRP	Roma	35.23.00	4.750,00	0,00	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Sito numero 1	Roma	62.09.09	4.750,00	0,00	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	prova senza vettori	Altino	62.01.00	4.850,00	0,00	SI	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	altro sito di prova	Sinalunga	01.12.00	5.000,00	0,00	SI	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Torino LRP	Roma	35.23.00	5.250,00	0,00	SI	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fascia	1	2	3	4	5	6	TOTALE
Siti da sottoporre a diagnosi	1	1	0	0	0	0	8
Siti scelti per diagnosi	1	1	0	0	0	0	8
Consumo totale[tep]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	49.699,69
Siti suggeriti da sottoporre a monitoraggio	1	1	0	0	0	0	9
Consumo medio da sottoporre a monitoraggio	450,00	450,00	0,00	0,00	0,00	0,00	48.301,32
Siti scelti con sistema di monitoraggio	1	1	0	0	0	0	6
Consumo Monitorato	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	36.017,54

Figura 127 – Clusterizzazione: scelta dei siti da sottoporre a diagnosi energetica e di quelli dotati di sistema di monitoraggio

Selezionati tutti i siti come sopra descritto a questo punto è possibile salvare la clusterizzazione in definitivo ed attraverso il tool inviarla in automatico al portale Audit 102.

### 9.3.3. Energy management e rendicontazione dei consumi

Il modulo “Gestione dell’energia, vuole essere un semplice strumento per permettere alle aziende, meno mature da un punto di vista energetico, di approcciarsi al tema della gestione dell’energia. Entrando nel modulo (Figura 128), vengono elencati tutti i siti che sono stati registrati all’interno del tool e sulla sinistra (riquadro rosso) è indicato se sia stata o meno costruita l’alberatura o struttura energetica. La costruzione della struttura può essere fatta per intero manualmente, oppure riprendere una struttura già costruita in siti omologhi o, se presente, importare una struttura proposta da ENEA in funzione del codice ATECO del sito.

Dashboard Gestione siti - Clusterizzazione Energy management Interventi

LISTA SITI

Siti: 20

Totale Energia consumata: 87.078,84 tep

Siti da importare da AUDIT 102: 1

Import/Export XLSX

Codice progressivo	Nome	Codice ateco	Comune	Struttura energetica
00905811006_0001	Sito di prova numero 112	01.12.00	Torrita di Siena	<input checked="" type="checkbox"/>
00905811006_0007	Sito di prova	62.01.00	Montepulciano	<input checked="" type="checkbox"/>
00905811006_0008	altro sito di prova	01.12.00	Sinalunga	<input checked="" type="checkbox"/>
00905811006_0010	Sito sotto i 100	62.01.00	Acetofara	<input checked="" type="checkbox"/>
00905811006_0011	nome sito	50.20.00	Roma	<input checked="" type="checkbox"/>
00905811006_0012	sito di prova	80.10.00	Cetona	<input checked="" type="checkbox"/>
00905811006_0014	Sito numero 1	62.09.09	Roma	<input checked="" type="checkbox"/>
00905811006_0015	Sito numero 2	58.14.00	Roma	<input checked="" type="checkbox"/>
00905811006_0016	Roma - Palazzo Mattei	70.10.00	Roma	<input checked="" type="checkbox"/>
00905811006_0017	Torino LRP	35.23.00	Roma	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 128 – Modulo di Energy management

Ovviamente per la definizione dell'alberatura energetica il tool basa la sua struttura sull'alberatura energetica proposta da ENEA (Figura 129).

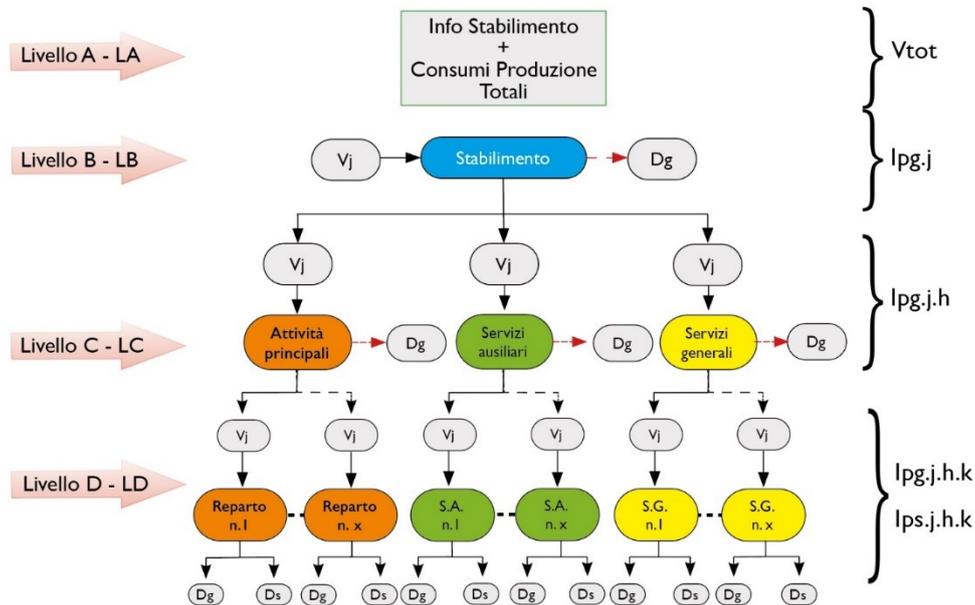


Figura 129 – Alberatura energetica ENEA

Per la costruzione dell'alberatura energetica il tool guida passo-passo l'utente dal livello più generale, in cui lo stabilimento è visto come una blackbox all'interno del quale entrano energia e materie prime ed escono prodotti (Livello A) fino ad arrivare, se l'utente lo ritiene utile, al livello di dettaglio della singola macchina/processo (livello E).

### 9.3.3.1. Modulo Energy management: Livello A

In Figura 130 è mostrata la dashboard introduttiva all'alberatura energetica, all'interno della quale è possibile inserire tutti i vettori energetici in ingresso al sistema.

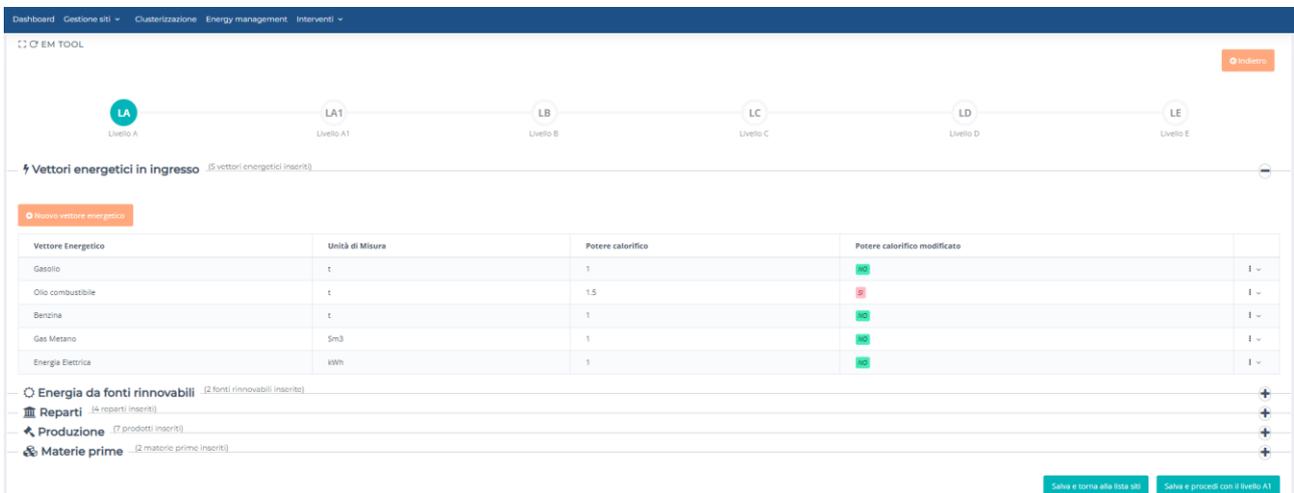


Figura 130 – Modulo Energy management: Alberatura energetica

Andando a cliccare sul tasto “Nuovo vettore energetico” si apre un box (Figura 131) per la scelta del vettore energetico della sua unità di misura e del relativo potere calorifico inferiore (il sistema propone un valore di default). È possibile anche inserire eventuali note di interesse. Stesa cosa deve essere fatta per le produzioni e le materie prime.

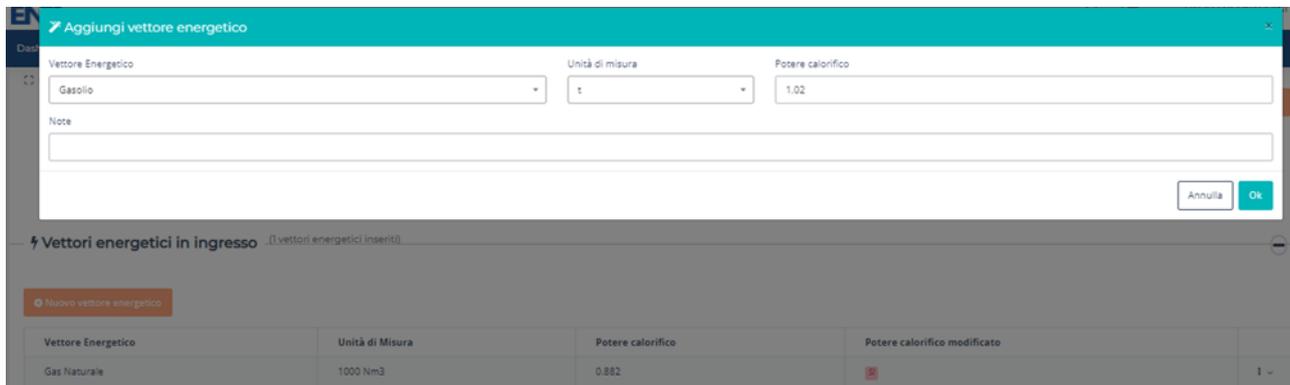


Figura 131 – Modulo Energy management: Livello LA – inserimento vettori energetici

### 9.3.3.2. Modulo Energy management: Livello A1

Inseriti tutti i dati necessario a caratterizzare il livello LA, è possibile, attraverso il tasto “Salva e procedi” passare al livello LA1 (Figura 132), questo livello è dedicato ai principali sistemi di trasformazione dell’energia e quindi dei vettori energetici come: centrali termiche, cogeneratori, centrale frigorifera, aria compressa, eventuali altre trasformazioni.

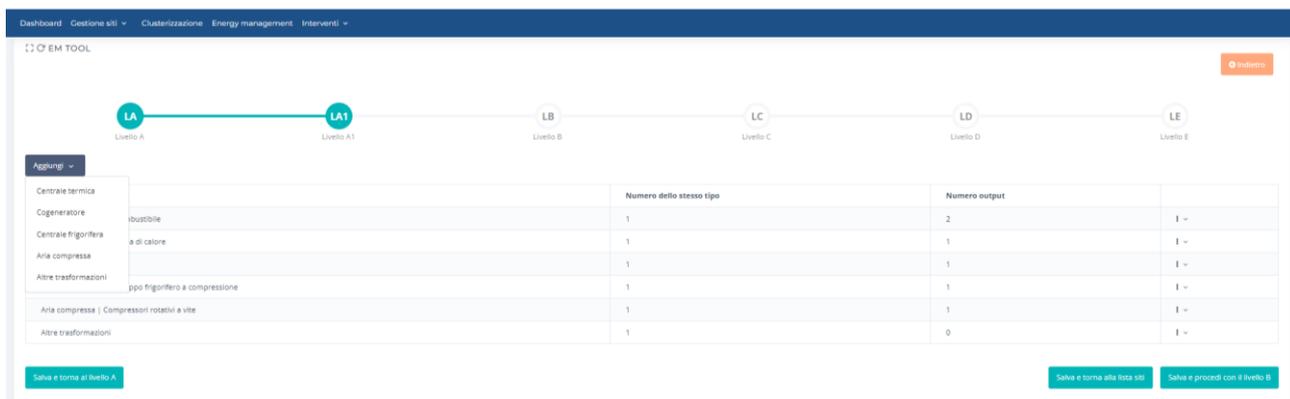


Figura 132 – Modulo Energy management: Livello LA1

Selezionando uno dei sistemi di trasformazione tra quelli sopra elencati si apre un box (Figura 133) dove è possibile inserire i dati relativi al sistema sia di carattere descrittivo che energetico. Ad esempio, nel caso della Figura 133 è stato scelto come sistema di trasformazione un cogeneratore e le informazioni da inserire sono:

- Tipologia di cogeneratore (MCI o TG);
- Potenza elettrica installata;
- Rendimento elettrico;
- Rendimento termico;
- Numero di cogeneratori;
- Combustibile.

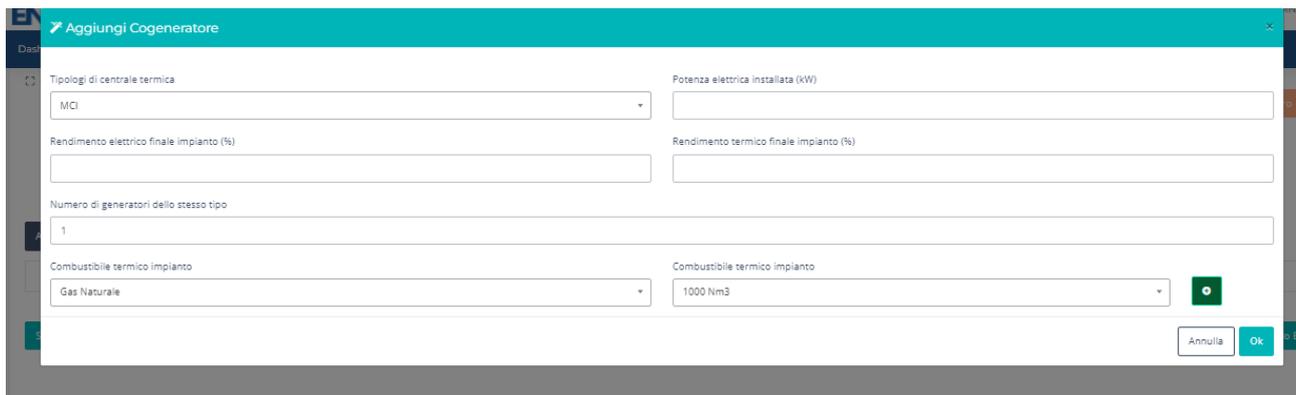


Figura 133 – Modulo Energy management: Livello LA1 – box inserimento dati

### 9.3.3.3. Modulo Energy management: Livello B

Completato l’inserimento dei dati relativi ai sistemi di trasformazione energetica attraverso il tasto “Salva e procedi” si passa al livello B dove è necessario solo confermare i vettori energetici che entreranno nella vera e propria area produttiva e che verranno presi in considerazione dal sistema di gestione dell’energia per la determinazione degli IPE specifici.

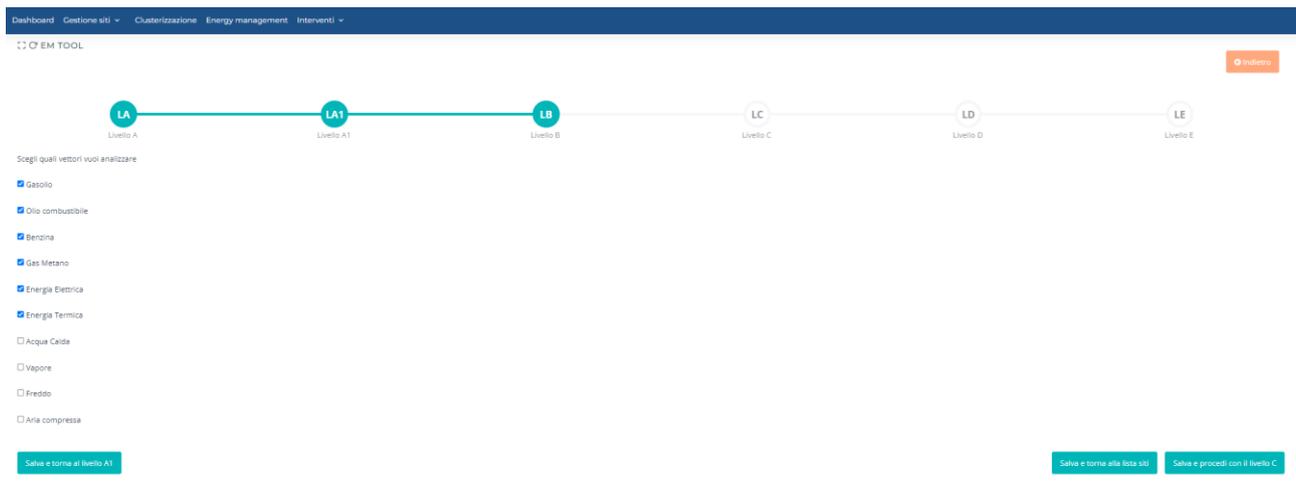


Figura 134 – Modulo Energy management: Livello LB

### 9.3.3.4. Modulo Energy management: Livello C

Dal Livello B attraverso il tasto “Salva e procedi” si passa al livello C (Figura 135), in questa dashboard vengono riportati sia i vettori energetici che le aree funzionali: Attività principali, Servizi Ausiliari e Servizi Generali. In questa fase è possibile valutare se per tutte le aree funzionali è necessario rendicontare tutti i vettori energetici o alcuni possono essere trascurati.

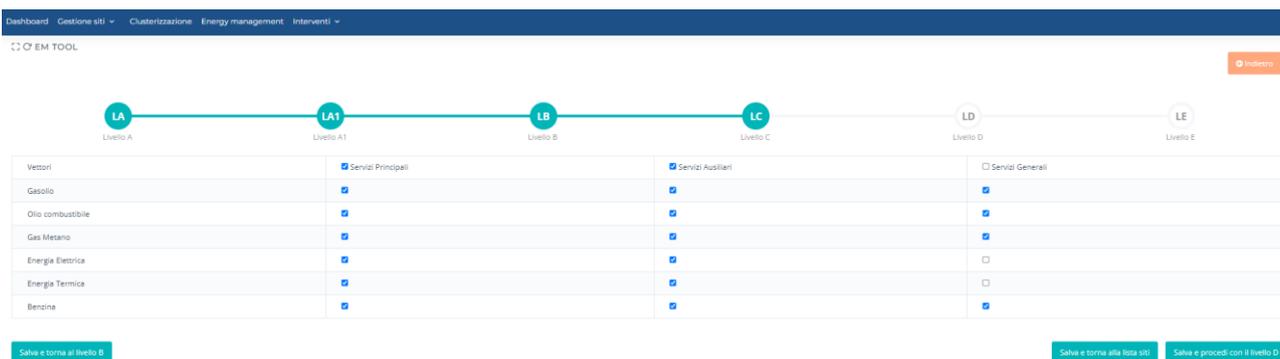


Figura 135 – Modulo Energy management: Livello LC

### 9.3.3.5. Modulo Energy management: Livello D

Dal Livello C attraverso il tasto “Salva e procedi” si passa al Livello D (Figura 136), in questo livello è possibile definire i reparti che verranno monitorati attraverso il presente tool di gestione dell’energia.

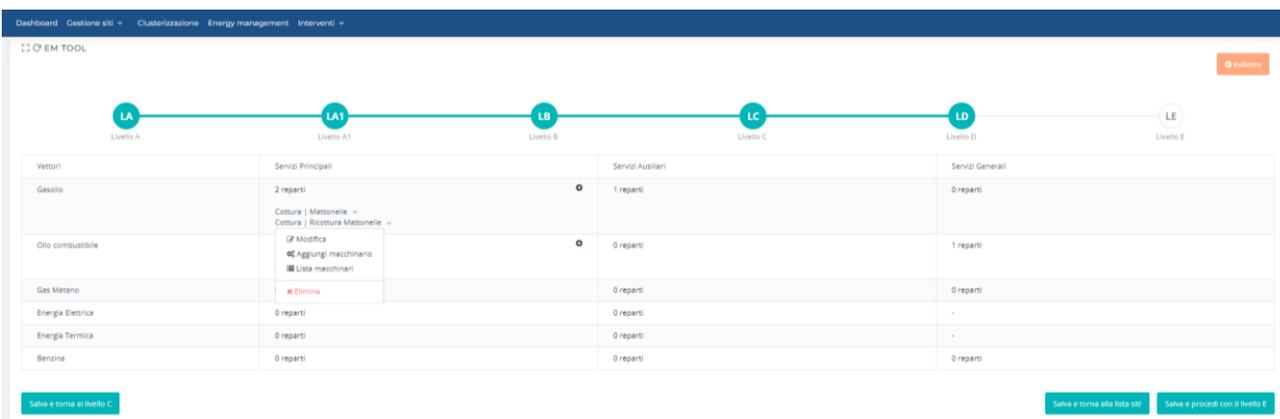


Figura 136 – Modulo Energy management: Livello LD

Cliccando all’interno della specifica area funzionale sulla parola reparti, attraverso un box che si apre (Figura 137) è possibile aggiungere progressivamente tutti i reparti che compongono la specifica area funzionale. Per ogni reparto sarà necessario indicarne il nome, se provvisto o meno di sistema di monitoraggio ed eventualmente la percentuale di consumo coperta dal sistema di monitoraggio per quel reparto, i driver di consumo (es. nel caso di aria compressa il driver è l’aria prodotto) e la relativa unità di misura.

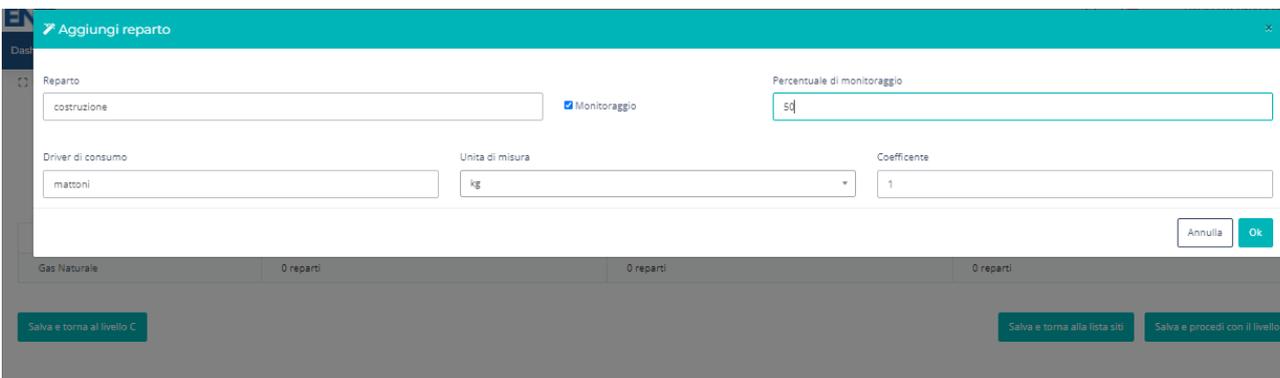


Figura 137 – Modulo Energy management: Livello LD – aggiunta reparti

### 9.3.3.6. Modulo Energy management: Livello E

Una volta completato l’inserimento dei reparti al Livello D attraverso il tasto “Salva e procedi” si passa al Livello E (Figura 138), dove è possibile scendere ad un maggiore livello di approfondimento andando a definire anche i singoli apparati che compongono un eventuale reparto. Andando quindi a selezionare i reparti a cui si intende aggiungere l’eventuale macchinario è possibile riportarne, come nel caso precedente, nome del macchinario, se monitorato o meno, eventuale percentuale di monitoraggio, driver di consumo e unità di misura.

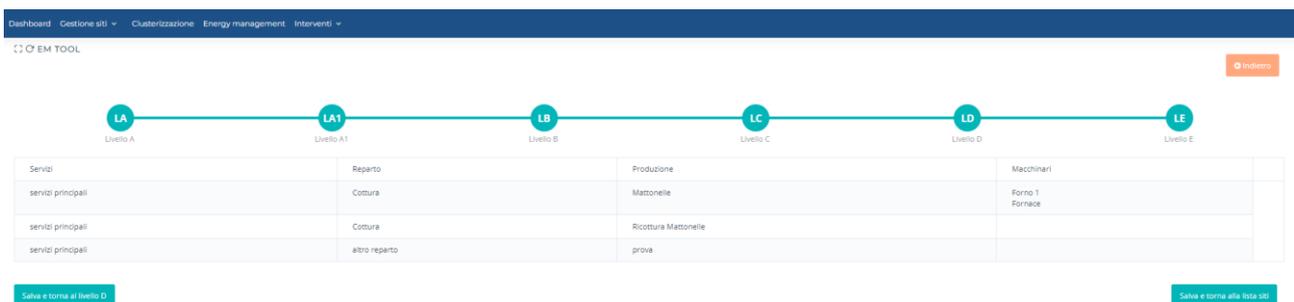


Figura 138 – Modulo Energy management: Livello LE

Completato il livello E l’alberatura energetica può considerarsi conclusa.

### 9.3.3.7. Modulo Energy management: Inserimento dati

Una volta completata l’alberatura energetica è possibile utilizzare il tool per controllare e gestire i consumi energetici. È, quindi, necessario inserire i dati dei consumi energetici, scegliendo tra due modalità diverse:

- Inserimento dei dati “manuale” sul portale;
- Inserimento dati attraverso “Caricamento massivo” di un foglio excel all’interno del quale sono stati inseriti tutti i dati necessari.

#### 9.3.3.7.1. Modulo Energy management: Inserimento dati “Manuale”

Per poter procedere all’inserimento dei dati direttamente sul portale del Tool è necessario selezionare “inserisci valori” attraverso le opzioni presenti accanto a ciascun sito, come rappresentato in Figura 139.

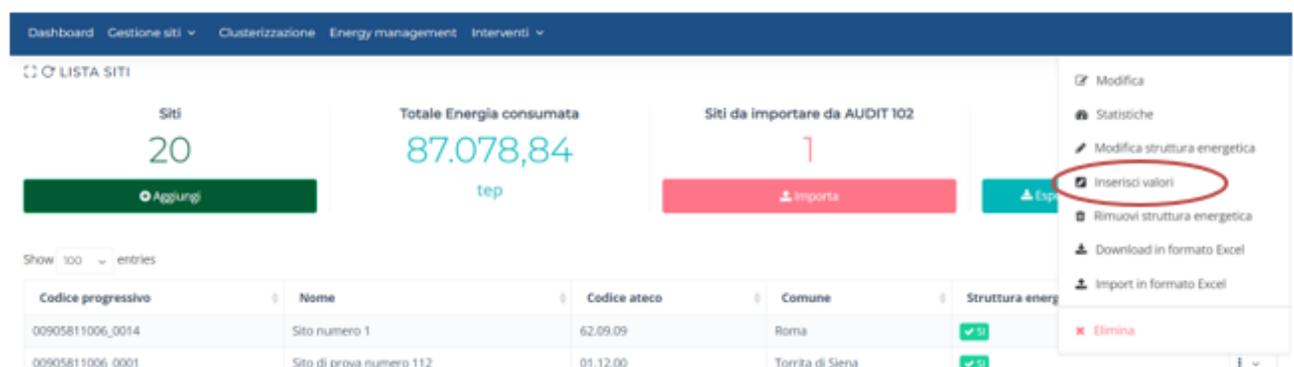


Figura 139 – Modulo Energy management: menù opzioni

Selezionando “Inserisci valori” si apre una dashboard dove sono presenti tutti gli elementi che sono stati inseriti all’interno dell’alberatura energetica (Figura 140).

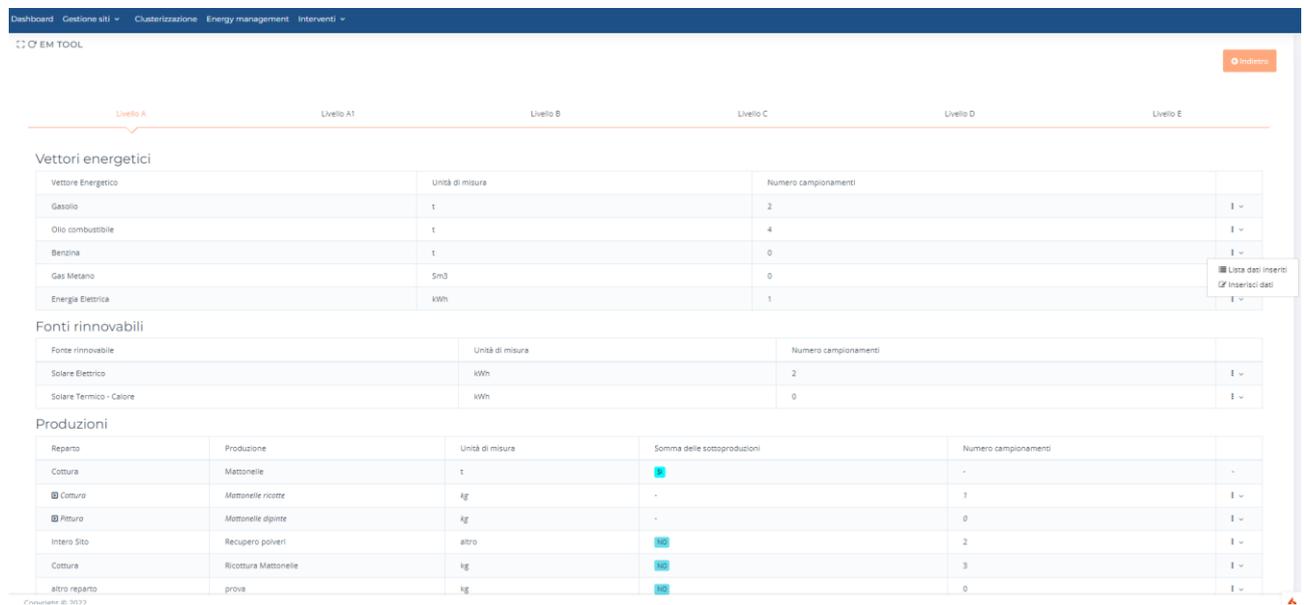


Figura 140 – Modulo Energy management: Dashboard inserimento dati

Come si può vedere dalla Figura 140 i campi di inserimento dati sono suddivisi su più Dashboard riferite a ciascun livello di approfondimento, va tenuto presente però che i Livelli B e C possono essere ricavati automaticamente, nel caso del Livello B, dalla somma dei vettori energetici in ingresso e/o trasformati e, per il Livello C, dalla somma dei consumi dei livelli sottostanti. Questo però non vieta l’utente a forzare questi valori ed inserire quelli che lui, basandosi su un sistema di monitoraggio installato sui quadri principali, ritiene più corretti. Ogni inserimento dei valori di consumo deve essere corredato della data di inserimento per dar modo al Tool di elaborare, ricostruire e rappresentare in maniera corretta i consumi del sito.

### 9.3.3.7.2. Modulo Energy management: Inserimento dati con “Caricamento massivo”

Come illustrato nel capitolo precedente il caricamento manuale dei dati nel caso di alberature energetiche molto complesse può risultare lungo e difficoltoso, si è pertanto ritenuto utile dare la possibilità all’utente di inserire tutte le informazioni in modo corretto con un unico invio, utilizzando un foglio excel precompilato all’interno del quale debbono essere inseriti i dati di consumo e tutte le altre informazioni utili alla determinazione di KPI. Il foglio excel viene generato automaticamente selezionando “Download in formato Excel” ed una volta compilato questo può essere reimportato all’interno del tool andando ad aggiornare tutte le informazioni relative ai consumi energetici ed ai driver di consumo (Figura 141).

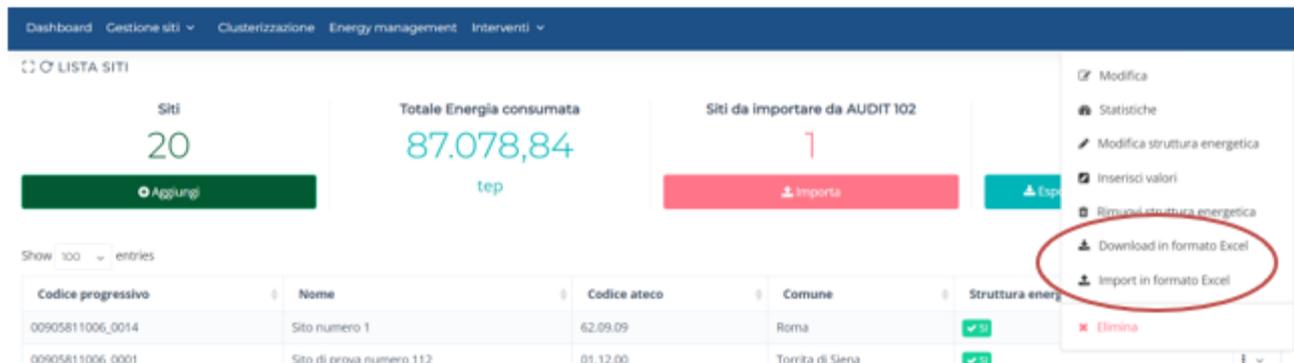


Figura 141 – Modulo Energy management: menù opzioni – fogli di calcolo per l’importazione massiva dei dati

Nella Figura 142 è riportato un esempio di foglio Excel generato dal tool di Energy management dove è riportata la struttura energetica aziendale così come costruita dall’utente. L’utente dovrà solamente inserire i dati di consumo all’interno dei campi riportati in bianco e poi reimportare nel tool il documento.

STRUTTURA ENERGETICA SITO												
ID_SITO	NOME	INDIRIZZO		P.IVA	SETTORE MERC.		ANNO RIFERIMENTO	valore	u.m.			
00905811006_0001	Sito di prova numero 112	Torrita di Siena	via test 5	BRNPLA00A00A00H	01.12.00	declaratorio						
IA	VETTORI ENERGETICI ACQUISTATI	CODICE	VEETTORE	u.m.	valore	Fattore conversione in tep	PGI o EER	TEP	Vtot (tep)			
		1	Gasolio	t		PC1x10 <sup>-4</sup>	10200	0				
		2	Oilto combustibile	t		PC1x10 <sup>-4</sup>	9800	0				
		3	Benzina	t		PC1x10 <sup>-4</sup>	10510	0				
		4	Gas Metano	Sm3		PC1x10 <sup>-4</sup>	8820	0				
5	Energia Elettrica	kWh		0.187*10 <sup>-3</sup>		1	0					
IA.1	TRASFORMAZIONE INTERNA	CODICE	VEETTORE	u.m.	BILANCIO			Totale	TEP	Vtot (tep)		
					centrale termica	centrale termica [2]	co generatore	centrale frigorifera	aria compressa	altre		
		1	Energia Elettrica	kWh	Produzione						0	0
					Consumi interni						0	0
					Esportazione						0	0
		2	Gasolio	t	Utilizzo per trasformazione						0	0
					Utilizzo per trasformazione						0	0
		3	Benzina	t	Utilizzo per trasformazione						0	0
					Utilizzo per trasformazione						0	0
		4	Acqua Calda	kWh	Produzione						0	0
					Consumi interni						0	0
					Esportazione						0	0
		5	Vapore	kWh	Produzione						0	0
			Consumi interni						0	0		
			Esportazione						0	0		
6	Freddo	kWh	Produzione						0	0		
			Consumi interni						0	0		
			Esportazione						0	0		
7	Aria compressa	Sm3	Produzione						0	0		
			Consumi interni						0	0		
			Esportazione						0	0		
			Totale consumi						0	0		

Consumo		log		nismi misurati/calcol		Altro		% copertura consumi		E' necessario dettagliare maggiormente la suddivisione dei consumi	
LB [e=1]	Gasolio	t	tep	tipo misura	t/	valore	u.m.	tipo misura	valore	u.m.	
LC 1.1	ATTIVITA' PRINCIPALI	0	0								
LD 1.1.1	Cottura i Mattonelle	0	0								
LD 1.1.2	Cottura i Ricottura Mattonelle	0	0								
LC 1.2	SERVIZI AUSILIARI	0	0								
LD 1.2.1	Cottura i di qualcosa	0	0								
LC 1.3	SERVIZI GENERALI	0	0								

Figura 142 – Modulo Energy management: esempio di foglio di calcolo per l’importazione massiva dei dati

### 9.3.3.8. Rappresentazione delle informazioni

Inserite tutte le informazioni necessarie il tool permette quindi di monitorare l’evoluzione dei consumi attraverso una serie di grafici selezionabili dall’utente.

In Figura 143 sono riportati i possibili grafici utilizzabili. Questi possono essere inseriti dall’utente in fase di “progettazione” degli output all’interno di una serie di Dashboard, ad esempio potrebbe essere realizzata una Dashboard per il monitoraggio generale del sito, quindi prendendo i consumi e le informazioni dei driver energetici a livello LA. A seguire, una serie di Dashboard ciascuna per ogni livello di profondità dell’alberatura energetica.

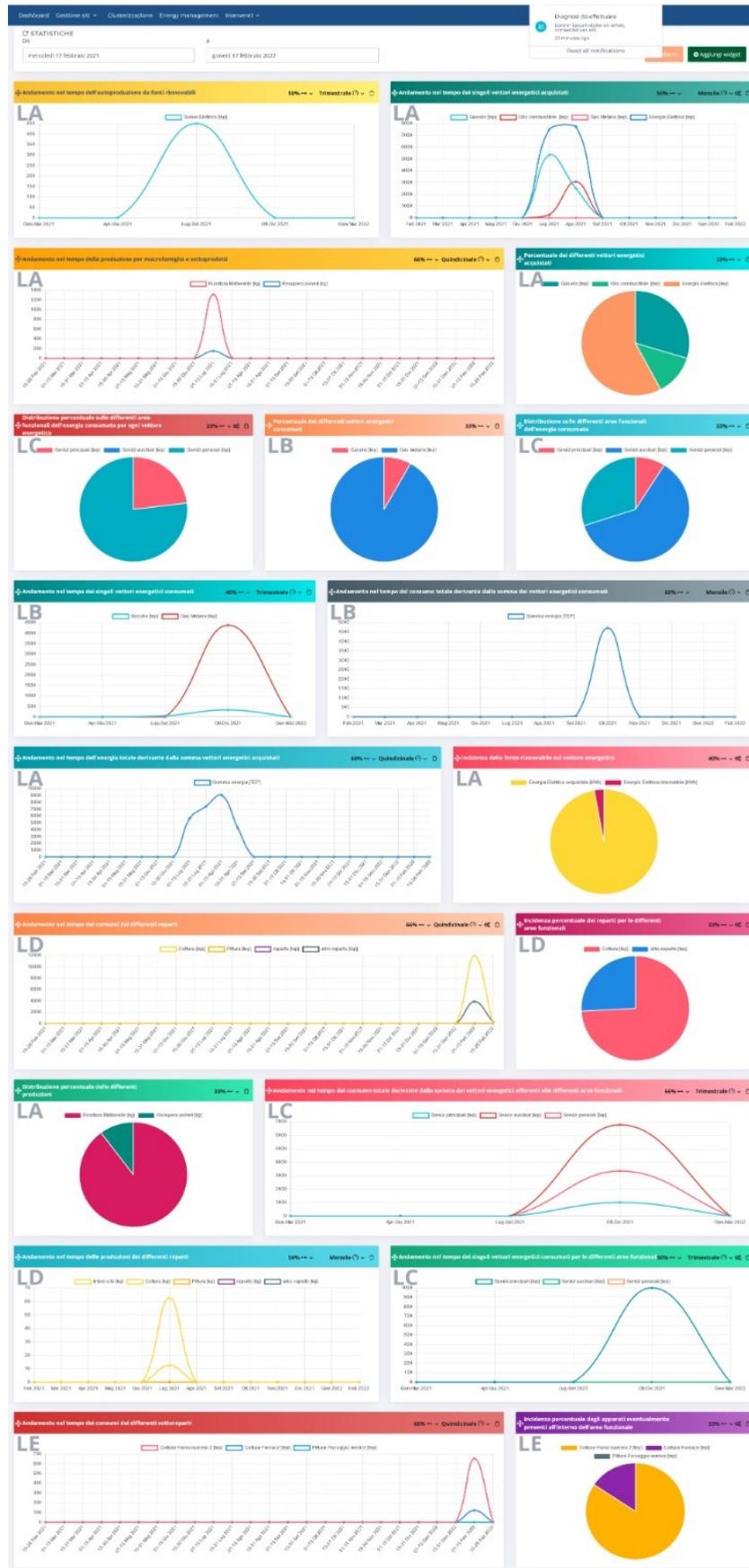


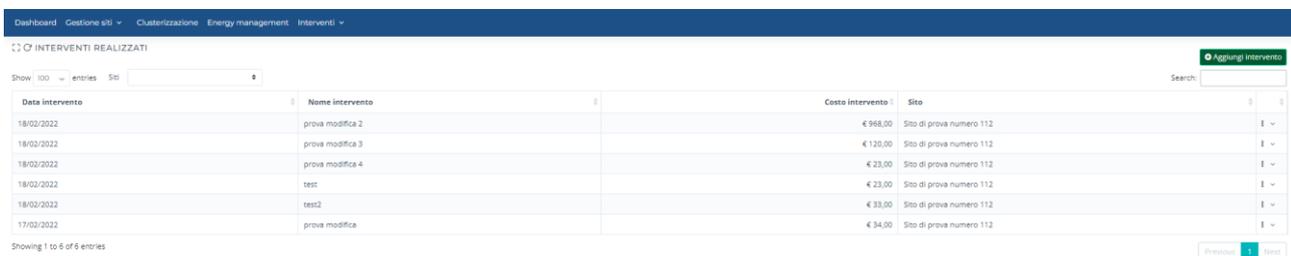
Figura 143 – Esempio di grafici visualizzabili per il controllo dei consumi energetici

### 9.3.4. Sezione interventi

L'ultimo modulo del tool è relativo agli interventi realizzati e proposti. L'obiettivo di questo modulo è quello di creare da un lato un database degli interventi realizzati con i relativi risultati in termini di risparmio conseguito e dall'altro fornire all'utente uno strumento che lo possa guidare nella stesura di un business plan tecnico economico per la valutazione di eventuali interventi di efficientamento energetico.

#### 9.3.4.1. Interventi realizzati

All'interno del menu principale selezionando Interventi e quindi interventi realizzati si apre una dashboard dove sono presenti tutti gli interventi realizzati dall'azienda nel corso del tempo (Figura 144)



Data intervento	Nome intervento	Costo intervento	Sito
18/02/2022	prova modifica 2	€ 968,00	Sito di prova numero 112
18/02/2022	prova modifica 3	€ 120,00	Sito di prova numero 112
18/02/2022	prova modifica 4	€ 23,00	Sito di prova numero 112
18/02/2022	test1	€ 23,00	Sito di prova numero 112
18/02/2022	test2	€ 33,00	Sito di prova numero 112
17/02/2022	prova modifica	€ 34,00	Sito di prova numero 112

Figura 144 – Modulo energy management: interventi realizzati

Qualora si voglia riportare un nuovo intervento è sufficiente cliccare nel pulsante in alto a destra “aggiungi intervento” e si apre un box (Figura 145) all'interno del quale è possibile inserire tutte le informazioni che caratterizzano l'intervento tra cui:

- Sito in cui è stato effettuato l'intervento;
- Il nome dell'intervento;
- Data di completamento;
- Area di intervento:
  - o Macroarea dove sono selezionabili con un menu a tendina le principali macroaree di intervento (es. aria compressa);
  - o Area di intervento, individua che tipo di intervento è stato fatto in relazione alla macroarea (es. sostituzione componente);
  - o Tipologia di intervento (qui si sceglie tra gestionale o impiantistico)
  - o Descrizione dell'intervento
- Modalità di finanziamento;
- Accesso a eventuali sistemi incentivanti;
- Vettori energetici che sono stati interessati dall'intervento e l'eventuale quantità risparmiata.

Figura 145 – Modulo energy management: interventi realizzati – inserimento nuovo intervento

Tutte le informazioni qui inserite possono essere trasferite in automatico al Portale Audit 102 nella sezione interventi realizzati.

### 9.3.4.2. Interventi proposti

La sezione Interventi proposti rispetto a quella relativa agli interventi realizzati è molto più complessa in quanto, come nel caso degli interventi realizzati, ha una ulteriore sezione oltre quella relativa alle informazioni generali che definiscono l'intervento (riquadro rosso Figura 146), quali:

- Nome del sito presso cui si prevede l'intervento;
- Nome dell'intervento;
- Descrizione dell'intervento;
- Data di caricamento dell'intervento;
- Dimensione intervento (nuovo intervento, repowering, etc);
- Macroarea dell'intervento (es.: centrale termica, aria compressa, linee produttive, etc);
- Area dell'intervento (legata alla macroarea, es. nel caso di macroarea aria compressa, nell'area dell'intervento possono esserci sostituzione compressore, sostituzione filtro, etc.);
- Tipologia intervento (gestionale, impiantistico)

Dashboard | Gestione SKI | Criterizzazione | Energy management | Interventi

NUOVA INTERVENTO PROPOSTO

Sito:  Nome intervento:

Descrizione intervento:

Data intervento:  Dimensione intervento:

Aggiungi area di intervento

Macchinario	Area	Tipologia intervento	Descrizione
<input type="text" value="Centrale termica"/>	<input type="text" value="Sostituzione componente"/>	<input type="text" value="Tecnica"/>	<input type="text" value="Descrizione"/>
<input type="text" value="Gruppo frigorifero"/>	<input type="text" value="ALTRO"/>	<input type="text" value="Tecnica"/>	<input type="text" value="cambio gas refrigerante"/>

Investimento complessivo:  Equity (%):

Durata finanziamento (%):  Periodicità pagamenti:  Tipologia di calcolo:

Percentuale di ammortamento (%):  Periodo di ammortamento:

Tasso di inflazione stimato:  Tassazione IRPE e IRAP:  Vita tecnica dell'intervento:

Figura 146 – Informazioni generali

Dopo aver inquadrato l'intervento, è necessario inserire le principali informazioni economiche che lo caratterizzano come:

- Investimento complessivo;
- Se si ha accesso ad un finanziamento:
  - o Equity;
  - o Durata finanziamento;
  - o Periodicità di pagamento;
  - o Tipologia del finanziamento;
  - o Tasso di finanziamento;
- Eventuale tasso di inflazione;
- Percentuale di ammortamento fiscale;
- Periodo di ammortamento;
- Tassazione;
- Vita tecnica.

Successivamente è possibile andare ad inserire tutte le informazioni necessarie per la realizzazione del Business Plan (Figura 147)

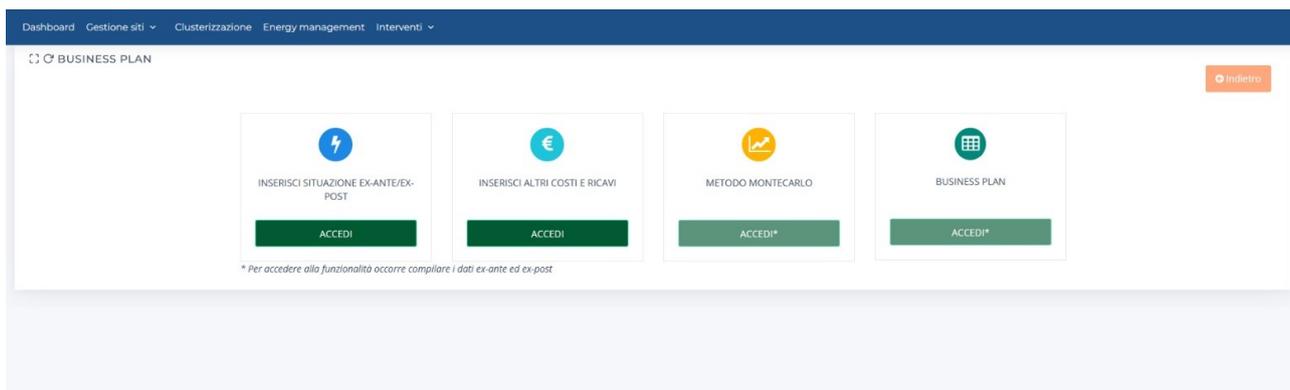


Figura 147 – Funzionalità Business Plan

Cliccando sulla voce inserisci situazione ex-ante/ex-post è possibile andare a inserire le informazioni necessarie a valutare la bontà dell'intervento, Figura 148, come i risparmi energetici (valutando la situazione ex-ante ed ex-post).

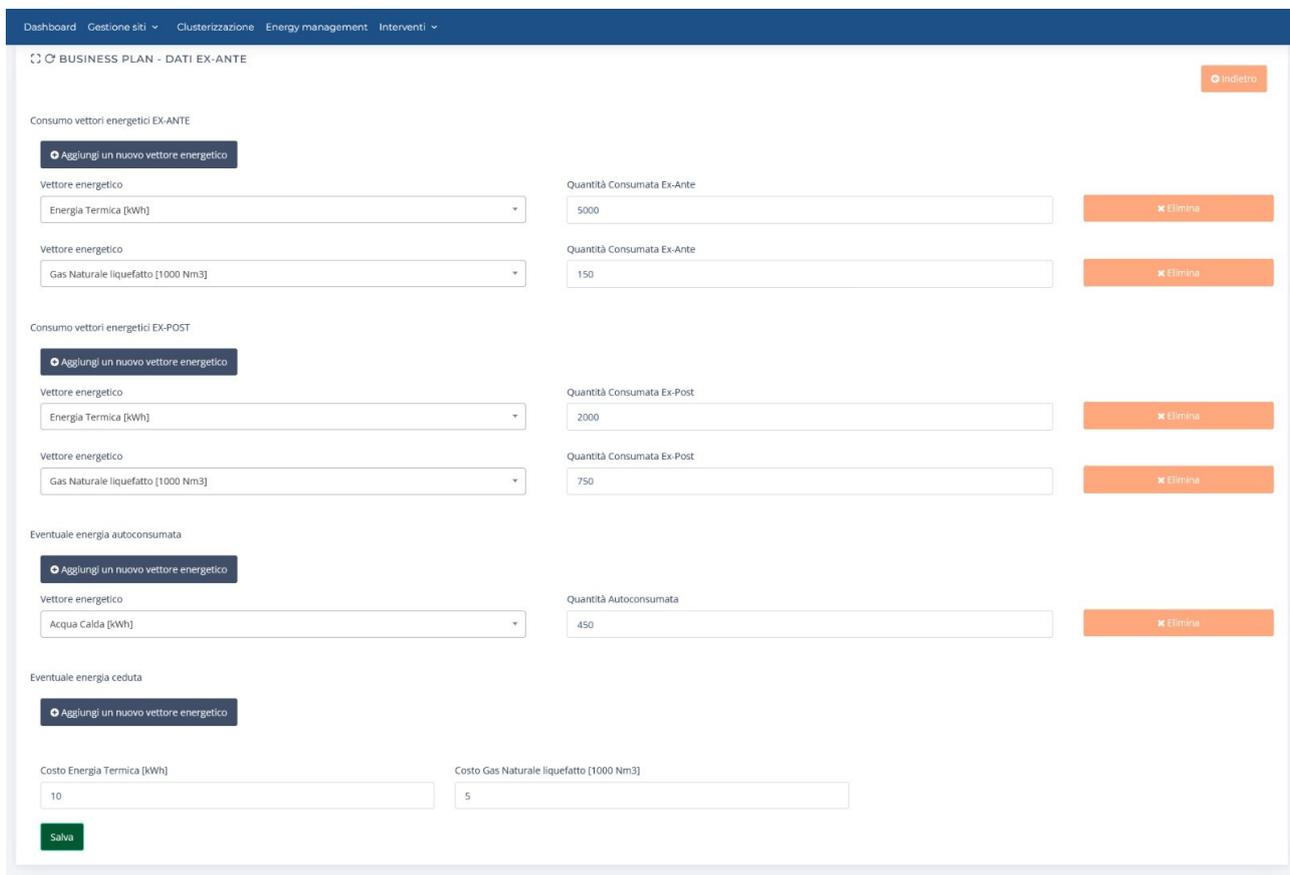


Figura 148 – Informazioni situazione ex-ante ed ex-post-intervento

È ovviamente possibile inserire altri eventuali costi o ricavi, come ad esempio i ricavi da certificati bianchi. Compilati tutti i campi richiesti, selezionando Business Plan, nell'interfaccia mostrata in Figura 147, in automatico il tool restituisce le variabili principali per poter valutare la redditività del progetto. In Figura 149 sono riportati i dati sintetici dell'analisi tecnico-economica che il tool elabora in automatico, per ogni anno della vita tecnica dell'intervento vengono restituiti i seguenti indicatori:

- MOL o EBITDA;
- EBT;

- Utile netto;
- Flusso di cassa semplice;
- Flusso di cassa cumulato;
- ROI;
- ROE;
- DSCR.

Sono poi presentati i risultati sintetici utili per la valutazione complessiva dell'investimento, quali:

- Indice di Profitto (IP);
- VAN;
- TIR;
- Tempo di ritorno semplice;
- ROI medio;
- ROE medio;

insieme ad un grafico dei flussi di cassa semplici e di quelli cumulati.

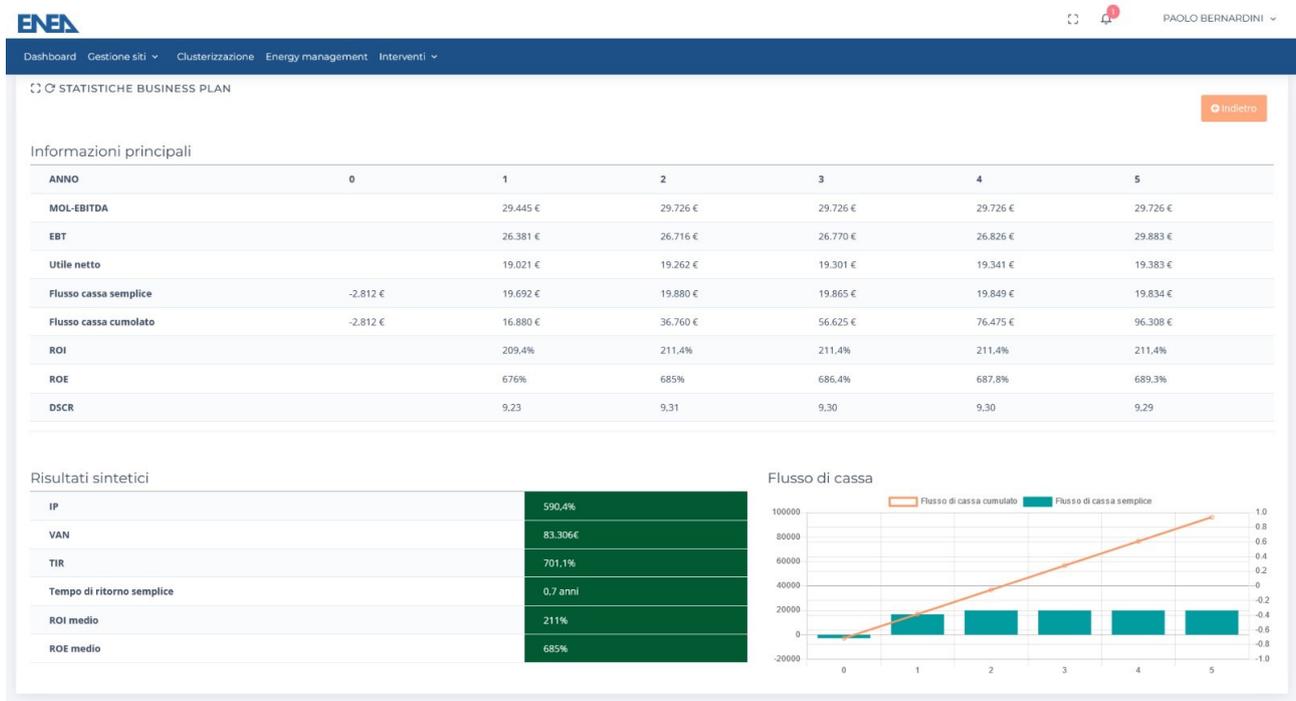


Figura 149 – Dati sintetici Business Plan

Infine, il tool permette, sulla base delle variabili inserite, di svolgere anche una analisi di sensibilità utilizzando il metodo Montecarlo. Sostanzialmente il tool fa variare in modo stocastico alcune variabili selezionate dall'utente, Figura 150 (ad es. costo dell'energia e/o produzione di energia di un impianto fotovoltaico), all'interno di un range percentuale definito e calcola per ogni variazione stocastica il VAN relativo.

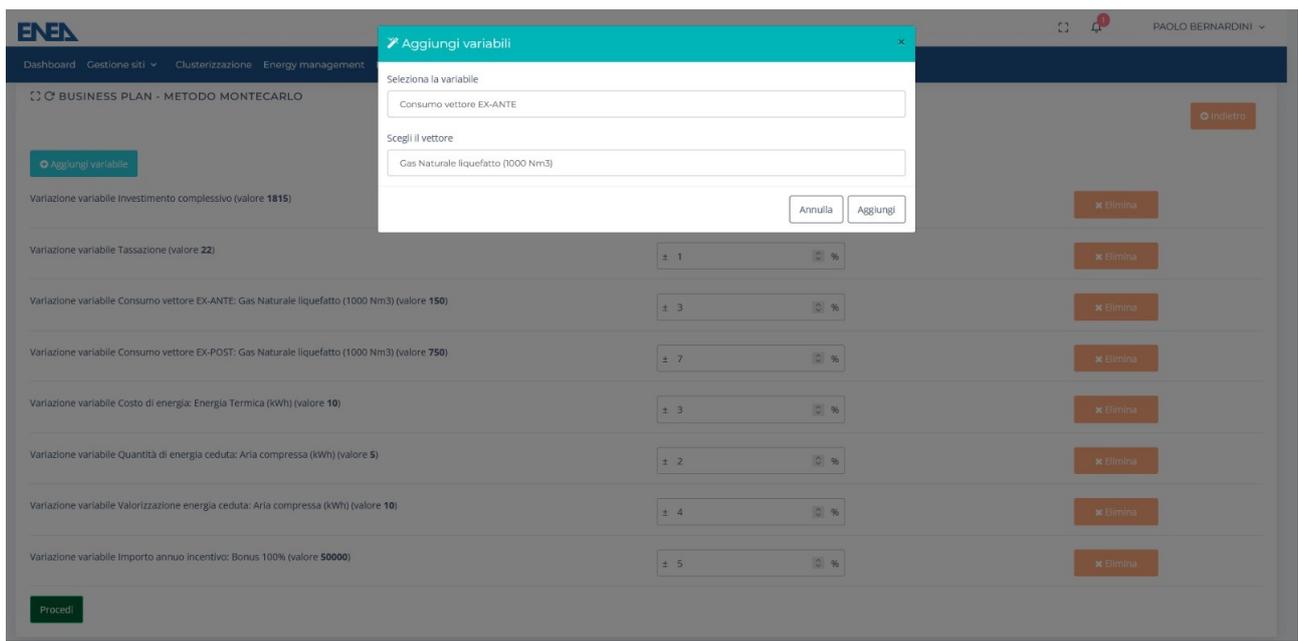


Figura 150 – Selezione variabili metodo Montecarlo

Per determinare il numero di iterazioni il tool segue la seguente procedura:

1. calcola il valore del VAN ponendo tutte le variabili al valore minimo (esempio precedente, costo e.e. = 0,19 €/kWh)
2. calcola il valore del VAN ponendo tutte le variabili al valore massimo (esempio precedente, costo e.e. = 0,21 €/kWh)
3. Calcola il valore medio e la deviazione standard dei due VAN calcolati nei punti 1 e 2;
4. Definisce il numero di iterazioni applicando la seguente formula:

$$N = \left( \frac{3 * deviazionestandard}{valoremedio} * 100 \right)^2$$

Definito il numero di iterazioni, il tool fa variare tutte le variabili indicate dall'utente all'interno del campo di variazione che ha definito e calcola per ogni combinazione di dati il valore del VAN (sostanzialmente andando a modificare i dati di input al business plan ad ogni iterazione). Tutti gli N+3 risultati del VAN ottenuti (N iterazioni + il valore del VAN calcolato inserendo i valori predefiniti più i due VAN calcolati per determinare il numero iterazione, come da punti 1 e 2 precedenti) sono, quindi, suddivisi dal tool in cluster omogenei, secondo la seguente procedura:

1. calcola il campo di variazione del VAN ( $VAN_{maggior} - VAN_{minore}$ );
2. suddivide il campo di esistenza in 10 Cluster di VAN;
3. conta quanti VAN ricadono in ciascun cluster calcolandone, quindi, la percentuale ( $numero\ VAN\ cluster_x / numero\ VAN\ vettore$ )\*100
4. grafica il risultato mettendo sull'asse delle x i cluster determinati e sull'asse delle y sia il valore percentuale di VAN appartenenti a quel cluster, sia il valore cumulato.

In Figura 151 è riportato il risultato di una simulazione Montecarlo generata dal tool.

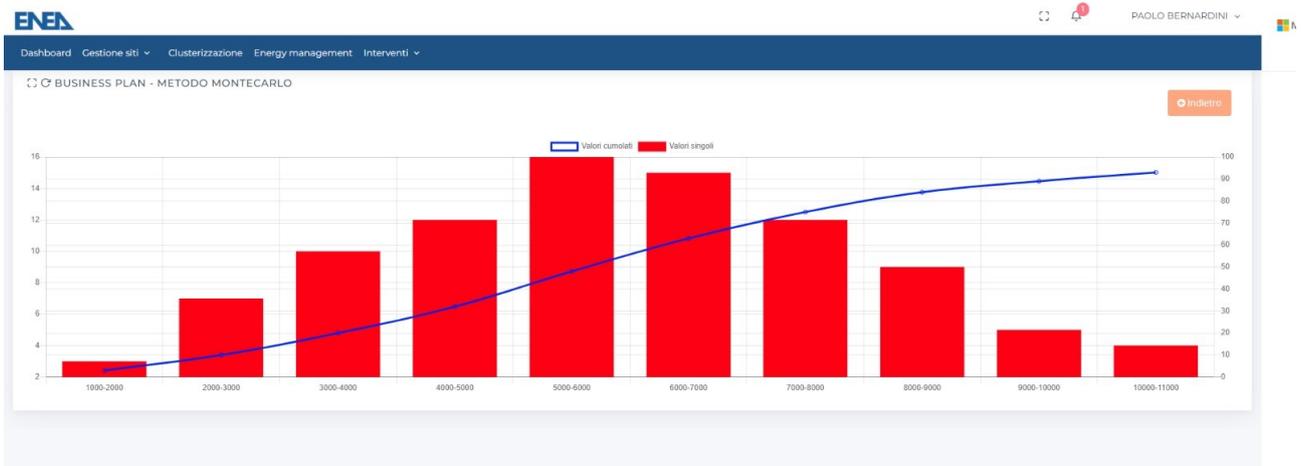


Figura 151 – Risultato di una simulazione per analisi di sensibilità tecnico-economica utilizzando il metodo Montecarlo.

## 10. Attività di coordinamento

Le numerose attività svolte nel corso della terza annualità sono state caratterizzate da una notevole interconnessione e da un coinvolgimento congiunto anche di altri attori oltre l'ENEA, ovvero i partner universitari e le associazioni di categoria.

La realizzazione del progetto ha previsto una fase di analisi dei dati provenienti da circa 2.500 diagnosi energetiche e la definizione di approcci metodologici che permettessero una rigorosa analisi degli stessi. Inoltre, la gestione delle informazioni con i partner di progetto, ovvero università ed associazioni di categoria, ha necessitato di un'intensa attività di coordinamento sia di natura gestionale che di natura tecnica.

Per quanto riguarda le attività interne, tale attività di coordinamento si è resa ancora più indispensabile a cause delle condizioni ambientali perduranti dovute alla pandemia di Sars-CoV-2, che ha impedito incontri e riunioni in presenza. Sono state quindi implementate video conferenze bisettimanali di coordinamento che hanno visto il coinvolgimento di 21 ricercatori ENEA, impegnati nell'analisi di oltre 200 sottogruppi ATECO (sia per l'individuazione degli indici di prestazione energetica che per l'individuazione delle soluzioni tecnologiche attuate e proposte). Il coordinamento è stato utile sia per monitorare lo stato di avanzamento delle attività sia per trovare una soluzione condivisa alle eventuali criticità che di volta in volta si sono presentate nel corso delle attività svolte. L'attività ha portato a raggiungere pienamente i risultati previsti nei tempi stabiliti.

Altrettanta attenzione è stata posta all'attività di coordinamento con le cinque Università e le associazioni di categoria coinvolte nel progetto. In questo caso oltre a un fitto scambio di e-mail e telefonate sono stati programmati incontri mensili con i partner cobeneficiari. Inoltre, sono stati previsti incontri tecnici mediamente bimestrali con la presenza contemporanea sia delle Università che delle associazioni di categoria di volta in volta coinvolte nelle attività. Qualora necessari, sono poi stati organizzati ulteriori incontri ad hoc per trattare temi tecnici specifici con i partner, in modo da superare gli effetti che il Sars-CoV-2 ha prodotto sulle attività in presenza, impedendo nei fatti di effettuare riunioni in presenza e sopralluoghi in situ.

## 11. Attività di Disseminazione

Il 2021 è stato un anno molto intenso dal punto di vista della disseminazione dei risultati dell'attività di ricerca portata avanti nel WP, che è stata nei fatti oggetto di numerosi articoli scientifici, di convegni organizzati ad hoc, di partecipazione a conferenze e di realizzazione linee guida settoriali. L'attività di disseminazione è stata portata avanti sia autonomamente che in collaborazione con gli altri partner del progetto, ovvero le università beneficiarie e le associazioni di categoria.

Di seguito gli articoli scientifici pubblicate nel corso della terza annualità. Sono presenti anche alcuni articoli pubblicati nel gennaio 2022 ma relativi alle attività svolte nel 2021.

### 11.1. Pubblicazioni scientifiche

Dadi, D.; Introna, V.; Santolamazza, A.; Salvio, M.; Martini, C.; Pastura, T.; Martini, F. (2022) Private Hospital Energy Performance Benchmarking Using Energy Audit Data: An Italian Case Study, *Energies* 2022, 15 (3), 806. <https://doi.org/10.3390/en15030806>

Herce, C.; Martini, C.; Salvio, M.; Toro, C. (2022) Energy Performance of Italian Oil Refineries Based on Mandatory Energy Audits, *Energies* 2022, 15 (2), 532. <https://doi.org/10.3390/en15020532>

Cantini, A.; Leoni, L.; De Carlo, F.; Salvio, M.; Martini, C.; Martini, F. (2021) Technological Energy Efficiency Improvements in Cement Industries. *Sustainability* 2021, 13, 3810. <https://doi.org/10.3390/su13073810>

Branchini, L.; Bignozzi, M.C.; Ferrari, B.; Mazzanti, B.; Ottaviano, S.; Salvio, M.; Toro, C.; Martini, F.; Canetti, A. (2021) Cogeneration Supporting the Energy Transition in the Italian Ceramic Tile Industry. *Sustainability* 2021, 13, 4006. <https://doi.org/10.3390/su13074006>

Herce, C.; Biele, E.; Martini, C.; Salvio, M.; Toro, C. (2021) Impact of Energy Monitoring and Management Systems on the Implementation and Planning of Energy Performance Improved Actions: An Empirical Analysis Based on Energy Audits in Italy. *Energies* 2021, 14, 4723. <https://doi.org/10.3390/en14164723>

Leoni, L.; Cantini, A.; De Carlo, F.; Salvio, M.; Martini, C.; Toro, C.; Martini, F. (2021) Energy-Saving Technology Opportunities and Investments of the Italian Foundry Industry. *Energies* 2021, 14, 8470. <https://doi.org/10.3390/en14248470>

Bruni, G.; De Santis, A.; Herce, C.; Leto, L.; Martini, C.; Martini, F.; Salvio, M.; Tocchetti, F.A.; Toro, C. (2021) From Energy Audit to Energy Performance Indicators (EnPI): A Methodology to Characterize Productive Sectors. The Italian Cement Industry Case Study. *Energies* 2021, 14, 8436. <https://doi.org/10.3390/en14248436>

L'attività ha portato anche alla partecipazione a conferenze, seppur in modalità web a causa delle restrizioni pandemiche tutt'ora presenti.

### 11.2. Partecipazioni a conferenze

Martini, F.; Ossidi, M.; Salvio, M.; Toro, C. (2021) Analysis of The Energy Consumption Structure and Evaluation of Energy Performance Indicators of The Italian Ceramic Industry. *Proceedings of Ecos 2021 - The 34th International Conference On Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems June 27-July 2, 2021, Taormina, Italy* <https://www.efficienzaenergetica.enea.it/component/jdownloads/?task=download.send&id=517&catid=42&Itemid=101>

### 11.3. Convegni

Il 2 dicembre 2021 l'ENEA ha organizzato a Roma, presso il Centro Congressi Frentani (via dei Frentani n. 4), un seminario (con contestuale diretta web sul Canale Youtube ENEA EVENTI) per presentare i risultati

conseguiti, in collaborazione con i vari partner universitari, nell'ambito dei WP3 e WP4 del progetto 1.6 del "Piano Triennale di Realizzazione 2019-2021 della Ricerca di Sistema Elettrico Nazionale (RDS)".

La giornata ha visto l'apertura dei lavori per i saluti istituzionali a cura del MITE nella persona dell'Ing. Mallone e a cura dell'ENEA nella persona del Capo Dipartimento DUEE Ing. Ilaria Bertini.

Successivamente i lavori hanno visto l'alternarsi delle relazioni dei colleghi ENEA e dei referenti dei partner universitari e si sono conclusi con una tavola rotonda a cui hanno partecipato i rappresentanti delle associazioni di categoria coinvolte da ENEA nel progetto, ovvero ASSOFOND, FEDERBETON, UTILITALIA, ASSOVETRO, FARMINDUSTRIA e CONFINDUSTRIA CERAMICA.

Il programma della giornata è disponibile al seguente link: [https://www.enea.it/it/seguici/events/rds\\_02dic2021/ProgrammaRdS\\_02dic2021.pdf](https://www.enea.it/it/seguici/events/rds_02dic2021/ProgrammaRdS_02dic2021.pdf), mentre la registrazione dell'evento è disponibile al seguente link: <https://www.youtube.com/watch?v=yUHZm6fKRw4>

La giornata ha visto una grossa partecipazione in sala, con oltre 100 iscritti, e un buon seguito anche on line, con quasi 600 visualizzazioni e con la partecipazione diretta degli iscritti on line al convegno tramite chat.

L'intera programmazione di giornata e le annesse presentazioni dei colleghi ENEA e dei partner universitari sono disponibili alla seguente pagina [https://www.enea.it/it/seguici/events/rds\\_02dic2021/efficienza-energetica-dei-prodotti-e-dei-processi-industriali](https://www.enea.it/it/seguici/events/rds_02dic2021/efficienza-energetica-dei-prodotti-e-dei-processi-industriali)

#### *11.4. I quaderni dell'Efficienza*

Dall'entrata in vigore dell'obbligo di diagnosi energetica previsto dal D.Lgs.102, ENEA è stata il collettore, ad oggi, di circa 30.000 diagnosi energetiche tramite il proprio portale dedicato Audit 102. Una imponente raccolta di dati che ENEA ha ritenuto doveroso valorizzare con il fine di restituire agli stakeholder utili riferimenti in termini di: consumi specifici, best practice, opportunità di miglioramento, analisi di scenario etc. Il piano della Ricerca di Sistema elettrico, programma di ricerca finanziato dal MiSE, si è quindi rivelato lo strumento più opportuno all'interno del quale collocare questa attività di analisi dei dati. In particolare, nel triennio 2019-2021, ENEA si è posta come obiettivo quello di analizzare tutti i settori merceologici afferenti al settore industriale manifatturiero al fine di individuare degli indici di riferimento per i consumi energetici e le principali best practices. Inoltre, per alcuni di questi settori è stato svolto un approfondimento maggiore, andando ad individuare, laddove dove i dati lo hanno permesso, sia indici specifici di consumi con livelli di dettaglio crescente (entrando quindi nelle fasi del processo produttivo) che i principali interventi di efficientamento energetico per ciascuna di queste fasi. Per portare avanti questa analisi di approfondimento ci si è anche avvalsi del supporto e della competenza di cinque Università Italiane quali: Università di Roma Tor Vergata, Università degli Studi della Tuscia, Università degli studi di Salerno, Università degli studi di Firenze e Università di Bologna. Oltre ai partner Universitari, come consuetudine ENEA, non poteva mancare il coinvolgimento di esperti del settore come, ad esempio, le associazioni di categoria. Questa attività ha quindi permesso la nascita di una collana di monografie settoriali che hanno il doppio fine di guidare da un lato l'auditor energetico nella realizzazione della diagnosi energetica e dall'altro fornire alle imprese degli spunti per individuare eventuali interventi di efficientamento energetico e per "confrontarsi" con il resto del settore industriale italiano.

Di seguito le pubblicazioni realizzate nell'ambito della collana "Quaderni dell'Efficienza Energetica", che è possibile trovare al link <https://www.energiaenergetica.enea.it/servizi-per/imprese/diagnosi-energetiche/pubblicazioni-e-atti.html> :

- Vetro;
- Cemento;
- Fonderie;
- Incenerimento;
- Farmaceutico.

## 12. Conclusioni

Il lavoro svolto nella terza annualità è stato il naturale proseguimento di quello svolto nel corso della seconda annualità ed ha avuto come obiettivo quello di analizzare gran parte dei settori manifatturieri al fine di individuare, laddove possibile, gli Indici di Prestazione Energetica di primo e di secondo livello.

L'analisi è stata accurata ed ha portato all'individuazione di un gran numero di indici statisticamente validi. L'approfondimento statistico, inoltre, non si è fermato alla sola regressione lineare individuata, ma si è concentrato anche sui livelli di affidabilità dei dati e dei modelli considerati. Inoltre, il lavoro di omogeneizzazione e di standardizzazione della reportistica e dei vari glossari settoriali che ENEA ha svolto nel corso degli anni, anche in collaborazione con le associazioni di categoria, ed, in contemporanea, il lavoro di rinnovamento del portale Audit102 (nuova versione per gli utenti messa on line nel luglio 2019) ha permesso di avere a disposizione e quindi di analizzare un set di dati altamente validi e significativi, soprattutto in considerazione il fatto che a partire dal 2019 le diagnosi presentate ad ENEA devono essere corredate di apposita strategia di monitoraggio e non possono basarsi sulle sole stime per la determinazione dei consumi energetici.

L'analisi dei consumi energetici settoriali, quindi, e l'analisi economica degli interventi di efficientamento energetico riportati nelle diagnosi ha permesso una caratterizzazione energetica/economica di gran parte dei settori manifatturieri analizzati, con un focus specifico sui settori delle fonderie, dell'incenerimento dei rifiuti e della industria farmaceutica.

Analogamente alla seconda annualità, oltre l'analisi dei consumi energetici settoriali e all'identificazione degli indici di prestazione, l'attività svolta ha riguardato anche la creazione di strumenti idonei per le imprese ed utili a supportare gli stakeholders di settore per l'implementazione e lo sviluppo dell'efficienza energetica nei contesti produttivi. Per questo motivo l'ENEA ha redatto, in collaborazione con le relative associazioni di categoria, ovvero ASSO FOND, FARMINDUSTRIA e UTILITALIA, le Linee guida settoriali per la realizzazione di una corretta diagnosi energetica nei settori delle fonderie, degli inceneritori e delle industrie farmaceutiche, con l'intento appunto di fornire alle imprese del settore uno strumento per ottenere diagnosi energetiche di qualità e mirate all'incremento dell'efficienza energetica.

Anche lo strumento del tool per la rendicontazione energetica, progettato e strutturato nel corso della seconda annualità, risponde a questa esigenza e nel corso della terza annualità ENEA si è occupata di implementare fattivamente lo strumento, mettendolo a disposizione delle imprese tramite il proprio portale AUDIT102. Come descritto nel capitolo 9 si può interfacciare con il portale AUDIT102 permettendo così all'utente di dover inserire eventuali informazioni comuni ai due strumenti in una sola volta. Permette, se utilizzato, di auto compilare quasi tutti i campi, richiesti ai siti sottoposti a diagnosi, all'interno del portale AUDIT102. Il tool si compone di tre moduli: Clusterizzazione, Energy management e Interventi. Il primo modulo permette di effettuare la clusterizzazione dei propri siti da sottoporre a diagnosi in maniera automatizzata ed una volta eseguita la clusterizzazione di inviarla al portale Audit102, pregenerando e compilando in parte i siti, all'interno del portale Audit102, che saranno oggetto di diagnosi energetica.

Il secondo modulo, che è il cuore del tool, è il modulo di energy management, il tool permette di ricostruire l'alberatura energetica proposta da ENEA dando la possibilità all'utente di inserire, con periodicità a lui più comoda, i dati di consumo dei differenti reparti produttivi. Inserendo anche i driver di consumo il tool fornirà una serie di output grafici in grado di rappresentare la situazione energetica del sito e come questa si è evoluta nel tempo. L'utente potrà utilizzare queste informazioni per generare eventuali report mensili per il management aziendale ed eventualmente utilizzarli per la redazione della diagnosi energetica. Il terzo modulo invece permette di gestire e valutare gli interventi di efficientamento energetico che l'azienda ha effettuato o ha intenzione di valutare. Di particolare interesse la sezione interventi proposti all'interno della quale è possibile redigere una analisi tecnico-economica dell'intervento e quindi di valutare i principali indici di fattibilità, quali VAN, TIR, tempo di ritorno etc. Permette inoltre sfruttando il metodo Montecarlo di effettuare una analisi di sensibilità di dette variabili, in particolare del VAN.

Entrambi gli strumenti, oltre ad essere uno strumento utile per le imprese, si inquadrano in maniera chiara nel solco dell'attività istituzionale di ENEA quale Agenzia Nazionale per l'Efficienza Energetica. Il

raggiungimento degli obiettivi di Efficienza Energetica sia a livello nazionale che a livello europeo, soprattutto a valle della crisi pandemica, non può che passare attraverso strumenti che rendano i comparti produttivi sempre più coscienti e sempre più attenti alle tematiche energetiche ed ambientali, soprattutto nei settori maggiormente energivori del tessuto imprenditoriale.

L'attività portata avanti nel triennio 2019/2021, ovvero l'analisi dei consumi energetici settoriali, l'analisi degli interventi di miglioramento energetico indicati nelle diagnosi, la realizzazione e la diffusione di Linee Guida Settoriali e l'implementazione di tool atti a migliorare ed efficientare la distribuzione e la gestione dei vettori energetici nei comparti produttivi, rappresentano tutti tasselli molto importanti per il raggiungimento degli obiettivi nazionali in termini di efficienza energetica.

L'efficienza energetica, difatti, in un periodo storico così particolare anche per le imprese, caratterizzato da una crisi economica globale dovuta al COVID19 e dall'incremento vertiginoso a medio termine dei costi delle forniture energetiche, può rappresentare senza dubbio il volano per una ripartenza concreta e sostenibile dei comparti produttivi.

## 13. Bibliografia

- [1] The EU's 2021-2027 long-term budget & NextGenerationEU, <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/d3e77637-a963-11eb-9585-01aa75ed71a1/language-it>
- [2] Regolamento (Ue) 2021/241 del Parlamento Europeo e del Consiglio <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R0241&from=IT>
- [3] Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) <https://www.governo.it/sites/governo.it/files/PNRR.pdf>
- [4] Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima [https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/PNIEC\\_finale\\_17012020.pdf](https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/PNIEC_finale_17012020.pdf)
- [5] Decreto Legislativo 102/2014 <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2014/07/18/14G00113/sg>
- [6] G. Bruni, A. De Santis, C. Herce, L. Leto, C. Martini, F. Martini, M. Salvio, F. A. Tocchetti, C. Toro. "Dicembre 2019 il secondo ciclo di diagnosi obbligatorie. L'analisi delle diagnosi energetiche del settore manifatturiero: elaborazione degli Indici di Prestazione Energetica di I e II livello e studio degli interventi di efficientamento energetico effettuati ed individuati - Parte 1/2", Ricerca di Sistema elettrico 2020
- [7] G. Bruni, A. De Santis, C. Herce, L. Leto, C. Martini, F. Martini, M. Salvio, F.A. Tocchetti and C. Toro, "From Energy Audit to Energy Performance Indicators (EnPI): A Methodology to Characterize Productive Sectors. The Italian Cement Industry Case Study", *Energies* 2021, 14(24), 8436; <https://doi.org/10.3390/en14248436>
- [8] DUEE-SPS-ESE, La diagnosi energetica ai sensi dell' art. 8 del D.Lgs. 102/2014. Linee Guida e Manuale Operativo. Clusterizzazione, il rapporto di diagnosi ed il piano di monitoraggio. ENEA, 2021.
- [9] ENEA-UTEE, Valutazione di indici di prestazioni energetiche per i settori: fonderie, ceramica e produzione della carta. ENEA , Dipartimento Unità per l'Efficienza Energetica, 2017.
- [10] D. Atzori et al., Dalla diagnosi alla caratterizzazione energetica di processi industriali: metodi per la valutazione e la promozione degli interventi di riqualificazione energetica. Report RdS/PAR2015/066 - Ricerca di Sistema elettrico - ENEA, 2016.
- [11] D. Santino, S. Ferrari, and M. Salvio, Valutazioni preliminari sugli indici di prestazione energetica nel settore della produzione del vetro. ENEA - UTEE, 2016.
- [12] US-DOE-AMO, "Energy Performance Indicator Tool - U.S. Department of Energy's Advanced Manufacturing Office," 2018. <https://www.energy.gov/eere/amo/articles/energy-performance-indicator-tool>.
- [13] P. Therkelsen et al., "The Value of Regression Models in Determining Industrial Energy Savings," in *Industrial Efficiency 2016*, 2016, pp. 389–399.
- [14] IPMVP, Concepts and Options for Determining Energy and Water Savings Volume I. International Performance Measurement & Verification Protocol, 2002.
- [15] DoE, Guidance for the SEP 50001TM Program Measurement & Verification Protocol: 2019. Superior Energy Performance 50001TM(SEP 50001TM), 2019.
- [16] UNI/ISO, UNI ISO 50006:2015 - Sistemi di gestione dell'energia - Misurazione della prestazione energetica utilizzando il consumo di riferimento (Baseline - EnB) e gli indicatori di prestazione energetica (EnPI) - Principi generali e linee guida. UNI, 2015.
- [17] IEA, Energy Efficiency Indicators: Fundamentals on Statistics. IEA, Paris, 2014.
- [18] IEA, Energy Efficiency Indicators: Essentials for Policy Making. IEA, Paris, 2014.
- [19] R. Menghi, A. Papetti, M. Germani, and M. Marconi, "Energy efficiency of manufacturing systems: A review of energy assessment methods and tools," *Journal of Cleaner Production*, vol. 240. Elsevier Ltd, p. 118276, Dec. 10, 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.118276.
- [20] G. A. Boyd and J. X. Pang, "Estimating the linkage between energy efficiency and productivity," *Energy Policy*, vol. 28, no. 5, pp. 289–296, May 2000, doi: 10.1016/S0301-4215(00)00016-1.

- [21]Y. Chen and P. Therkelsen, The effect of linear regression modeling approaches on determining facility wide energy savings. Energy Technologies Area, Lawrence Berkeley National Laboratory, 2019.
- [22]S. Bonnini, Capitolo 12 - La regressione lineare semplice. Statistica Applicata. Corso di Laurea in "Scienze e tecnologie Alimentari". Università di Padova, 2006.
- [23]G. Boyd, E. Dutrow, and W. Tunnessen, "The evolution of the ENERGY STAR® energy performance indicator for benchmarking industrial plant manufacturing energy use," J. Clean. Prod., vol. 16, no. 6, pp. 709–715, Apr. 2008, doi: 10.1016/j.jclepro.2007.02.024.
- [24]G. Makridou, K. Andriosopoulos, M. Doumpos, and C. Zopounidis, "Measuring the efficiency of energy-intensive industries across european countries," Energy Policy, vol. 88, pp. 573–583, Jan. 2016, doi: 10.1016/j.enpol.2015.06.042.
- [25]A. Azadeh, M. S. Amalnick, S. F. Ghaderi, and S. M. Asadzadeh, "An integrated DEA PCA numerical taxonomy approach for energy efficiency assessment and consumption optimization in energy intensive manufacturing sectors," Energy Policy, vol. 35, no. 7, pp. 3792–3806, Jul. 2007, doi: 10.1016/j.enpol.2007.01.018.
- [26]A. G. Asuero, A. Sayago, and A. G. González, "The Correlation Coefficient: An Overview," Crit. Rev. Anal. Chem., vol. 36, no. 1, pp. 41–59, Jan. 2006, doi: 10.1080/10408340500526766.
- [27]C. J. L. Cunningham, B. L. Weathington, and D. J. Pittenger, Eds., "Appendix B: Statistical Tables," in Understanding and Conducting Research in the Health Sciences, 2013, pp. 479–520.
- [28]Decreto ministeriale 21 dicembre 2017 - Agevolazioni imprese energivore, [https://www.mise.gov.it/images/stories/normativa/decreto\\_ministeriale\\_21\\_dicembre\\_2017\\_%20agevolazioni\\_impres\\_energivore.pdf](https://www.mise.gov.it/images/stories/normativa/decreto_ministeriale_21_dicembre_2017_%20agevolazioni_impres_energivore.pdf)
- [29]Rielaborazione ASSOFOND dati ISTAT, [www. https://www.assofond.it/](http://www.assofond.it/)
- [30]Rapporto rifiuti urbani, Edizione 2021, Ispra.
- [31]Linea Guida per l'Esecuzione della diagnosi Energetica ai sensi dell'articolo 8 del d.lgs. 102/2014: Impianti di Incenerimento dei rifiuti, febbraio 2018, a cura di UTILITALIA.
- [32]Indicatori Farmaceutici 2021, <https://www.farminindustria.it/app/uploads/2021/07/indicatorifarmaceutici2021-PUBBLICO.pdf>
- [33]EudraLex - Volume 4 - Good Manufacturing Practice (GMP) guidelines, European commission
- [34]<https://www.redhat.com/it/topics/api/what-is-a-rest-api>