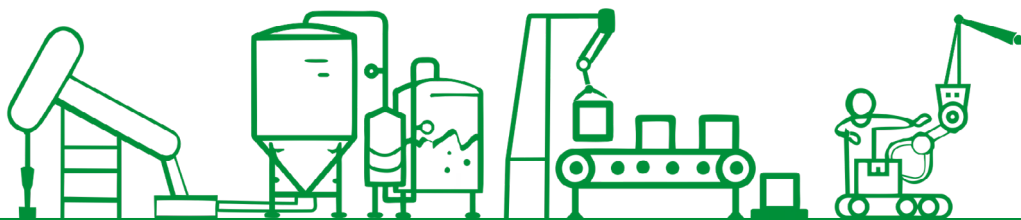


FARMACEUTICA



*Efficienza
Energetica
nei Settori
Economici*



QUADERNI DELL'EFFICIENZA ENERGETICA

AGENZIA NAZIONALE
EFFICIENZA ENERGETICA





FARMACEUTICA

ENEA DUEE-SPS-ESE
QUADERNI DELL'EFFICIENZA ENERGETICA

FARMACEUTICA

Prima edizione Dicembre 2021

ISBN Edizione digitale: 978-88-8286-423-1

Autori

Giacomo Bruni, Chiara Martini, Fabrizio Martini,
Marcello Salvio

Hanno collaborato

Per ENEA: A. De Santis, C. Herce, L. Leto, F.A. Tocchetti, C. Toro
Per l'Università degli Studi di Firenze: Prof. F. De Carlo, A. Cantini, L. Leoni

Si ringrazia per il prezioso supporto fornito

FARMINDUSTRIA



Questa pubblicazione è stata realizzata nell'ambito della Ricerca di Sistema PTR 2019-2021,
Progetto I.6 "Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali",
finanziato dal Ministero dello Sviluppo Economico (ora Ministero della Transizione Ecologica)

Resp. Scientifico, Miriam Benedetti

Work Package 4: "Definizione di best practices e di indicatori di performance per interventi di efficienza
energetica"

Resp. Scientifico, Fabrizio Martini

Editing grafico Giorgio Scavino

Tipografia La Commerciale

FARMACEUTICA

Sommario

	Premessa	7
	Presentazione	9
	Prefazione	11
1.	Quadro normativo di riferimento	14
2.	Obiettivo della pubblicazione	18
3.	L'industria farmaceutica in Italia	22
3.1.	Protezione dell'ambiente e risparmio Energetico	24
3.2.	Distribuzione territoriale delle imprese	26
3.3.	Prodotti farmaceutici	27
4.	Metodologia di analisi dei dati	32
5.	La diagnosi energetica	38
5.1.	Redazione del rapporto di diagnosi energetica	38
5.2.	La diagnosi negli impianti farmaceutici	42
5.3.	Ciclo di produzione	43
5.4.	Rendicontazione dei consumi energetici	45
5.4.1.	Attività Principali	47
5.4.2.	Servizi Ausiliari	48
5.4.3.	Servizi Generali	50
5.5.	Indicatori di prestazione energetica	51
5.6.	Procedure per definire un piano di monitoraggio dei consumi energetici	55
5.6.1.	Modalità di Misurazione	55
5.6.2.	Fasi per la progettazione di piano di monitoraggio	56
5.6.3.	Impianti farmaceutici: reparti da includere nel monitoraggio	59
5.6.4.	Esempio di un piano di monitoraggio in un impianto farmaceutico	60
6.	Risultanze delle diagnosi energetiche	72
6.1.	Il campione di riferimento	72
6.1.1.	Distribuzione territoriale e caratteristiche climatiche	72
6.1.2.	Alcune informazioni delle imprese e dei siti sottoposti a diagnosi energetica	75

6.2.	Caratteristiche degli impianti produttivi	76
6.2.1.	Caratteristiche produttive dei siti	76
6.2.2.	Consumi energetici	80
6.2.2.1.	Ripartizione dei consumi Energetici nelle aree funzionali	81
6.2.2.2.	Ripartizione dei consumi Energetici all'interno delle aree funzionali	83
6.2.3.	Caratteristiche tecnologiche degli impianti	86
6.2.3.1.	Produzione di calore	86
6.2.3.2.	Produzione del Freddo	87
6.2.3.3.	Impianti di cogenerazione	88
6.2.3.4.	Produzione aria compressa	89
6.2.4.	Indicatori di Prestazione Energetica di primo livello o generali (IPEg)	90
6.2.4.1.	Destinazione d'uso generale: Produzione in massa [kg]	91
6.2.4.2.	Destinazione d'uso generale: Superfici produttive [m ²]	94
6.2.5.	Indicatori di Prestazione Energetica di secondo livello o specifici (IPEs)	98
6.2.5.1.	Indicatori di Prestazione Energetica specifici – Attività Principali	98
6.2.5.2.	Indicatori di Prestazione Energetica specifici – Servizi Ausiliari	101
6.2.5.2.1.	IPEs – Servizi Ausiliari: UTA	101
6.2.5.2.2.	IPEs – Servizi Ausiliari: Aria compressa	103
7.	Interventi di efficienza energetica: soluzioni tecnologiche per il settore dell'Industria Farmaceutica	108
7.1.	Produzione di compresse	109
7.1.1.	Miscelazione	109
7.1.2.	Granulazione	110
7.1.3.	Macinazione e Macinazione a secco	114
7.1.4.	Essiccazione	116
7.1.5.	Compressione e Compressione diretta	118
7.1.6.	Ricopertura o <i>coating</i>	119
7.2.	Tecniche per il miglioramento delle caratteristiche dei materiali	121
7.2.1.	Miglioramento della solubilità	121
7.2.2.	<i>Additive manufacturing</i> per le pasticche	122
7.3.	Produzione di capsule	123

7.4.	Produzione medicinali liquidi	125
7.4.1.	Trasporti e stoccaggio	127
7.5.	Produzione di creme	128
7.6.	Produzione di <i>wound dressing</i>	129
7.6.1.	Medicazioni in fibre	129
7.6.2.	Medicazione in tessuti	131
7.6.3.	Aggiunta delle sostanze medicinali	132
7.6.4.	Sterilizzazione	134
7.7.	Sistemi di supporto	137
7.7.1.	Incremento dell'efficienza dell'impianto tramite pompa di calore acqua - acqua	137
7.7.2.	Auto produzione di energia	143
7.8.	Varie	145
8.	Analisi degli interventi	148
8.1.	Metodologia di analisi	148
8.2.	Risultati complessivi	152
8.3.	Risultati per il settore farmaceutico	153
 ALLEGATO -		
	Schede settoriali degli interventi effettuati ed individuati	167
	ATECO 21.10.00: Fabbricazione di prodotti farmaceutici di base	168
	ATECO 21.20.09: Fabbricazione di medicinali ed altri preparati farmaceutici	176
 APPENDICE - A		
	Analisi statistica relativa ai prelievi e consumo d'acqua negli impianti farmaceutici	185
 APPENDICE - B		
	Valutazione della rappresentatività statistica di una analisi di regressione	189
 Bibliografia		 193

Premessa

Il presente lavoro è afferente all'attività di ricerca finanziata con il **“Piano della Ricerca di sistema elettrico per il triennio 2019-2021”** e regolamentata attraverso l'Accordo di Programma² tra MiSE (oggi in capo al Ministero della Transizione Ecologica – MiTE) e RSE, ENEA e CNR.

L'attività individuata dall'accordo di programma, come previsto dall'articolo 15 della legge 241 del 1990, attraverso la cooperazione tra il Ministero dello sviluppo economico e gli Enti firmatari (ENEA, RSE e CNR) ha lo scopo di sviluppare nuove conoscenze e tecnologie in grado di contribuire alla transizione energetica del Paese e, allo stesso tempo, per gli Enti firmatari rappresenta un campo di indagine primario per lo svolgimento delle attività istituzionali di ricerca e sviluppo nel settore dell'energia.

L'attività è finanziata dal **“Fondo per il finanziamento delle attività di ricerca”** (art. 11 del decreto 26 gennaio 2000). Tale fondo è alimentato dal gettito, versato mensilmente a CSEA dai distributori elettrici, della componente tariffaria A5RIM della bolletta dei clienti finali, la cui entità è stabilita trimestralmente dall'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente (ARERA).

L'attività oggetto di questa pubblicazione, parte integrante del **Work Package 4 del Progetto di ricerca I.6.** (da ora in poi **WP4**) **“Definizione di best practices e di indicatori di performance per interventi di efficienza energetica”**, ha lo scopo di valorizzare la banca dati costituita dalle diagnosi energetiche pervenute ad ENEA ai sensi dell'articolo 8 del D.Lgs. 102/2014. Il progetto prevede la determinazione e la valutazione di indici di prestazione energetica di riferimento per il settore produttivo manifatturiero. Inoltre, per i principali settori manifatturieri, sono previste caratterizzazioni e analisi specifiche dei processi produttivi caratteristici del settore.

¹ <http://www.ricercadisistema.it>

² <https://www.mise.gov.it/index.php/it/energia/energia-elettrica/ricerca-di-sistema-elettrico-nazionale/17-energia/energia-elettrica/2041222-piano-della-ricerca-di-sistema-elettrico-per-il-triennio-2019-2021-accordo-di-programma-tra-mise-e-rse-enea-e-cnr>

Per la realizzazione del WP4 ENEA si è avvalsa della collaborazione di cinque Università:

- ✦ **Alma Mater Studiorum - Università di Bologna** (Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali);
- ✦ **Università degli Studi di Roma Tor Vergata** (Dipartimento di Ingegneria dell'Impresa);
- ✦ **Università degli Studi di Salerno** (Dipartimento di Ingegneria Industriale);
- ✦ **Università degli Studi della Tuscia** (Centro Interuniversitario per l'innovazione Tecnologica e lo sviluppo del territorio);
- ✦ **Università degli Studi di Firenze** (Dipartimento di Ingegneria Industriale).

Il WP4 si colloca all'interno di un contesto più ampio individuato dal **Progetto di ricerca 1.6** "*Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali*". L'obiettivo del progetto è la realizzazione di strumenti e metodologie per la promozione e diffusione delle tecnologie ad alta efficienza energetica, per favorire il mercato di prodotti più performanti sia a livello di componenti sia a livello di sistemi energetici e contribuire alla riduzione della spesa energetica nazionale aumentando la competitività del settore produttivo rispetto ai mercati internazionali. La finalità è quella di fornire un maggiore visibilità a quelle misure di efficientamento energetico che, in alcuni casi, sono note alla comunità scientifica, ma poco esplorate da un punto di vista ingegneristico e che presentano notevoli barriere alla diffusione di tipo conoscitivo, gestionale ed economico.

Presentazione

Con la direttiva 2012/27/UE l'Unione europea ha rimarcato il ruolo dell'efficienza energetica, in quanto capace di garantire un sistema energetico meno esposto ai rischi e alla volatilità che la crescita economica globale inevitabilmente determina e di contribuire alla riduzione di emissioni di CO₂ e inquinanti locali per una crescita sostenibile. La direttiva è stata recepita in Italia nel luglio 2014 con il Decreto Legislativo 102/2014 che, tra le altre cose, ha introdotto per una parte del sistema produttivo italiano (le grandi imprese e le imprese energivore) l'obbligo di effettuare una diagnosi energetica ogni quattro anni, a partire dal dicembre 2015. In tal modo il decreto recepisce l'indirizzo e lo spirito della Direttiva 2012/27/UE sull'Efficienza Energetica, che individua nella diagnosi energetica uno strumento efficace per la promozione dell'efficienza energetica nel mondo produttivo al fine di una corretta gestione dell'energia sia dal punto di vista tecnico sia economico.

In tale contesto il decreto assegna ad ENEA il ruolo di gestore del meccanismo delle diagnosi energetiche obbligatorie e di supporto al Ministero, nella verifica e controllo del corretto adempimento agli obblighi previsti per i soggetti obbligati.

Dall'entrata in vigore dell'obbligo di diagnosi energetica previsto dal D.Lgs.102/2014, 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.

Ritengo doveroso, quindi, ringraziare tutti gli attori coinvolti per il prezioso supporto fornito che ha permesso di valorizzare ed arricchire l'attività di analisi di ENEA.

Voglio, infine, rivolgere un ringraziamento particolare a FARMINDUSTRIA e a tutti gli Associati per i numerosi spunti forniti, l'attenzione ed il supporto che hanno rivolto in questa attività di ricerca.

Ilaria Bertini

*Capo Dipartimento
Unità Efficienza Energetica, Enea*

Prefazione

Oggi più che in passato la crisi pandemica ha reso evidente la necessità di ripensare il modello di sviluppo economico e il modello di consumo delle risorse disponibili e del capitale naturale, nell'ottica della sostenibilità, verso un modello, quindi, orientato alla maggiore efficienza dei processi di produzione e di consumo. In particolare, con la pandemia è emerso il forte legame che unisce salute e ambiente, ben rappresentato dal modello *One Health*, una visione olistica basata sul riconoscimento che salute umana, animale e dell'ecosistema sono legate indissolubilmente. Un legame e, in generale, un'attenzione all'ambiente che ha portato nel tempo l'industria farmaceutica ad adottare pienamente gli Obiettivi 2030 delle Nazioni Unite e a impegnarsi nella transizione verso un modello di sviluppo sostenibile in linea con il *Green Deal* dell'Unione Europea.

L'impegno delle aziende è crescente, per l'ottimizzazione energetica dei processi produttivi e la circolarità nell'uso delle risorse, con un approccio a 360° lungo tutto il ciclo di vita del farmaco. Considerando la crescita della produzione, nel decennio 2008-2018 il settore ha abbattuto del 32% le emissioni di gas climalteranti e del 59% i consumi energetici, un dato superiore alla media manifatturiera, rispettivamente di -28% e -17%. Risultati che confermano l'elevata propensione delle imprese del farmaco a investire in tecnologie per una maggiore efficienza dei processi produttivi e in particolare in soluzioni che azzerano o riducono alla fonte l'inquinamento generato.

Un impegno che continuerà nei prossimi anni e che abbiamo deciso di rinnovare anche attraverso la collaborazione con ENEA e alcune prestigiose università italiane al progetto di ricerca sull'efficienza energetica, che ha portato alla realizzazione del presente quaderno, con l'obiettivo di fornire alle imprese un utile strumento di supporto nell'analisi della performance energetica e nelle scelte di razionalizzazione dei processi produttivi che possano favorire la transizione verso un'economia più sostenibile.

Massimo Scaccabarozzi

Presidente Farmindustria





**QUADRO NORMATIVO
DI RIFERIMENTO**

1

I. Quadro normativo di riferimento

In attuazione delle Direttive sull'efficienza energetica emanate dal Parlamento Europeo l'Italia ha recepito prima con il **Decreto Legislativo n°102 del 4 luglio 2014** [1] (G.U. Serie Generale n.165 del 18 luglio 2014) la Direttiva 2012/27/UE e successivamente con il **Decreto Legislativo n°73 del 14 luglio 2020** [2] (G.U. Serie Generale n.175 del 14-07-2020) la Direttiva 2018/2002/UE che ha modificato ed adeguato alcune parti della direttiva 2012/27/UE.

L'art. 8 del D.Lgs. 102/2014 con le modifiche introdotte dal D.Lgs. 73/2020, individua i soggetti obbligati che a partire dal 5 dicembre 2015 debbono svolgere, con cadenza quadriennale, una diagnosi energetica presso i propri siti produttivi. I soggetti obbligati sono:

- ✓ le grandi imprese³ (comma 1);
- ✓ le imprese a forte consumo di energia⁴ (comma 3).

La diagnosi energetica è lo strumento cardine per analizzare il quadro della gestione energetica di un'attività (industriale, servizi, primario e terziario) perchè attraverso di essa qualunque impresa può valutare sistematicamente come venga utilizzata l'energia all'interno del proprio sito produttivo dal punto di ingresso al suo utilizzo finale.

Il D. Lgs. 102/2014 affida ad ENEA l'attività di gestione del meccanismo attraverso:

- La realizzazione di una banca dati in grado di permettere il controllo dell'applicazione dell'obbligo (Art. 8 comma 5);
- Il controllo sulla conformità delle diagnosi all'allegato 2 dei sopracitati decreti, realizzabile anche tramite attività in situ (Art.8 comma 6);
- La realizzazione e la pubblicazione di un rapporto di sintesi sulle attività diagnostiche complessivamente svolte e sui risultati raggiunti (Art. 8 comma 8).

³ Ogni entità, a prescindere dalla forma giuridica, che eserciti un'attività economica con più di 250 occupati e con un fatturato annuo che superi i 50 milioni di euro, oppure il cui totale di bilancio annuo superi i 43 milioni di euro, i cui effettivi e soglie finanziarie sono calcolabili secondo i criteri e i principi stabiliti dalla raccomandazione 2003/362/CE della Commissione europea del 6 maggio 2003.

⁴ Le imprese che si avvalgono delle agevolazioni alle imprese energivore previste dal Decreto Ministeriale del 21 dicembre 2017 attuazione dell'articolo 19 della legge 20 novembre 2017, n. 167 recante Disposizioni per l'adempimento degli obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia all'Unione europea.







OBIETTIVO DELLA
PUBBLICAZIONE

2

2. Obiettivo della pubblicazione

L'obiettivo di questa pubblicazione è quello di fornire alle imprese operanti nel settore dell'industria farmaceutica e ai professionisti uno strumento di ausilio nella redazione di una diagnosi energetica di qualità.

Obiettivo principale di una diagnosi energetica è **l'individuazione e la quantificazione delle opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi-benefici, attraverso l'analisi della distribuzione e della gestione dei vettori energetici nel sito sottoposto ad analisi.**

Per poter individuare delle opportunità di efficientamento energetico sono necessari tre presupposti fondamentali:

- una corretta analisi dei flussi energetici;
- una conoscenza degli indici/parametri di riferimento per confrontare i propri risultati (in termini di indicatori prestazionali) con lo stato dell'arte presente per lo specifico settore nella letteratura scientifica;
- una conoscenza delle possibili opportunità di miglioramento caratteristiche del settore che si sta analizzando.

La presente pubblicazione, attraverso l'analisi delle diagnosi energetiche pervenute ad ENEA nel periodo 2019-2020 per l'ottemperamento degli obblighi previsti dall'Art.8 del D. Lgs. 102/2014, e grazie al supporto di FARMINDUSTRIA, di esperti del settore e dei gruppi di ricerca universitari coinvolti nel progetto vuole proporsi come un utile strumento per redigere la diagnosi energetica in modo più consapevole fornendo indicazioni relative ai tre presupposti fondamentali sopra citati.

La parte iniziale del documento comprende una descrizione generale del settore produttivo oggetto della presente pubblicazione.

Nella parte successiva del documento vengono descritte:

- la metodologia di approccio alle informazioni ricavabili sia dalle diagnosi energetiche che da pubblicazioni tecniche presenti in letteratura;
- la modalità di conduzione di una diagnosi energetica di qualità, tenendo conto anche delle prescrizioni normative legate alla presenza di dati

misurati. Viene descritta anche la modalità di rappresentazione dei dati ricavati in una diagnosi, secondo quanto previsto dalle linee guida generali per la redazione della diagnosi energetica realizzate da ENEA;

- la tipologia dei differenti processi presenti nel settore e i diversi prodotti, pertanto, verranno rappresentati i *flow chart* di diverse tipologie di prodotto/processo dettagliandone le fasi principali, con i relativi parametri caratteristici da prendere in considerazione nella diagnosi. Per alcune tipologie di processo verranno fornite indicazioni su come generalmente i consumi energetici si ripartiscono all'interno delle differenti aree funzionali. Lì dove i dati delle diagnosi energetiche pervenute ad ENEA lo abbiano permesso verranno forniti indici di prestazione energetica sia di primo che di secondo livello (scendendo cioè nelle fasi del processo);
- la parte finale della pubblicazione avrà come oggetto un elenco ed un'analisi delle principali opportunità di miglioramento. In particolare, saranno prima riportati tutti gli specifici interventi che possono insistere sulle diverse fasi del processo ricavabili in letteratura e successivamente un'analisi tecnico-economica degli interventi proposti nelle diagnosi energetiche.





L'INDUSTRIA FARMACEUTICA
IN ITALIA

3

3. L'industria farmaceutica in Italia

L'Italia è oggi uno dei principali poli in Europa per la produzione di farmaci e vaccini¹, 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. In base agli ultimi dati Eurostat, le imprese del settore farmaceutico operanti in Italia sono più di 280, di cui 219 sono produttrici di specialità medicinali. Di queste, circa il 90% è associato a Farindustria, con una rappresentanza del 95% del mercato. Nel 2020 il valore della produzione farmaceutica realizzata in Italia è stato pari a 34,3 miliardi di euro, con un export che ne rappresenta oltre l'85%. Gli addetti sono 67 mila e gli investimenti ammontano a oltre 3 miliardi di euro, di cui 1,6 miliardi in R&S. Nella *Tabella 3.1* sono riportati le principali grandezze che hanno caratterizzato l'industria farmaceutica italiana nel 2020.

PRINCIPALI GRANDEZZE DELL'INDUSTRIA FARMACEUTICA IN ITALIA NEL 2020	
34,3 miliardi	Valore della produzione (+1% rispetto al 2019).
85%	Quota export/produzione negli ultimi 5 anni.
+ 4.4 miliardi	Saldo estero totale, con valori ancora più elevati per farmaci e vaccini.
3 miliardi	Valore degli investimenti, dei quali 1,6 in Ricerca e Sviluppo.
67.000	Addetti alla farmaceutica (+1.8% rispetto al 2019), di cui 90% laureati o diplomati.
+12%	Crescita degli addetti negli ultimi 5 anni (+16% per gli under 35).
43%	Donne sul totale degli addetti, più che negli altri settori (29%) e con ruoli apicali.
1° posto tra i settori industriali in Italia per	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Investimenti in open innovation per addetto. ☞ Accordi di innovazione con università e centri pubblici di ricerca. ☞ Valore aggiunto per addetto e tasso di internazionalizzazione. ☞ Formazione, welfare aziendale e sostegno alla genitorialità. ☞ Indice Istat di Competitività.

Tabella 3.1 – I numeri dell'industria farmaceutica in Italia nel 2020 (Fonte: Farindustria [3], elaborazioni su fonti varie).

1 Nel confronto europeo, gli ultimi dati disponibili (Efpia, 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). Disponibile al link: <https://www.efpia.eu/publications/downloads/efpia/the-pharmaceutical-industry-in-figures-2021/>.

Il settore è individuato dal Codice ATECO Divisione 21, e dalle classi 21.1, “Fabbricazione di prodotti farmaceutici di base”, e 21.2 – “Fabbricazione di medicinali ed altri preparati farmaceutici”.

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%).

Nella farmaceutica la dimensione media delle imprese è certamente più grande rispetto alla media dell’industria: 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.

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.

3.1. 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 (anidride carbonica, biossido di azoto, metano e altri gas), rispetto a un calo del 28% della media manifatturiera, com'è visibile in *Figura 3.1*;

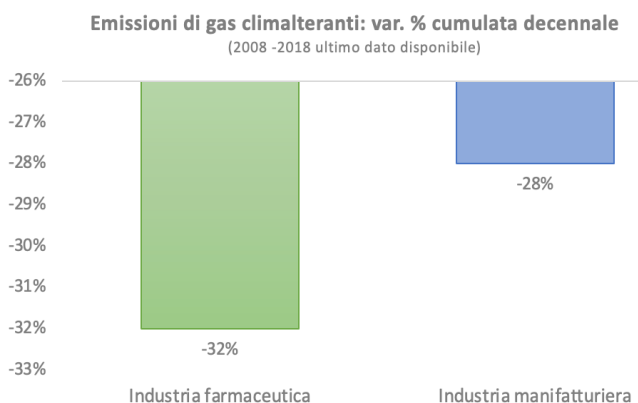


Figura 3.1 – Principali risultati dell'industria farmaceutica negli ultimi 10 anni in termini di emissioni di gas climalteranti e consumo energetico (Fonte: elaborazioni Farmindustria su dati Istat).

- del 59% i consumi energetici, rispetto a una media dell'industria manifatturiera del -17%, visibile nel grafico in *Figura 3.2*.

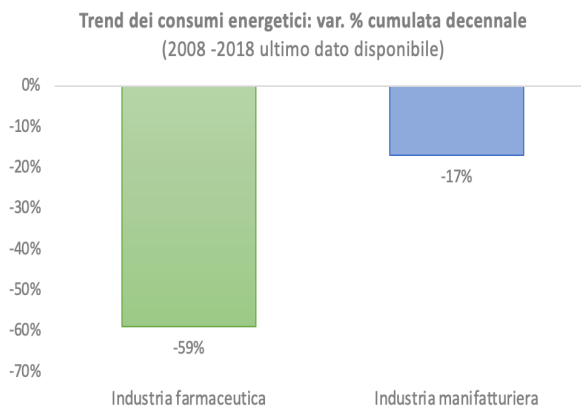


Figura 3.2 – Principali risultati dell'industria farmaceutica negli ultimi 10 anni in termini di emissioni di gas climalteranti e consumo energetico (Fonte: elaborazioni Farmindustria su dati Istat).

Questi risultati sono frutto degli investimenti in tecnologie green delle imprese (Figura 3.3):

- 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%.
- 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.

L'industria farmaceutica ha anche dato vita nel 2015 alla cosiddetta Eco-Pharmaco Stewardship (EPS), un programma europeo di gestione intelligente e sostenibile dell'impatto ambientale del farmaco lungo tutto il suo ciclo di vita.

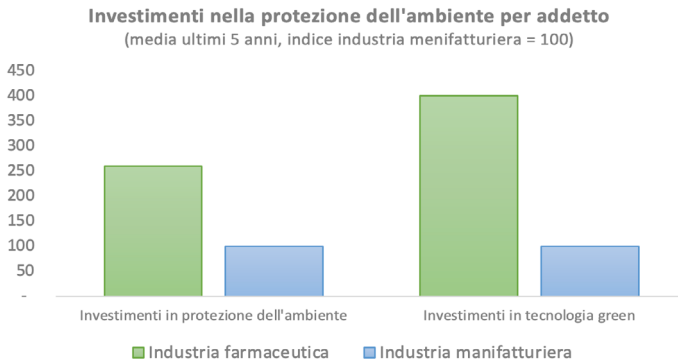


Figura 3.3 – Investimenti nella protezione dell'ambiente per addetto (Fonte: elaborazioni Farminindustria su dati Istat).

3.2 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 3.4*).



Figura 3.4 - Distribuzione territoriale (Fonte: Farmindustria [3]).

3.3 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: 21.1 per la produzione del principio attivo, 21.2 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 Regolatore 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*) [4].







**METODOLOGIA
DI ANALISI DEI DATI**

4

4. Metodologia di analisi dei dati [5]

In questo capitolo viene illustrata sinteticamente la metodologia adoperata da ENEA nell'analisi dei dati per l'individuazione degli indici di prestazione energetica caratteristici del processo operativo nell'ambito dell'industria farmaceutica, ovvero per l'individuazione degli Indici di Prestazione Energetica di primo livello (o indici di prestazione energetica globale IPEg) e di quelli di secondo livello (o indici di prestazione energetica specifici IPEs) [5].

Per indici di primo livello si intendono gli indici calcolati andando a considerare l'energia totale consumata dei singoli vettori energetici rispetto al parametro caratteristico di produzione (es. tonnellate, metri quadri, etc.). Riprendendo la struttura energetica proposta da ENEA [6,7], sono gli indici ricavabili dai dati forniti al livello B della struttura energetica aziendale (Figura 4.1).

Per indici di secondo livello si intendono invece gli indici specifici che per ciascun vettore energetico scendono nel dettaglio del processo (es. alimentazione rifiuti, forno, consumi ausiliari, etc.). Questa tipologia di indice è di più difficile determinazione in quanto dipende in maniera stretta dal processo e da come il consumo è misurato ed imputato ad esso. Facendo riferimento alla struttura energetica proposta da ENEA, questa tipologia di indice si basa sui dati forniti al livello D (Figura 4.1).

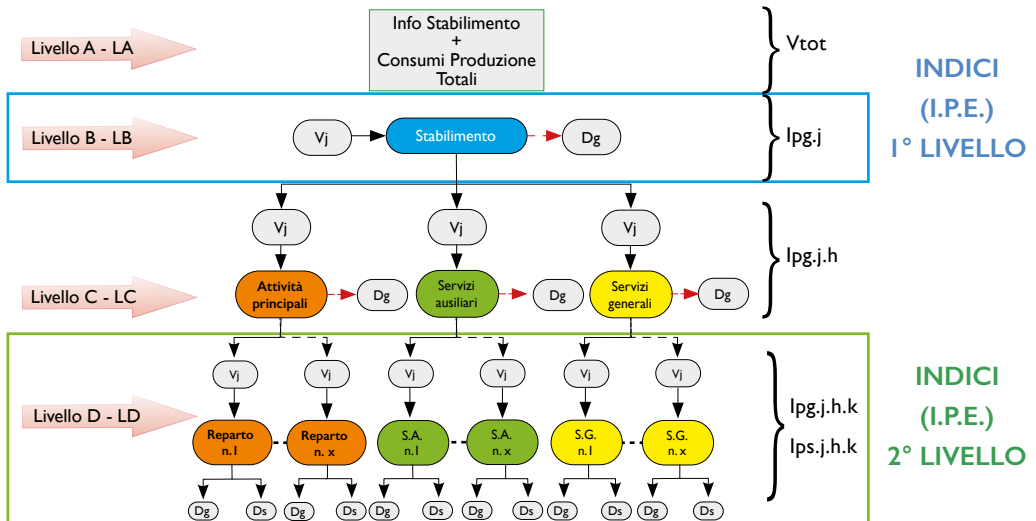


Figura 4.1 - Schematizzazione della struttura energetica aziendale e caratterizzazione del livello degli IPE

Sinteticamente la metodologia di analisi utilizzata 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 sia i file dei rapporti tecnici che i fogli di calcolo di riepilogo dei consumi allegati al rapporto tecnico (laddove presenti). È importante sottolineare l'ingente lavoro di omogeneizzazione effettuato preventivamente per eliminare dalla popolazione analizzata tutti gli elementi considerati non utili (ad esempio, perché aventi unità di produzione (U.P) non coerenti con 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, pari a 5, al di sotto della quale la modellizzazione risulta essere non rappresentativa.
- **Fase 2 - Ricerca della correlazione tra consumo e produzione:** viene effettuata un'analisi di regressione lineare al fine di valutare "la bontà" della relazione che esiste tra i consumi ed il parametro di aggiustamento (es. produzione) utilizzato. Questa valutazione viene fatta attraverso l'analisi dei principali indici statistici come l' R^2 , l'indice di *Pearson* ed il valore del P-value (vedi *Appendice B*). Il controllo della correlazione rappresenta un passaggio importante per capire se effettivamente il consumo energetico sia legato al parametro di aggiustamento o vi sia la presenza di altri fattori in gioco più influenti.
- **Fase 3 - Aggregazione dati:** l'analisi precedente, in alcuni casi, permette di individuare la presenza di gruppi o cluster di siti, che possono dare indicazioni su tipologie di prodotti o processi differenti. Oppure è possibile individuare macro raggruppamenti legati ai volumi di produzione.
- **Fase 4 – Individuazione IPE di riferimento:** ultima fase, qualora le fasi precedenti suggeriscano un legame tra il consumo energetico ed il parametro di influenza si passa all'individuazione degli IPE di riferimento, che potranno essere differenziati per specifiche tecnologie, processi, prodotti o intervalli

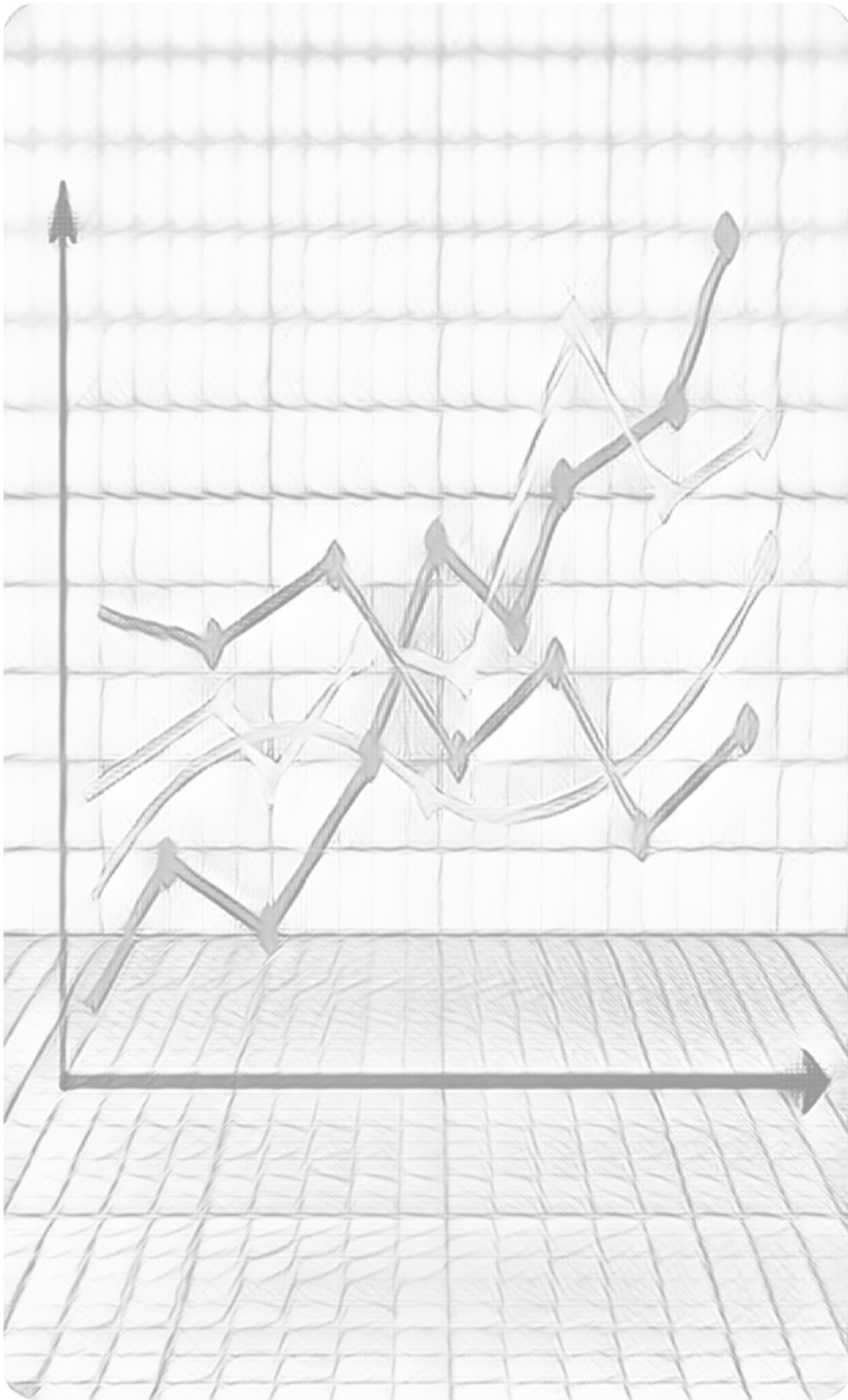
di produzione.

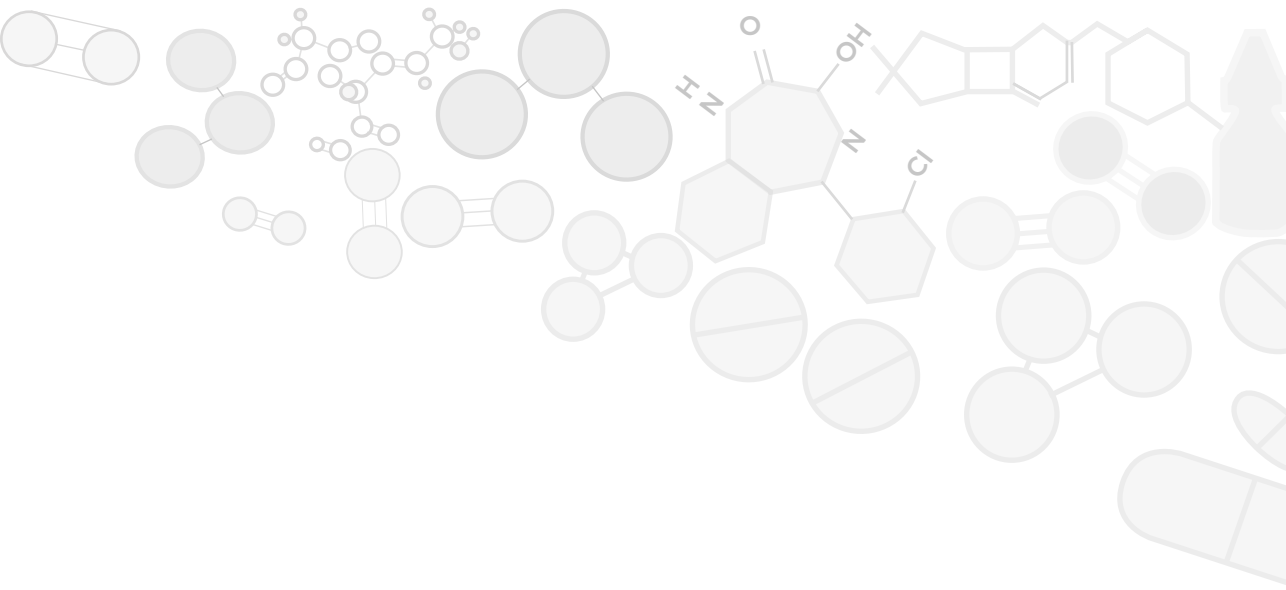
La bontà degli indici di prestazione individuati dipende, quindi, da come i dati riportati in diagnosi siano confrontabili tra loro con confini e limiti di batteria ben determinati.

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

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

Nel presente lavoro, i dati a disposizione hanno permesso una prima analisi dei siti relativi al settore farmaceutico.







LA DIAGNOSI
ENERGETICA

5

5. La diagnosi energetica

In questo capitolo si entra nel merito di come deve essere condotta una diagnosi energetica di qualità, ed in particolare di come questa dovrebbe essere implementata nel settore della farmaceutica.

Dopo una panoramica generale sulla metodologia di approccio e sui contenuti minimi che debbono essere soddisfatti per redigere un rapporto di diagnosi conforme ai dettami del D.Lgs. 102/2014, si entra nello specifico del settore farmaceutico, suggerendo struttura energetica, strategia di monitoraggio ed indici di prestazione energetica (IPE).

5.1 Redazione del rapporto di diagnosi energetica

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

Per la stesura di un rapporto di diagnosi energetica di qualità e conforme ai dettami legislativi è necessario seguire le indicazioni presenti:

- nell'allegato 2 del decreto legislativo 102/2014 [1], aggiornato nel luglio 2020 dal D.Lgs. 73/2020 [2];
- nei chiarimenti del MISE [6];
- nella normativa tecnica, pacchetto UNI CEI EN 16247 [8]
- nelle linee guida generali elaborate da ENEA [7];

Come riportato nella norma tecnica UNI CEI EN 16247-1, l'esecuzione di una diagnosi energetica può essere suddivisa nelle seguenti fasi (vedi Figura 5.1):

- contatti preliminari;
- incontro di avvio;
- raccolta dati;

- attività in campo;
- analisi dati ed individuazione delle opportunità di efficientamento energetico;
- redazione del rapporto tecnico;
- incontro finale.

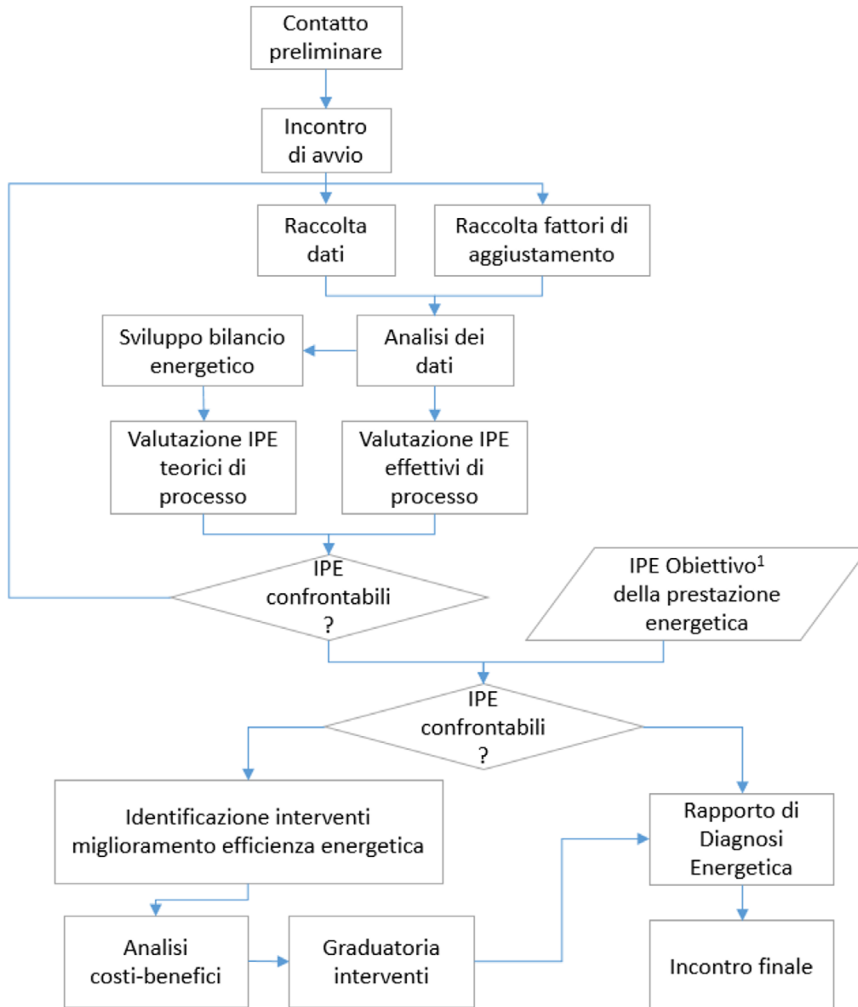


Figura 5.1 - Schema esecuzione diagnosi energetica secondo la UNI CEI EN 16247-1
 (¹ media di settore, benchmark, riferimento di legge oppure un miglioramento quantitativo rispetto alla situazione ex ante).

Nell'incontro di avvio vengono informate tutte le parti interessate su obiettivi, scopo, confini e accuratezza della diagnosi energetica e concordate le disposizioni pratiche. Vengono pianificate le attività e nominate le persone dell'organizzazione che faranno da interfaccia all'auditor.

In fase di raccolta dati l'auditor, in cooperazione con l'organizzazione, deve raccogliere tutte le informazioni necessarie ed utili per comprendere il processo produttivo, le fonti di approvvigionamento energetico e di materie prime, le modalità di gestione del sito produttivo/impianto in termini energetici, economici e organizzazione del lavoro.

L'auditor energetico deve poi **ispezionare in campo l'oggetto della diagnosi**, valutare gli usi energetici, comprendere le modalità operative, i comportamenti degli utenti e il loro impatto sui consumi e l'efficienza energetica, formulare idee preliminari per le opportunità di miglioramento dell'efficienza energetica e redigere un elenco di aree e processi per i quali necessitino ulteriori dati quantitativi per successiva analisi. **Deve assicurarsi che le misure ed i rilievi siano effettuati in maniera conforme a quanto previsto dal D.Lgs 102/2014, dai chiarimenti del MISE e dalle linee guida ENEA, affidabile e rappresentativa delle ordinarie condizioni di esercizio.**

In fase di analisi l'auditor deve, quindi, determinare il "livello di prestazione energetica" corrente dell'oggetto sottoposto a diagnosi, il quale rappresenterà il riferimento per individuare e valutare eventuali interventi di miglioramenti energetico e successivamente misurarne i benefici. L'analisi deve comprendere:

- a. una **scomposizione dei consumi energetici** suddivisi per uso e fonte;
- b. i **flussi energetici** ed un **bilancio energetico** dell'oggetto sottoposto a diagnosi;
- c. i **flussi di massa** (prodotti, semilavorati, materie prime) dell'oggetto sottoposto a diagnosi;
- d. il diagramma temporale della domanda di energia;
- e. le **correlazioni tra consumo energetico e fattori di aggiustamento**;
- f. uno o più **indicatori di prestazione energetica** adatti a valutare l'oggetto sottoposto a diagnosi;

- g. le **opportunità di miglioramento** dell'efficienza energetica sulla base della prestazione energetica corrente dell'oggetto sottoposto a diagnosi valutandone l'impatto sulla base dei risparmi economici ottenibili, degli investimenti necessari, del tempo di ritorno, dei vantaggi non energetici e delle interazioni tra le diverse misure di efficientamento proponibili. Le azioni di risparmio energetico devono essere elencate secondo una graduatoria basata sui criteri concordati con l'organizzazione.

Nell'incontro finale l'auditor dovrà:

- I. consegnare il rapporto di diagnosi energetica;
- II. presentare i risultati della diagnosi energetica in maniera da agevolare il processo decisionale dell'organizzazione;
- III. spiegare i risultati.

Uno dei punti chiave nella valutazione delle prestazioni energetiche di un sito, di un processo, etc. è il **confronto delle sue prestazioni con quelle di impianti/ processi simili**. Questa fase di confronto però non può prescindere da una chiara standardizzazione delle caratteristiche del processo che permetta confronti omogenei con, ad esempio, indici di prestazione energetica presenti in letteratura, o anche più semplicemente confronti con impianti simili di proprietà della stessa azienda.

5.2. La diagnosi negli impianti farmaceutici

In un'ottica di settorializzazione delle diagnosi energetiche ENEA, in collaborazione con FARMINDUSTRIA, ha definito una struttura energetica, utilizzabile in fase di diagnosi 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 [6,7].

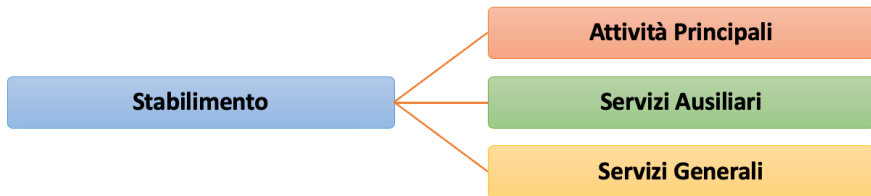


Figura 5.2. - Aree funzionali individuate ai fini della ripartizione dei consumi energetici di stabilimento.

Le voci di consumo dello stabilimento sono state quindi suddivise (Figura 5.2), tra:

- **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, dell'acqua purificata (impiegata sia come materia prima che a servizio dei processi) e pompaggi. Come si vedrà nel capitolo 6, 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 del sito, come gli uffici o servizi di illuminazione e climatizzazione degli ambienti non produttivi.

5.3. 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 21.2.

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 (si veda box a seguire) [4]. 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, che di freddo sotto forma di acqua fredda o gelida, che, eventualmente, di aria calda secca.

Standard GMP [4] (*Good Manufacturing Practices*)

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, per la manifattura dei medicinali sterili, si distinguono 4 livelli di "pulizia":

- **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.

	Massimo numero permesso di particelle per m ³ di taglia maggiore o uguale a quella indicata			
	A riposo		In operazione	
Livello	0.5 µm	5.0 µm	0.5 µm	5.0 µm
A	3.520	20	3.520	20
B	3.520	29	352.000	2.900
C	352.000	2.900	3.520.000	29.000
D	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.

5.4 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.

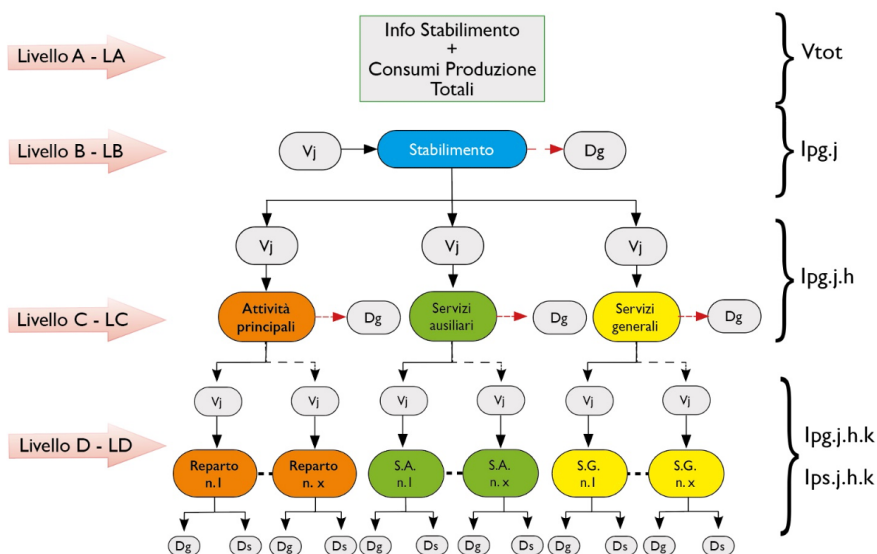


Figura 5.3 - Linee Guida ENEA: Schematizzazione della struttura energetica aziendale.

La struttura energetica proposta in questo documento si basa su quanto indicato nelle linee guida per la diagnosi energetica [7] redatte da ENEA e si suddivide su più livelli di approfondimento (Figura 5.3):

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 [7] 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.

Nei paragrafi successivi sono riportate le indicazioni per la rendicontazione dei consumi energetici.

5.4.1 Attività Principali

Nell'area delle Attività Principali (Figura 5.4) devono confluire tutti i reparti strettamente correlati alla destinazione d'uso generale dell'azienda [7], 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. Nella Tabella 5.1 è riportata la descrizione dei singoli reparti.

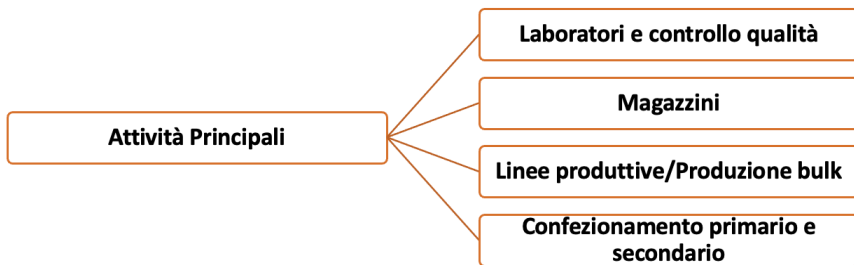


Figura 5.4 - Schema della ripartizione delle Attività Principali tra reparti omogenei.

Tabella 5.1 - Descrizione dei reparti omogenei delle Attività Principali.

ATTIVITÀ PRINCIPALI	DESCRIZIONE
Laboratori e controllo qualità	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.
Magazzini	Movimentazione e stoccaggio dei principi attivi e degli eccipienti. Richiesta di determinate condizioni termo-igrometriche nel caso dello stoccaggio del prodotto finito.
Linee produttive / Produzione <i>bulk</i>	Linee e impianti dedicati alla produzione. Normalmente localizzati in ambienti climatizzati con stringenti standard di pulizia dell'aria nelle classi GMP A-D.
Confezionamento primario e secondario	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.

5.4.2 Servizi Ausiliari

Nei Servizi Ausiliari (*Figura 5.5*), 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. Nella *Tabella 5.2* è riportata la descrizione dei singoli reparti.

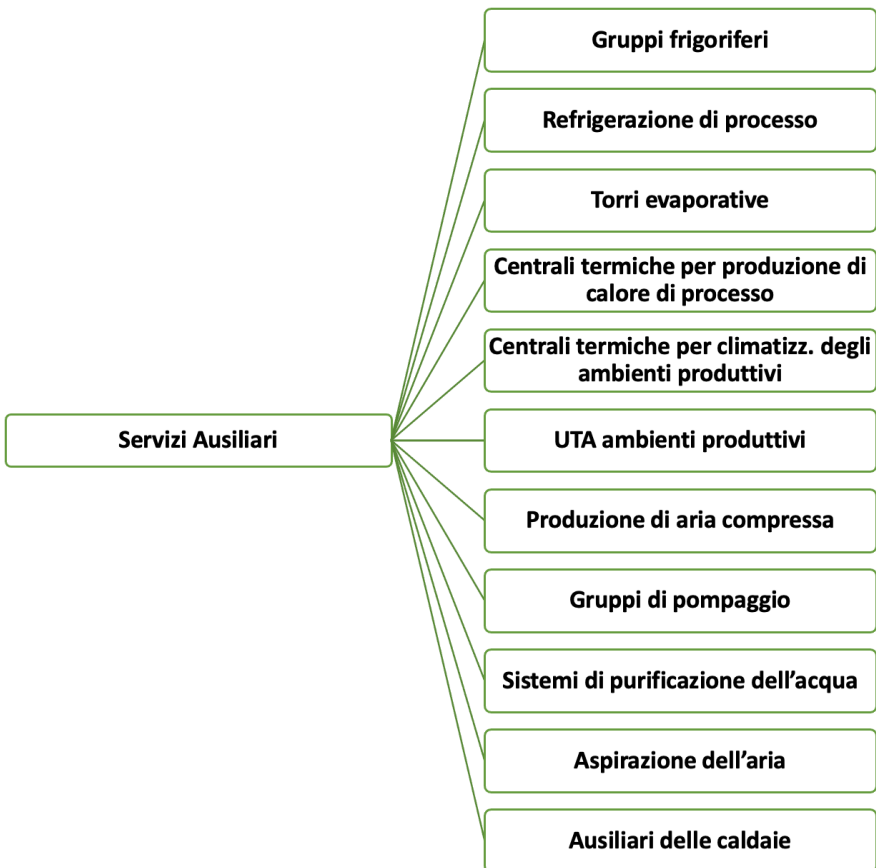


Figura 5.5 - Schema della ripartizione dei Servizi Ausiliari tra reparti omogenei.

Tabella 5.2 Descrizione dei reparti omogenei dei Servizi Ausiliari.

SERVIZI AUSILIARI	DESCRIZIONE
Gruppi frigoriferi	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.
Refrigerazione di processo	Sistemi di refrigerazione per soli scopi di processo, inclusi celle frigorifere e sistemi di liofilizzazione
Torri evaporative	Impiegate per il circuito di condensazione dei gruppi frigo, vengono normalmente computate a parte. Possono includere i sistemi di pompaggio dedicati.
Centrali termiche per produzione di calore di processo	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).
Centrali termiche per produzione di calore per la climatizzazione degli ambienti produttivi	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).
UTA ambienti produttivi	Unità di trattamento dell'aria, generalmente per gli ambienti produttivi.
Produzione di aria compressa	Compressori ed essiccatori di aria.
Gruppi di pompaggio	Sistemi di pompaggio dell'acqua calda o fredda di processo o per il condizionamento degli ambienti; pompaggi di acqua pulita per produzione.
Sistemi di purificazione dell'acqua	Produzione di acqua demineralizzata per scopi produttivi
Aspirazione dell'aria	Sistemi di aspirazione dell'aria negli ambienti puliti (es: cappe di laboratorio).
Ausiliari delle caldaie	Consumi elettrici dei componenti ausiliari delle caldaie.

5.4.3 Servizi Generali

I Servizi Generali (Figura 5.6) negli impianti farmaceutici 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 5.3 è riportata la descrizione dei singoli reparti.

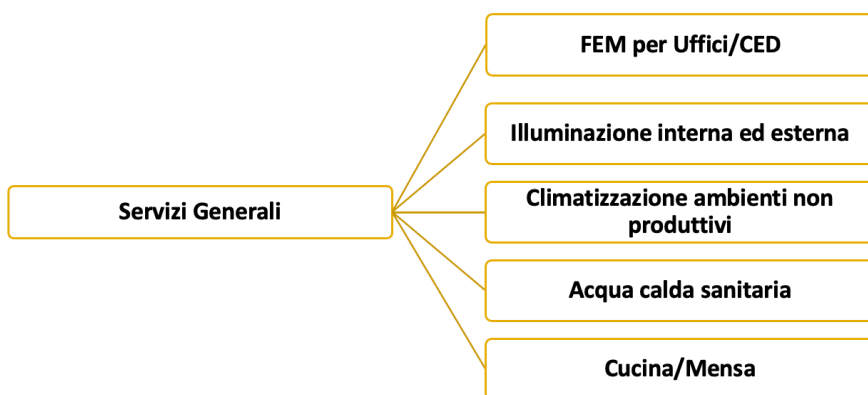


Figura 5.6 - Schema della ripartizione dei Servizi Generali tra reparti omogenei.

Tabella 5.3 - Descrizione dei reparti omogenei dei Servizi Generali.

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

5.5 Indicatori di prestazione energetica

Al fine di normalizzare e confrontare in modo omogeneo i consumi, tenendo conto della variabilità introdotta dai fattori che li influenzano, si introducono gli Indicatori di Prestazione Energetica (IPE).

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 (o a livelli ancora più profondi o di maggior dettaglio).

Lo scopo di definire degli indicatori di prestazione energetica è quello di individuare valori di riferimento tali da permettere di pianificare in modo appropriato la propria politica energetica ed 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:

$$IPE_{g_j} = E_j / D_g$$

dove:

- IPE_{g_j} è l'indicatore di prestazione energetica generale associato alla j-esima area funzionale;
- E_j è l'energia assorbita dalla j-esima area funzionale;
- D_g è la destinazione d'uso generale dello stabilimento.

Normalmente la D_g corrisponde alla produzione, espressa in unità di massa o di volume (kg, litri, m^3). 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. Nella *Tabella 5.4* sono riassunte le destinazioni d'uso generali con le relative unità di misura che dovrebbero essere utilizzate.

Tabella 5.4 - Differenti tipologie di destinazione d'uso generale.

Destinazione d'uso generale D_g	Unità di misura	Voci di consumo
Produzione netta in massa	Kilogrammi [kg] / Tonnellate[t]	Livelli A, B e C
Produzione	Unità di Produzione Equivalenti (confezioni)	Livelli A, B e C
Superfici ambienti produttivi	Metri quadri [m^2]	Livelli A e B
Volume ambienti produttivi	Metri cubi [m^3]	Livelli A e B

A differenza degli Indicatori di Prestazione Energetica di tipo Generale (IPEg), associati a tutte le area funzionali, gli Indicatori di Prestazione Energetica di tipo specifico (IPEs) sono associati solamente ai reparti (Livello D) o allo specifico apparato (Livello E) della struttura energetica aziendale e sono definiti come segue:

$$IPE_s = E_j / D_s$$

dove:

- IPE_s è l'indicatore di Prestazione Energetica specifico associato alla j -esima area funzionale o reparto;
- E_j è l'energia assorbita dalla j -esima area funzionale o reparto;
- D_s è la destinazione d'uso specifico o driver di consumo o energetico dell'area funzionale o del reparto o dello specifico apparato.

Nelle Tabelle seguenti sono riassunte le destinazioni d'uso specifiche definibili per ciascuna delle attività/reparti al Livello D per gli impianti farmaceutici.

Tabella 5.5 - Destinazioni d'uso specifico: Attività Principali.

ATTIVITÀ PRINCIPALI		
Attività	Destinazione d'uso specifica	Unità di misura
Linee produttive	Produzione netta	Kilogrammi [kg] / Tonnellate[t] / Litri [l]
Magazzini (climatizzati)	Produzione netta	Kilogrammi [kg] / Tonnellate[t]
Magazzini (climatizzati)	Volumi	Metri cubi [m ³]

Tabella 5.6 - Destinazione d'uso specifico: Servizi Ausiliari.

SERVIZI AUSILIARI		
Attività	Destinazione d'uso specifica	Unità di misura
Produzione e distribuzione di aria compressa	Volumi di aria prodotta	Normal metri cubi [Nm ³]
Produzione di freddo per climatizzazione	Energia frigorifera	Kilowattora di freddo [kWhf]
	Volume degli ambienti condizionati	Metri cubi [m ³]
	Gradi giorno estivi	Gradi centigradi x giorni [°C gg]
Produzione di freddo per processo	Frigorie prodotte	Kilowattora di freddo [kWhf]
Produzione di calore per riscaldamento	Calore prodotto	Kilowattora energia termica [kWh]
	Volume degli ambienti condizionati	Metri cubi [m ³]
	Gradi giorno invernali	Gradi centigradi x giorni [°C gg]
Unità di trattamento aria	Volume degli ambienti condizionati	Metri cubi [m ³]
	Volume di aria trattata durante l'anno	Metri cubi [m ³]
Impianti di pompaggio	Acqua pompata	Metri cubi [m ³]
Trattamento di acque di processo	Acqua trattata	Metri cubi [m ³]

Tabella 5.7 - Destinazione d'uso specifico: Servizi Generali.

SERVIZI GENERALI		
Attività	Destinazione d'uso specifica	Unità di misura
Climatizzazione invernale ed estiva ambienti non produttivi	Gradi giorno invernali	Gradi centigradi x giorni [°C d]
Illuminazione	Flusso luminoso	Lumen [lm]
Acqua calda sanitaria	Dipendenti, coperti	-
Mensa	Dipendenti, coperti	-
Uffici	Superficie	[m ²]

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.

5.6. 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 [6]) 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 eventuale piano di monitoraggio dei consumi energetici per i siti produttivi nel settore farmaceutico.

5.6.1. 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” pubblicate da ENEA [7].

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.

5.6.2. Fasi per la progettazione di piano di monitoraggio

Di seguito, nella Tabella 5.8, 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 5.8 - Fasi del processo di pianificazione del Piano di Monitoraggio dei Consumi energetici.

FASE	DESCRIZIONE
Determinare il consumo di stabilimento	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).
Escludere i vettori energetici che hanno un contributo sul consumo di stabilimento <10%	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 tipico impianto farmaceutico, che contribuiscono in misura superiore al 10%, sono solitamente energia elettrica e gas naturale.

FASE	DESCRIZIONE																														
Escludere le macroaree al Livello C che hanno un contributo al consumo di ciascun vettore <10%	<p>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%.</p> <p>Nel caso di un impianto farmaceutico è possibile, generalmente, escludere dalle analisi successive i Servizi Generali.</p>																														
Determinare il livello di copertura minima garantito dal piano di monitoraggio	<p>Nota il Consumo di Stabilimento è possibile determinare, utilizzando la Tabella seguente delle Linee Guida di ENEA [6], il livello di copertura minima dei consumi di:</p> <ul style="list-style-type: none"> o Attività Principali; o Servizi Ausiliari; o Servizi Generali; <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"> <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">> 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>	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%																											
	<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>																														
Determinare il livello di copertura minima garantito dal piano di monitoraggio	<p>Se lo stesso sito utilizza solo utenze elettriche ed ha, presumibilmente, esclusi dall'analisi gli altri vettori energetici, il Piano di Monitoraggio riguarderà solo l'energia elettrica, diversamente dovrà riguardare anche gli altri vettori energetici.</p>																														

FASE	DESCRIZIONE
<p>Determinare le aree funzionali, i processi e gli impianti da includere nel piano di monitoraggio</p>	<p>Conoscendo 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.</p> <p>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.</p> <p>I consumi da includere nel Piano di Monitoraggio saranno quelli delle aree funzionali, processi e impianti la cui somma garantisce le coperture definite.</p>

In riferimento alle percentuali di clusterizzazione definite nella *Tabella 5.7* è importante sottolineare che questa si differenzia dalla clusterizzazione di monitoraggio riferita alla manifattura e presente nelle linee guida ENEA [7]. 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 [7] laddove si intenda monitorare i consumi energetici di sito.

5.6.3. Impianti farmaceutici: reparti da includere nel monitoraggio

Nella *Tabella 5.9*, 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 5.9 - Impianti farmaceutici: reparti a maggior consumo energetico

Area Funzionale	Descrizione
Attività Principali	<p>I reparti (elementi al Livello D) appartenenti alle Attività Principali e caratterizzate da maggiori consumi sono le linee produttive.</p> <p>Nel caso dei consumi elettrici, il monitoraggio dei consumi delle linee è sufficiente a garantire il livello di copertura richiesto per le Attività Principali.</p> <p>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.</p>
Servizi Ausiliari	<p>I reparti (elementi al Livello D) appartenenti ai Servizi Ausiliari e caratterizzate da maggiori consumi elettrici sono:</p> <ul style="list-style-type: none">• Produzione del freddo;• Condizionamento degli ambienti produttivi. <p>In molti casi il monitoraggio di entrambe le aree funzionali suddette è sufficiente a garantire il livello di copertura richiesto per i Servizi Ausiliari.</p> <p>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.</p>
Servizi Generali	<p>I consumi per Servizi Generali hanno un contributo minimo ai consumi di stabilimento.</p> <p>Il monitoraggio dei consumi di uno solo degli elementi al Livello D è sufficiente a raggiungere i livelli di copertura richiesti.</p>

5.6.4. Esempio di un piano di monitoraggio in un impianto farmaceutico [6]

Di seguito è proposto un esempio di Piano di Monitoraggio sviluppato tenendo conto dei criteri descritti e proposti nella presente Linee 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 necessariamente 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.

Per quanto riguarda i consumi elettrici nei Servizi Ausiliari, come già esposto nel paragrafo 5.6.3, il REDE (Responsabile della Diagnosi Energetica) dovrebbe essere in grado di coprire le percentuali di monitoraggio suggerite in questa linea guida, ad esempio, 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 potrebbe essere stimata laddove si conoscano 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 macro aree. 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 per tutte le tre macro aree.

Ad ogni modo, si suggerisce di monitorare non solo il consumo di gas naturale di sito, ma anche di monitorare la produzione dei Vettori secondari impiegati per le Attività Principali, al fine di avere una stima di quanta parte dell'energia termica prodotta viene dedicata alle varie macro aree. 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 e di valutare il peso delle diverse aree funzionali.

Nella *Figura 5.7* 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.

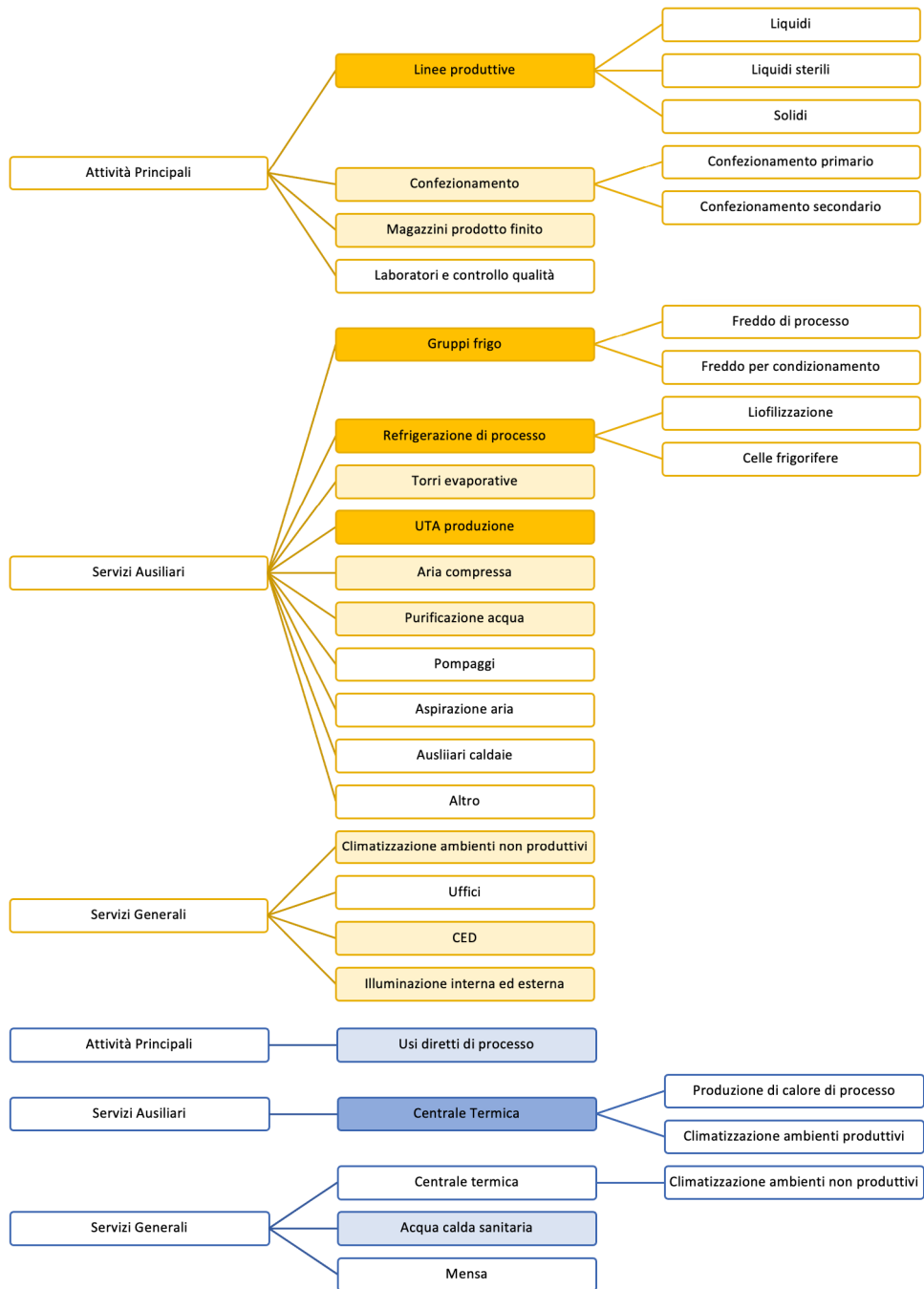


Figura 5.7 - Esempio di alberatura energetica per il monitoraggio del consumo di energia elettrica e gas naturale in un sito farmaceutico, con indicazione del possibile posizionamento degli strumenti di misura (in arancio scuro e blu scuro).

Nelle tabelle successive sono riportati i reparti individuati nella *Figura 5.7* 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 5.10 - Esempio di sistema di monitoraggio di consumi elettrici per le Attività Principali.

ATTIVITÀ PRINCIPALI – ENERGIA ELETTRICA					
Reparto	IPEs	Misura	Udm	Strumento	Note
Linee produttive	IPEs=kWh/kg	Energia elettrica	kWh	Multimetro digitale	<p>È possibile eseguire la misura del consumo delle linee alternativamente nel tempo. La soluzione adottata deve essere chiaramente riportata nella diagnosi energetica.</p> <p>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.</p> <p>La destinazione d'uso (o driver energetico) è la produzione netta della linea misurata a partire dalle confezioni di farmaco prodotte.</p> <p>Periodo minimo di monitoraggio suggerito: 1 mese. Frequenza di acquisizione del dato almeno oraria. Nel caso di produzioni a lotti è opportuno monitorare il consumo energetico al variare del lotto.</p>
		Produzione netta	kg	Gestionale di produzione	
Magazzini prodotto finito	IPEs=kWh/kg o IPEs=kWh/m ³	Energia elettrica	kWh	Multimetro digitale	<p>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 dei reparti di produzione, il che richiede la misura dell'energia consumata 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>
		Produzione netta	kg	Gestionale di produzione	
		Volume netto	m ³	Planimetrie di sito	

Tabella 5.11 - Esempio di sistema di monitoraggio di consumi elettrici per i Servizi Ausiliari.

SERVIZI AUSILIARI – ENERGIA ELETTRICA					
Reparto	IPEs	Misura	Udm	Strumento	Note
Aria compressa	IPEs = kWh/ Nm ³	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). La destinazione d'uso è le quantità di aria prodotta dall'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> <p>Periodo minimo di monitoraggio suggerito: 6 mesi. Frequenza di acquisizione del dato almeno giornaliera.</p>
		Volume di aria compressa	Nm ³	Misuratore di portata	
Freddo per climatizzazione	IPEs=kWh/ kWhf o IPEs=kWh/m ³ o IPEs=kWh/°Cd	Energia elettrica	kWh	Multimetro digitale	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.

SERVIZI AUSILIARI – ENERGIA ELETTRICA					
Reparto	IPEs	Misura	Udm	Strumento	Note
Freddo per climatizzazione	$IPEs = kWh / kWhf$ o $IPEs = kWh / m^3$ o $IPEs = kWh / ^\circ C d$	Frigorie prodotte	kWhf	Misuratore di portata e temperatura	<p>Per il calcolo delle frigorie, andrebbero monitorate anche le temperature di mandata e ritorno.</p> <p>Nel caso in cui caso il rapporto costo - beneficio risulti economicamente svantaggioso è possibile limitarsi al monitoraggio del solo consumo energetico.</p>
		Volume ambienti GMP	m ³	Planimetrie di sito	<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 orario.</p>
		Gradi giorno estivi	°C d	Termometro esterno	
Freddo per processo	$IPEs = kWh / kWhf$	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 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.</p>

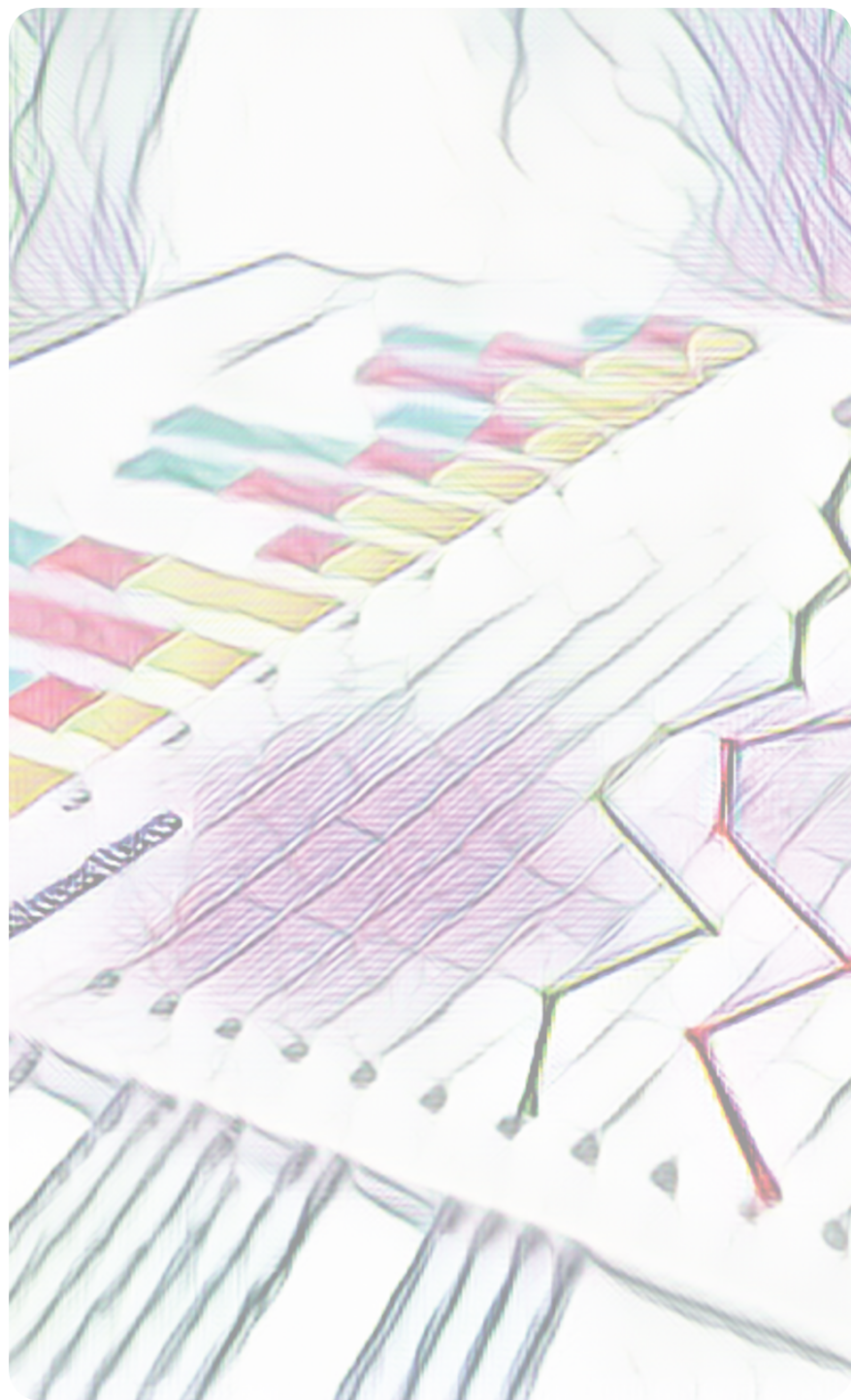
SERVIZI AUSILIARI – ENERGIA ELETTRICA					
Reparto	IPEs	Misura	Udm	Strumento	Note
Freddo per processo	$IPEs = kWh / kWh$	Frigorie prodotte	kWhf	Misuratore di portata e temperatura	Si ritiene ad ogni modo necessario scorporare i consumi per la produzione di freddo per il processo dalla produzione di freddo per la climatizzazione. Periodo minimo di monitoraggio suggerito: un anno. Frequenza di acquisizione del dato almeno oraria.
Unità di trattamento aria	$IPEs = kWh / m^3 f$ o $IPEs = kWh / m^3$	Energia elettrica	kWh	Multimetro digitale	La misura del consumo energetico può essere implementata installando un multimetro sul quadro elettrico di alimentazione di ogni unità di trattamento dell'aria.
		Volume aria trattata	m^3	Gestionali di impianto	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.
		Volume ambienti GMP	m^3	Planimetrie di sito	Periodo minimo di monitoraggio suggerito: un mese. Frequenza di acquisizione del dato almeno giornaliera.

Tabella 5.12 - Esempio di sistema di monitoraggio di consumi di Gas Naturale per i Servizi Ausiliari.

SERVIZI AUSILIARI – GAS NATURALE					
Reparto	IPEs	Misura	Udm	Strumento	Note
Calore per riscaldamento		Gas Naturale	Sm^3	Quantometro	Il consumo di gas naturale si misura tramite l'installazione di quantometri industriali 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.

SERVIZI AUSILIARI – GAS NATURALE					
Reparto	IPEs	Misura	Udm	Strumento	Note
Calore per riscaldamento	IPEs=Sm ³ / kWh _{th}	Calore prodotto	kWh _{th}	Misuratore di portata e temperatura	<p>In caso di mancanza del convertitore è possibile applicare un fattore di conversione il cui valore che deve essere riportato nella diagnosi energetica. 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.</p> <p>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> <p>Periodo minimo di monitoraggio suggerito: 6 mesi (comprensivi del periodo invernale).</p> <p>Frequenza di acquisizione del dato almeno giornaliera.</p>
		Volume ambienti GMP	m ³	Planimetrie di sito	
		Gradi giorno invernali	°C d	Termometro esterno	

SERVIZI AUSILIARI – GAS NATURALE					
Reparto	IPEs	Misura	Udm	Strumento	Note
Calore per processo	IPEs=Sm ³ / kWh _{th}	Gas Naturale	Sm ³	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. 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</p> <p>Frequenza di acquisizione del dato almeno giornaliera.</p>
		Calore prodotto	kWh _{th}	Misuratore di portata e temperatura	







**ANALISI DEI CONSUMI
ENERGETICI DEL SETTORE**

6

6. Risultanze delle diagnosi energetiche, ripartizione consumi ed Indici di prestazione energetica generali (IPEg) e specifici (IPEs)

In questo capitolo viene presentata l'analisi dei consumi energetici, del settore relativo alla fabbricazione di medicinali e preparati farmaceutici (Ateco 21.2), che ENEA ha svolto sulla base dei dati forniti con le diagnosi energetiche obbligatorie caricate sul portale AUDIT102 nel 2019. Dopo un'analisi del campione di riferimento viene presentata un'analisi dei consumi energetici e come questi si ripartiscono 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.

6.1. Il campione di riferimento

Il campione di riferimento sul quale è basata l'analisi qui proposta, si focalizza sul settore ATECO 21.20.09, in quanto per il settore ATECO 21.20.01 i dati a disposizione sono risultati insufficienti per una sua caratterizzazione significativa. In particolare, l'analisi si basa sui dati provenienti da:

- 99 diagnosi energetiche obbligatorie presentate da 74 imprese nel 2019;
- 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.

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 6.1*), 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.

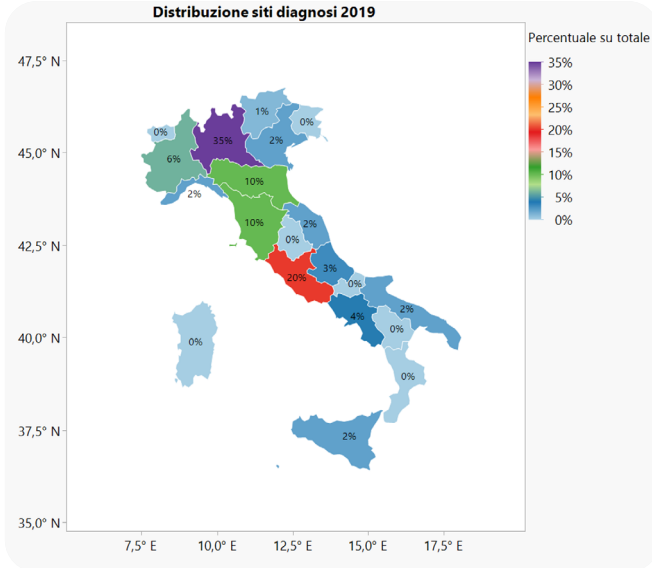


Figura 6.1 - Distribuzione territoriale delle diagnosi energetiche obbligatorie con scadenza Dicembre 2019.

L'effetto di questa distribuzione disomogenea dei siti si ripercuote anche nella distribuzione dei relativi gradi giorno invernali ed estivi. Si riportano di seguito le distribuzioni dei gradi giorno invernali (*Figura 6.3*) ed estivi (*Figura 6.4*), entrambi riferiti a 20 °C.

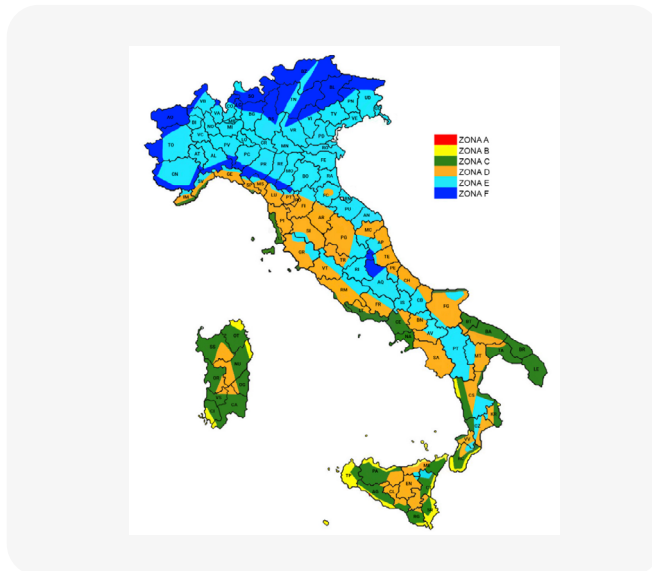


Figura 6.2 - Zone Climatiche invernali italiane.

**Distribuzione dei siti sulla base dei
Gradi Giorno Invernali**
(Temperatura rif. = 20°C)

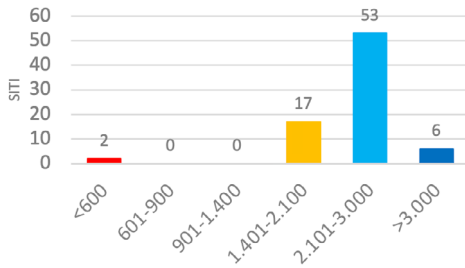


Figura 6.3 – Distribuzione dei siti sottoposti a diagnosi rispetto alle zone climatiche italiane.

Per quanto riguarda i gradi giorno estivi, non è presente una classificazione normata come quella delle zone climatiche (legate ai gradi giorno invernali), ma, per uniformità con il caso precedente, anche per i gradi giorno estivi i siti verranno suddivisi in 6 “classi” (Figura 6.4):

- I. Minore di 250 GG_{estivi};
- II. Tra 251 e 350 GG_{estivi};
- III. Tra 351 e 450 GG_{estivi};
- IV. Tra 451 e 550 GG_{estivi};
- V. Tra 551 e 650 GG_{estivi};
- VI. Maggiore di 650 GG_{estivi}.

**Distribuzione dei siti sulla base dei
Gradi Giorno estivi**
(Temperatura rif. = 20°C)

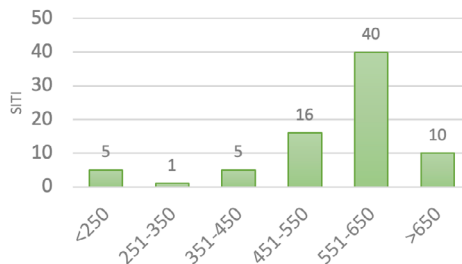


Figura 6.4 - Distribuzione all'interno di 6 classi di Gradi Giorno estivi dei siti sottoposti a diagnosi.

6.1.2. Alcune informazioni delle imprese e dei siti sottoposti a diagnosi energetica

Relativamente al campione dei siti individuato, che si ricorda essere composto da 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:
 - Grande impresa;
 - Impresa energivora.
- Requisiti/dotazioni presenti all'interno dei siti:
 - Sistema di monitoraggio;
 - Possesso della certificazione ISO 50001.

Come rappresentato in *Figura 6.5*, rispetto al campione dei 99 siti per cui è stata redatta ed inviata ad ENEA una diagnosi energetica:

- 80 dichiarano di essere appartenenti ad una grande impresa;
- 50 dichiarano di essere appartenenti a 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.

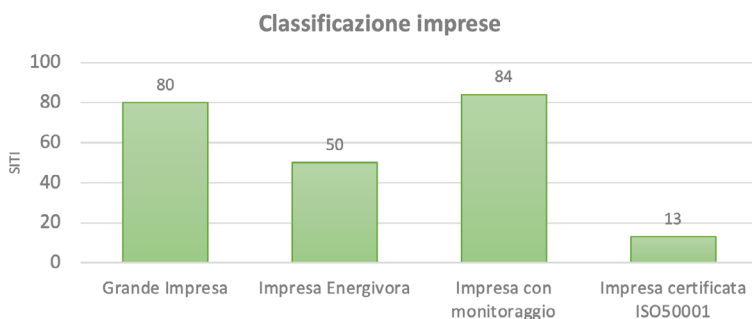


Figura 6.5 – Classificazione delle imprese secondo dimensione e requisiti.

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 esposti nei paragrafi successivi, verranno considerate solo le diagnosi energetiche riferite agli impianti produttivi. Tuttavia, tra questo sottoinsieme di siti, alcuni di questi non sono stati 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.

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.

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 6.6 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, mentre i restanti 12 non dichiarano la tipologia di farmaci prodotti.

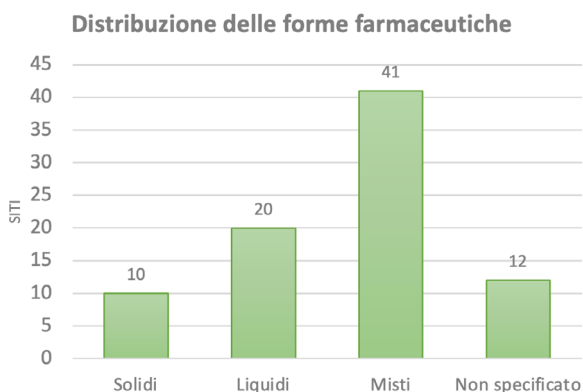


Figura 6.6 – Distribuzione delle forme farmaceutiche per tipologia.

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 6.7 riporta la distribuzione, relativamente ai livelli produttivi, dei siti che riportano la loro produzione di farmaci in massa. Come si può osservare dal grafico di Figura 6.7 la produzione risulta essere in gran parte all'interno dei due milioni 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.

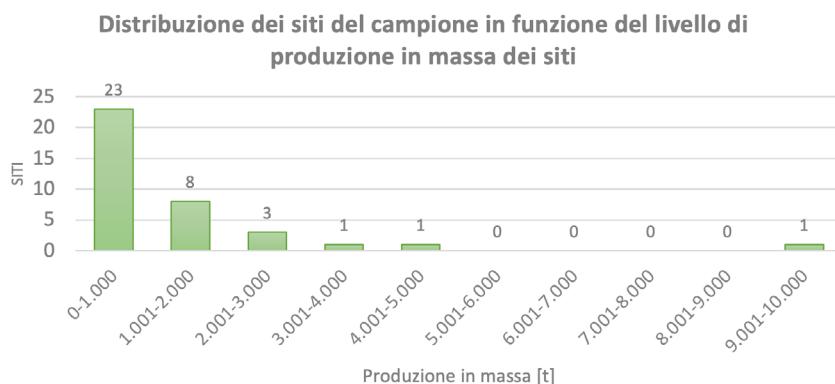


Figura 6.7 – Distribuzione dei siti sulla base del livello di produzione in massa [t].

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 6.8 mostra le ore annue di attività produttiva degli impianti, estratta da 39 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.

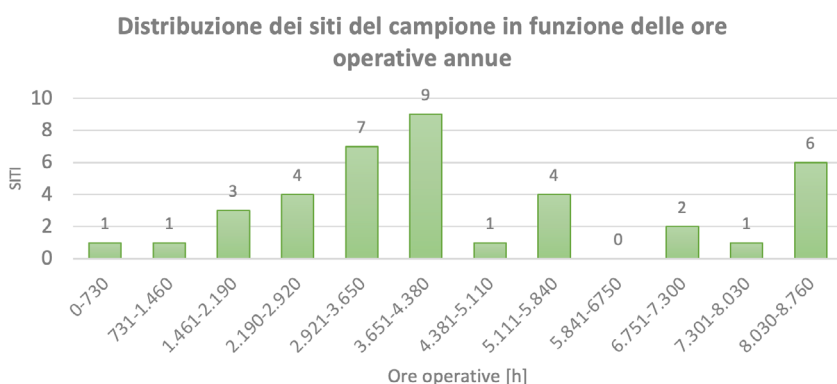


Figura 6.8 – Distribuzione dei siti del campione in funzione delle ore operative annue.

Dal grafico di *Figura 6.8* si deduce che i siti appartenenti al campione si possono dividere in:

- Siti che operano generalmente su tre turni e spesso 7 giorni su 7, 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 sono pertanto considerati degli outlier.

Gli ultimi due parametri, legati tra loro, che possono essere considerati importanti driver energetici sono le superfici climatizzate o i volumi. A questo proposito del campione in esame si hanno:

- 38 siti che riportano le superfici delle aree produttive, includendo tra queste le aree di fabbricazione e confezionamento del prodotto e i magazzini climatizzati (*Figura 6.9*);
- 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 6.10*).

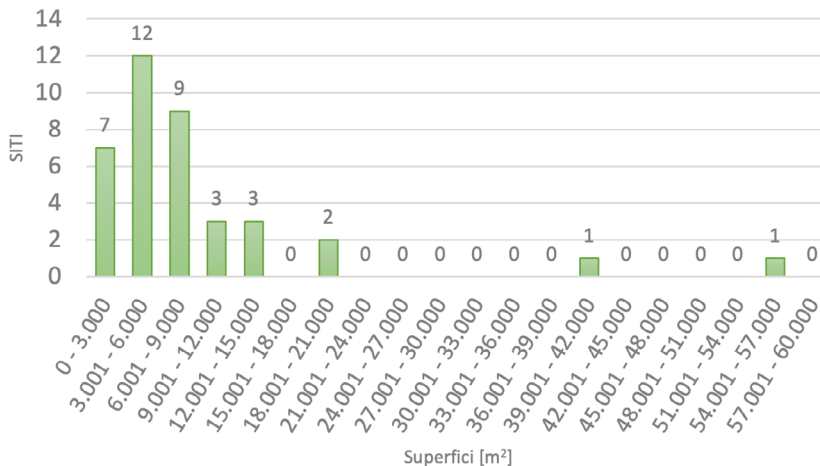


Figura 6.9 – Distribuzione dei siti del campione in funzione della superficie delle aree produttive climatizzate.

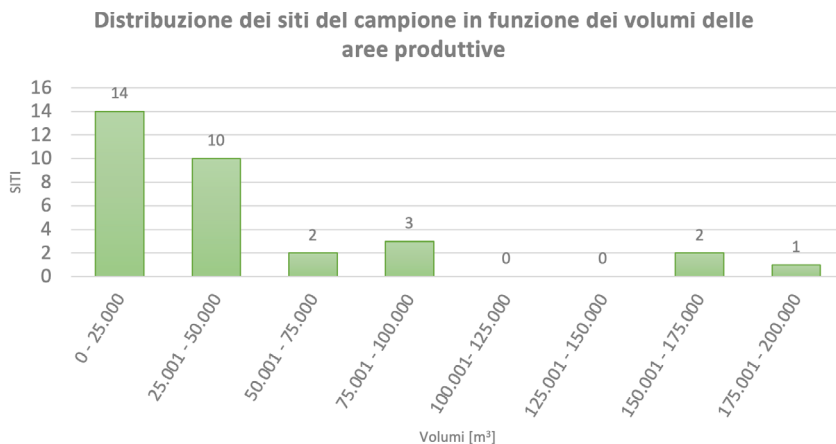


Figura 6.10 – Distribuzione dei siti del campione in funzione del volume delle aree produttive climatizzate.

6.2.2. Consumi energetici

Analizzando i vettori energetici acquistati dai siti produttivi farmaceutici, è possibile osservare (Figura 6.11) 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 6.12): il vettore energetico predominante diventa l’Energia Elettrica che passa dal 35% in acquisto a circa il 60% nell’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 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 6.12, 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).

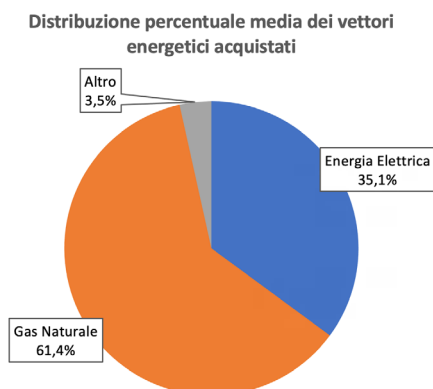


Figura 6.11 – Distribuzione percentuale media dei vettori energetici acquistati.

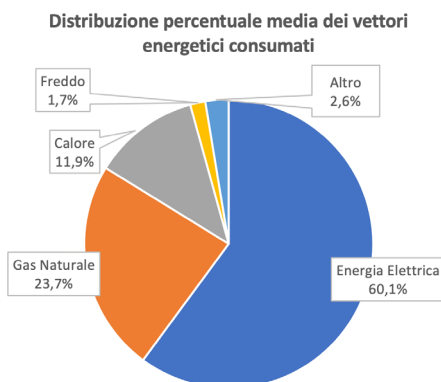


Figura 6.12 – Distribuzione percentuale media dei vettori energetici consumati nell'area produttiva.

6.2.2.1. Ripartizione dei consumi Energetici nelle 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).

Distribuzione media percentuale del consumo Totale sulle tre aree funzionali

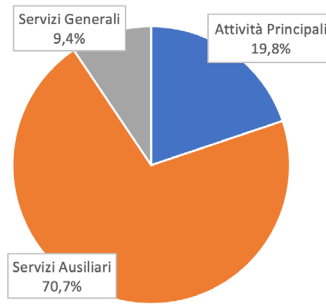


Figura 6.13 – Distribuzione media percentuale del consumo Totale sulle tre aree funzionali.

A differenza degli altri siti industriali manifatturieri, dove i consumi energetici si concentrano principalmente nelle Attività Principali, nel caso dell'industria farmaceutica, questi si concentrano principalmente nei Servizi Ausiliari (Figura 6.13). 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 di purezza e qualità dell'aria [4] per evitare la contaminazione dei prodotti farmaceutici.

Nella Figura 6.14 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 6.14 la ripartizione dei consumi Termici ed Elettrici non si discosta di molto da quanto accade per il consumo Totale (Figura 6.13). 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.

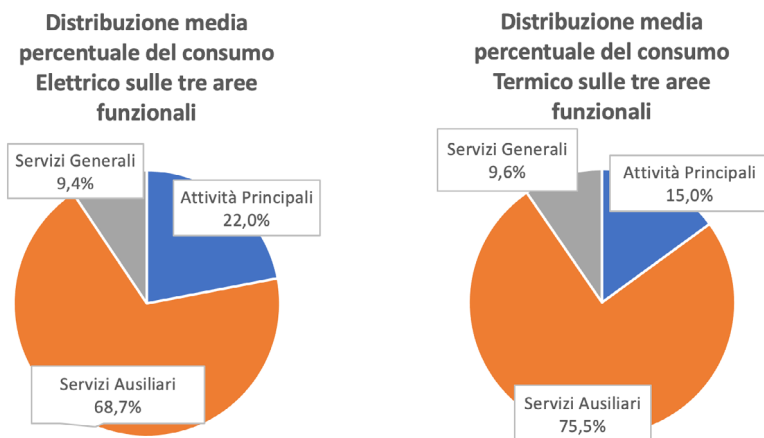


Figura 6.14 – Distribuzione media percentuale dei consumi Elettrici e Termici nelle tre aree funzionali (Attività Principali, Servizi Ausiliari e Servizi Generali).

6.2.2.2. Ripartizione dei consumi Energetici all'interno delle aree funzionali

Dopo aver analizzato i vettori energetici acquistati e quelli consumati 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 6.15 è riportata la distribuzione dei consumi Elettrici e Termici delle Attività Principali tra i principali reparti che ad esse afferiscono. 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 circa l'83% del consumo elettrico e il 97% del consumo termico. La restante parte viene divisa tra: confezionamento (circa l'11% 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).

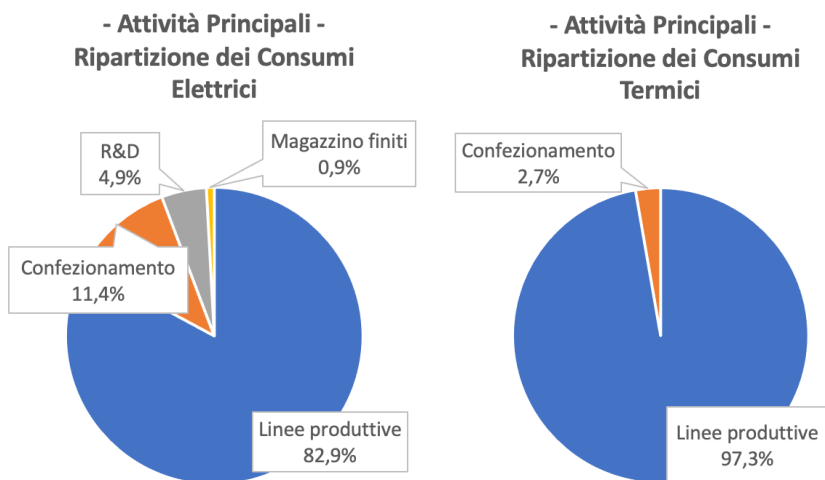


Figura 6.15 – Distribuzione media percentuale dei consumi Elettrici e Termici nelle Attività Principali.

Nella Figura 6.16 è riportata la distribuzione dei consumi Elettrici e Termici dei Servizi Ausiliari tra i principali reparti dell'area. Come visto nel paragrafo 6.2.2.1, 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);
- Unità trattamento dell'aria (30% dei consumi Elettrici dei Servizi Ausiliari e circa il 20% dei consumi Elettrici Totali);
- Produzione Aria compressa (12% dei consumi Elettrici dei Servizi Ausiliari e circa il 9% dei consumi Elettrici Totali.

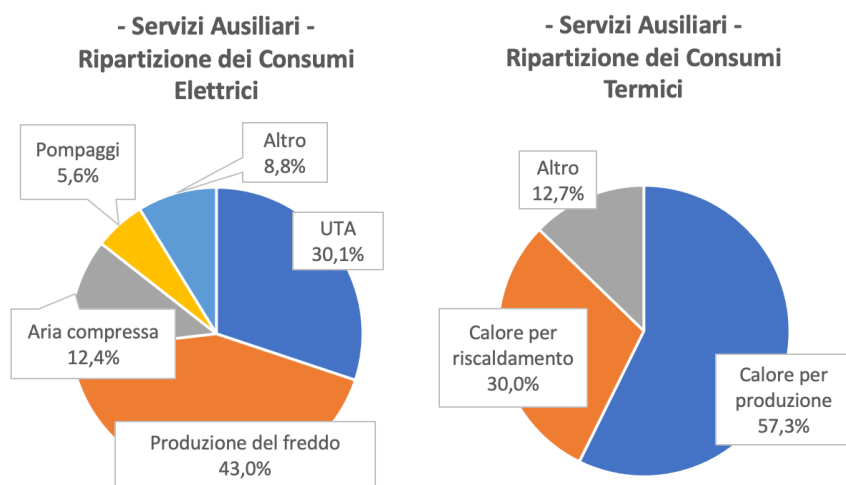


Figura 6.16 – Distribuzione media percentuale dei consumi Elettrici e Termici nei Servizi Ausiliari.

Nella Figura 6.17 è riportata la distribuzione dei consumi Elettrici e Termici dei Servizi Generali tra i principali reparti che li compongono. Questi consumi che coprono meno del 10% dei consumi Totali sono concentrati principalmente nella climatizzazione estiva ed invernale degli ambienti non produttivi, come negli uffici (29% del consumo Elettrico e 46% del consumo Termico), nell'illuminazione (45% del consumo Elettrico) e nella produzione di ACS (37% del consumo Termico).

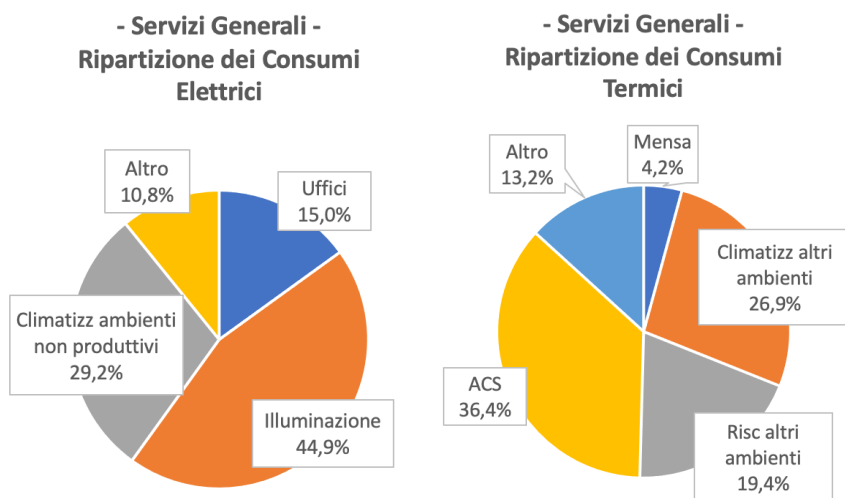


Figura 6.17 – Distribuzione media percentuale dei consumi Elettrici e Termici nei Servizi Generali

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 Farindustria.

In particolare, sono riportate le caratteristiche degli impianti di trasformazione dell'energia (produzione di calore, freddo, aria compressa) e degli impianti cogenerativi.

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 che 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 di siti produce vapore a circa 8 bar, come mostrato nella *Figura 6.18*.

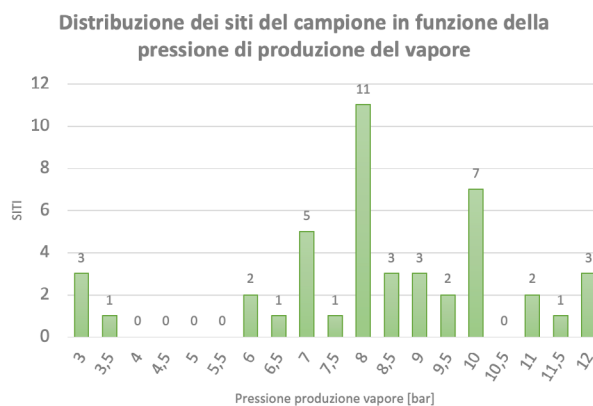


Figura 6.18 – Pressioni di produzione del vapore nei siti del campione analizzato.

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 può osservare in *Figura 6.19*, dove sono riportate le temperature di generazione del vapore, il picco di 8 bar del grafico in *Figura 6.18*, corrisponde (*Figura 6.19*) a un picco di 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 tecnologico che permetta di rispondere alle esigenze dello stabilimento, è un elemento cruciale per fare efficienza.

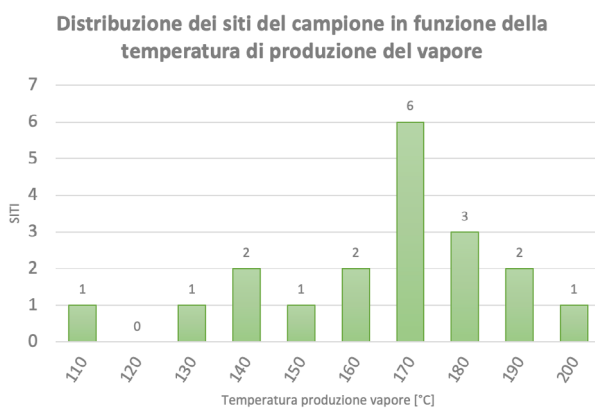


Figura 6.19 – Temperatura del vapore nei siti del campione analizzato.

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.

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 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ fino agli $8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tuttavia, la maggior parte dei siti, nei quali questo valore è stato riportato, hanno almeno un circuito del "freddo" con temperature di mandata di circa $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ed un ΔT di $5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

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 (*Energy Efficiency Ratio*: 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 modo peggiore.

6.2.3.3. Impianti di cogenerazione

Come visto nel paragrafo 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 6.20*). Come evidente, dal grafico di *Figura 6.20*, la maggior parte di questi sono collocati in una fascia compresa tra i 500 kW ed i 2.500 kW.

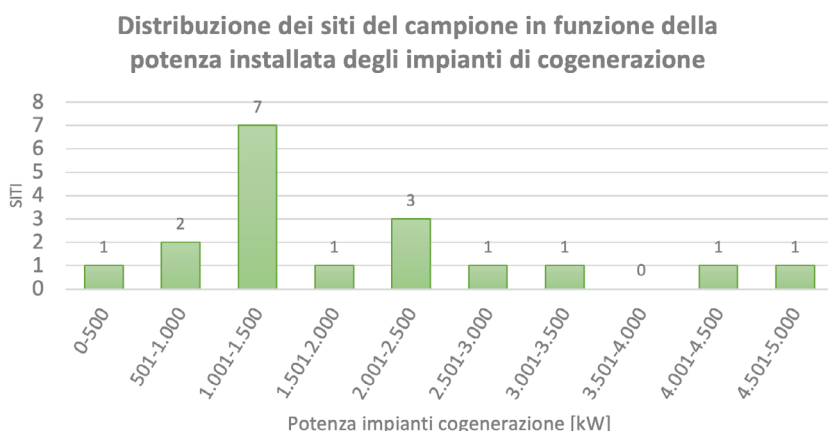


Figura 6.20 – Potenze elettriche cogeneratori nei siti del campione analizzato.

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 se e solo se si valorizza 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)⁷", cioè l'impianto consente 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.

6.2.3.4. Produzione aria compressa

Oltre alla produzione di calore e freddo un altro elemento energivoro negli impianti di produzione farmaceutico sono gli impianti per la produzione di aria compressa, che come visto nel capitolo 6.2.2, pesa circa il 9% sui consumi Elettrici Totali. La corretta gestione di questo impianto permette risparmi importanti per qualsiasi stabilimento manifatturiero. È necessario, infatti, oltre al controllo di eventuali fughe o perdite, individuare la pressione corretta di mandata evitando inutili sovrappressioni. Solitamente i livelli di pressione media degli apparati produttivi che utilizzano l'aria compressa è di circa 7-8 bar.

Nel grafico di *Figura 6.21* sono riportati i valori di pressione di mandata degli impianti di aria compressa nei siti del campione che hanno dichiarato tale valore (40 siti). Come risulta evidente, la maggior parte dei siti utilizza valori di mandata dell'aria compressa compresi tra i 7 e gli 8 bar (31 su 40).

⁷ *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

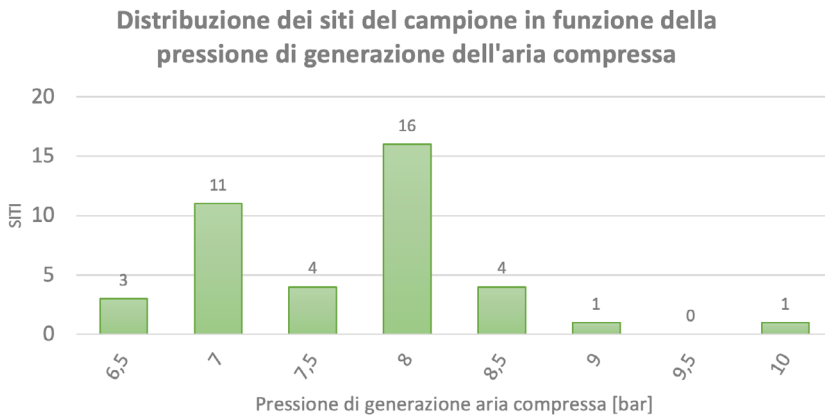


Figura 6.21 – Livelli di pressione di generazione degli impianti di aria compressa dei siti del campione analizzato.

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 destinazione d'uso generale. L'analisi è stata svolta considerando due possibili destinazioni d'uso:

- la produzione in massa [kg];
- le superfici degli ambienti produttivi [m²].

Come visto nel capitolo 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, il mantenimento delle condizioni previste dalla normativa tecnica cogente, il più delle volte, devono essere mantenute indipendentemente dal fatto che la linea sia in produzione o meno. Per questo motivo nasce la necessità di utilizzare anche una destinazione d'uso (o driver di consumo energetico) 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 in un numero maggiore nelle 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 della destinazione d'uso o driver di consumo scelto;
- i dati riassuntivi dell'analisi di regressione per i consumi Totali, Elettrici e Termici, in particolare:
 - L'equazione della retta, con il relativo intervallo di confidenza;
 - Il coefficiente di correlazione R e quello di determinazione R^2 ;
 - I valori di $R_{critica}$ 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.

6.2.4.1. Destinazione d'uso generale: Produzione in massa [kg]

In questo capitolo, vengono presentati i risultati ottenuti considerando come destinazione d'uso generale la produzione in massa di 24 siti farmaceutici.

Come illustrato nella parte introduttiva del capitolo 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 6.22* 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 6.2*, sarà compreso tra i 20.000 kg e 2.500.000 kg.

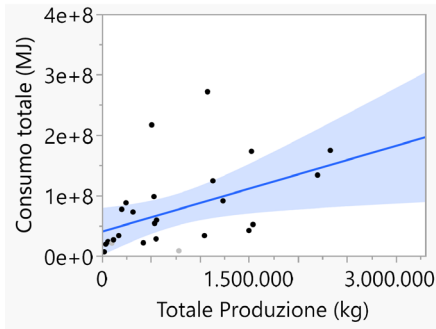
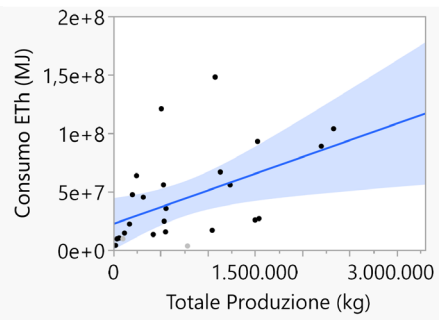
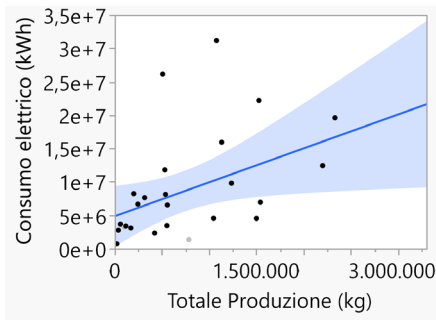


Figura 6.22 – Analisi di regressione tra consumi Totali, Elettrici e Termici di sito e la produzione in massa.



In *Tabella 6.1* 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 6.1 – 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 ²	R	P _{value}	R _{crit} (bidirezionale) α=0,05	R _{crit} (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 ²	R	P _{value}	R _{crit (bidirezionale)} α=0,05	R _{crit (bidirezionale)} α=0,01
Consumo Elettrico [kWh]	0,1878	0,4333	0,0344	0,3882	0,4958
Rette di Regressione: Consumo Termico [MJ] vs Produzione [Kg]					
Consumo Termico [MJ] = 22.203.847 + 28,63*Totale Produzione [kg] 99% > Int. Confidenza > 95%					
	R ²	R	P _{value}	R _{crit (bidirezionale)} α=0,05	R _{crit (bidirezionale)} α=0,01
Consumo Termico [MJ]	0,2353	0,4851	0,0163	0,3882	0,4958

Come mostrato nelle *Tabelle 6.2, 6.3 e 6.4*, 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 6.2 – IPEg medio: consumo Totale su 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%	MEDIO
540.001	2.500.000	77,6 ± 63,7	82,1%	BASSO

Tabella 6.3 – IPEg medio: consumo Elettrico su produzione di stabilimento.

Unità misura utilizzate	Produzione		kg	
	Consumo Elettrico		kWh	
	IPE		kWh/kg	
Produzione [kg]		IPE	Affidabilità	
Min	Max			
kg	kg	kWh/kg	Coeff. di Variazione	Livello di affidabilità
20.000	530.000	35,7 ± 19,6	54,9%	MEDIO
530.000	2.500.000	10,3 ± 8,0	77,7%	BASSO

Tabella 6.4 – IPEg medio: consumo Termico su produzione di stabilimento.

Unità misura utilizzate	Produzione		kg	
	Consumo Termico		MJ	
	IPE		MJ/kg	
Produzione [kg]		IPE	Affidabilità	
Min	Max			
kg	kg	MJ/kg	Coeff. di Variazione	Livello di affidabilità
20.000	540.000	162,0 ± 71,3	44,0%	MEDIO
540.000	2.500.000	43,1 ± 34,9	81,0%	BASSO

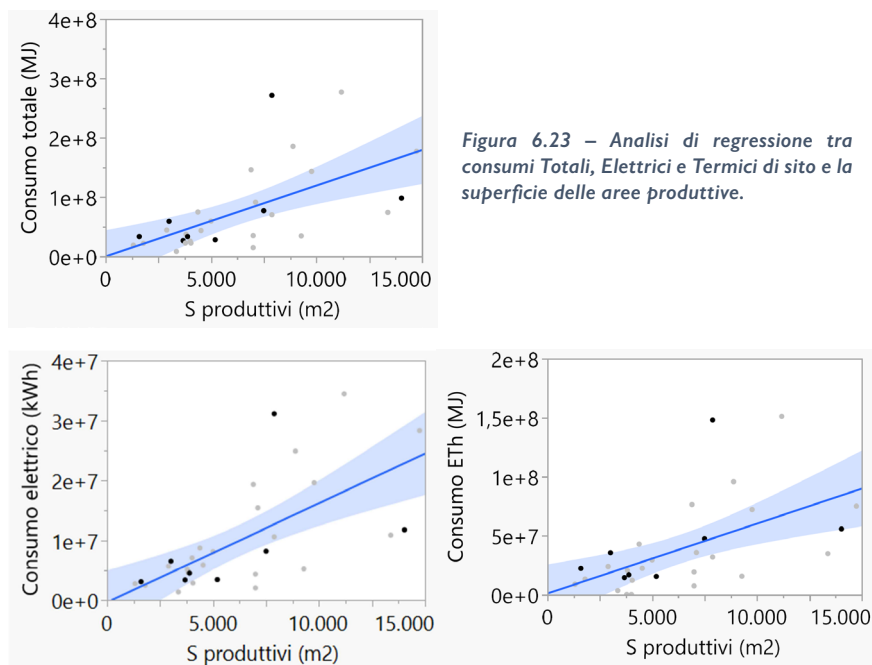
6.2.4.2. Destinazione d'uso generale: Superfici produttive [m²]

In questo capitolo, vengono presentati i risultati ottenuti considerando come destinazione d'uso generale la superficie delle aree produttive di 30 siti farmaceutici.

Come illustrato nel capitolo 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 particolare) che microbiologici. Ovviamente, il fabbisogno energetico, per il mantenimento delle condizioni richieste, sarà dipendente 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 6.23* è riportata l'analisi di regressione tra i consumi Totali, Elettrici e Termici di sito e la superficie delle aree produttive [m²].



In *Tabella 6.5* 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 destinazione d'uso la produzione, l'utilizzo delle superfici fornisce risultati migliori, sebbene non ottimali. 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 dovuto solamente al campo di esistenza dell'equazione che ha una validità per superfici superiori ai 1.300 m².

Tabella 6.5 – Risultati analisi di regressione tra consumo Totale, Elettrico e Termico e la superficie delle aree produttive.

Rette di Regressione: Consumo Totale [MJ] vs Superficie [m²]					
Consumo totale [MJ] = -120.667 + 11.942,50*Superficie [m ²] Int. Confidenza > 99%					
	R ²	R	P _{value}	R _{crit (bidirezionale)} α=0,05	R _{crit (bidirezionale)} α=0,01
Consumo Totale [MJ]	0,3667	0,6056	0,0004	0,3494	0,4487
Rette di Regressione: Consumo Elettrico [KWh] vs Superficie [m²]					
Consumo Elettrico [kWh] = -354.827 + 1.656,60* Superficie [m ²] Int. Confidenza > 99%					
	R ²	R	P _{value}	R _{crit (bidirezionale)} α=0,05	R _{crit (bidirezionale)} α=0,01
Consumo Elettrico [kWh]	0,4307	0,6563	<0,0001	0,3494	0,4487
Rette di Regressione: Consumo Termico [MJ] vs Superficie [m²]					
Consumo Termico [MJ] = 802.674 + 5.937,5* Superficie [m ²] Int. Confidenza > 99%					
	R ²	R	P _{value}	R _{crit (bidirezionale)} α=0,05	R _{crit (bidirezionale)} α=0,01
Consumo Termico [MJ]	0,3128	0,5593	0,0013	0,3494	0,4487

Come mostrato in *Tabella 6.6* 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 m² ed i 3.360 m², mentre per i siti con superfici più elevate i livelli di affidabilità risultano essere medio/bassi.

Tabella 6.6 – IPEg medi: consumo Totale, Elettrico e Termico su produzione di stabilimento.

Unità misura utilizzate	Produzione		m ²	
	Consumo Totale		MJ	
	IPE		MJ/m ²	
Produzione [kg]		IPE	Affidabilità	
Min	Max			
m ²	m ²	MJ/m ²	Coeff. di Variazione	Livello di affidabilità
1.300	3.360	16.420 ± 3.660	22,30%	MEDIO
3.361	7.110	8.420 ± 5.320	63,20%	BASSO
7.111	15.000	14.080 ± 9.230	65,50%	BASSO

Unità misura utilizzate	Produzione		m ²	
	Consumo Elettrico		kWh	
	IPE		kWh/m ²	
Superficie aree produttive		IPE	Affidabilità	
Min	Max			
m ²	m ²	kWh/m ²	Coeff. di Variazione	Livello di affidabilità
1.300	3.360	1.906 ± 312	16,40%	ALTO
3.361	7.890	1.258 ± 685	54,40%	MEDIO
7.891	15.000	1.926 ± 1.162	60,30%	BASSO

Unità misura utilizzate	Produzione		m ²	
	Consumo Termico		MJ	
	IPE		MJ/m ²	
Superficie aree produttive		IPE	Affidabilità	
Min	Max			
m ²	m ²	MJ/m ²	Coeff. di Variazione	Livello di affidabilità
1.300	3.360	9.560 ± 3.130	32,70%	MEDIO
3.361	7.110	3.995 ± 3.315	82,90%	BASSO
7.111	15.000	7.190 ± 5.180	72,04%	BASSO

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 capitolo 6.2, la determinazione di questi indici richiede un campione di dati omogenei oltre che nel processo o fase di processo, anche nella rendicontazione sia dei consumi energetici che delle destinazioni d'uso o driver di consumo energetico. 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.

6.2.5.1. Indicatori di Prestazione Energetica specifici – Attività Principali

Come evidenziato nel capitolo 6.2.2, circa il 20% dei consumi Elettrici è dovuta alle linee produttive. Trattandosi di consumi associati alle linee produttive il driver di consumo energetico più consono 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 tipologia di prodotto (liquidi, solidi, misti).

Ai fini della presente analisi, è stato possibile individuare una buona correlazione solo per la produzione di liquidi (*Figura 6.24*), 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 6.24* è riportata l'analisi di regressione tra il consumo Elettrico della linea produttiva e la produzione di medicinali liquidi [kg].

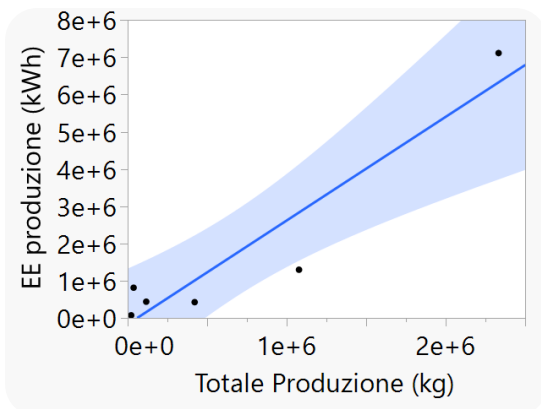


Figura 6.24 – Analisi di regressione tra consumi Elettrici della linea produttiva e la produzione di farmaci liquidi.

In *Tabella 6.7* 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 il 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 6.7 – 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^2	R	P_{value}	R_{crit} (bidirezionale) $\alpha=0,05$	R_{crit} (bidirezionale) $\alpha=0,01$
Consumo Elettrico [kWh]	0,8838	0,9401	0,0053	0,7067	0,8343

In *Tabella 6.8* 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 6.8 – 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%	NULLO

In Tabella 6.9 è riportato l'IPE medio specifico della linea produttiva di farmaci solidi, anche in questo caso, l'elevata ampiezza del campo di esistenza legata ad un basso numero di campioni utilizzabile non permette di avere un livello di affidabilità accettabile.

Tabella 6.9 – 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%	BASSO

In Tabella 6.10 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 ha permesso di sezionare il campo di esistenza in due macro sezioni, la prima caratterizzata da produzioni relativamente basse e quindi con un valore dell'IPE maggiormente sensibile alle variazioni della produzione, mentre la seconda sezione caratterizzata da produzioni più elevate e valore dell'IPE meno sensibile alle variazioni della produzione.

Tabella 6.10 – 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		Coeff. di Variazione	Livello di affidabilità
kg	kg	kWh/kg		
20.000	540.000	3,24 ± 2,40	74,1%	BASSO
540.001	2.500.000	0,96 ± 0,43	44,8%	MEDIO

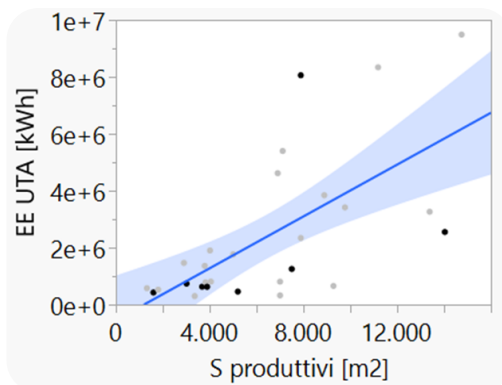
6.2.5.2. Indicatori di Prestazione Energetica specifici – Servizi Ausiliari

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 a 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)

6.2.5.2.1. IPEs – Servizi Ausiliari: UTA

La qualità dell'aria degli ambienti [4], 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 si è basata sulle informazioni provenienti da 28 siti del campione di riferimento, ottenendo dunque una rappresentatività elevata. In Figura 6.25 è riportata l'analisi di regressione tra consumi Elettrici delle UTA e la superficie delle aree produttive [m²].

Figura 6.25 – Analisi di regressione tra consumi Elettrici delle UTA e la superficie delle aree produttive.



In Tabella 6.11 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 6.25 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 va considerato che il campo di esistenza della relazione trovata è compreso tra i 1.300 m² ed i 15.000 m².

Tabella 6.11 – 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 ²]					
Consumo Elettrico UTA [kWh] = -542.580 + 455,36* Superficie [m ²] Int. Confidenza > 99%					
	R ²	R	P _{value}	R _{crit (bidirezionale)} α=0,05	R _{crit (bidirezionale)} α=0,01
Consumo Elettrico UTA [kWh]	0,4293	0,6552	<0,0001	0,3620	0,4640

In Tabella 6.12 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 [4]. Informazioni, però non presenti a questo livello di dettaglio all'interno delle diagnosi energetiche.

Tabella 6.12 – IPEs medio Elettrico dell'UTA relativamente alla superficie delle aree produttive.

Unità misura utilizzate	Superficie delle aree produttive		m ²	
	Consumo Elettrico		kWh	
	IPE		kWh/m ²	
Superficie		IPE	Affidabilità	
Min	Max		Coeff. di Variazione	Livello di affidabilità
m ²	m ²	kWh/m ²		
1.300	15.000	342,9 ± 242,3	70,7%	BASSO

6.2.5.2.2. 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 6.26 è riportata l'analisi di regressione tra consumi Elettrici del reparto di aria compressa e il volume di aria trattata.

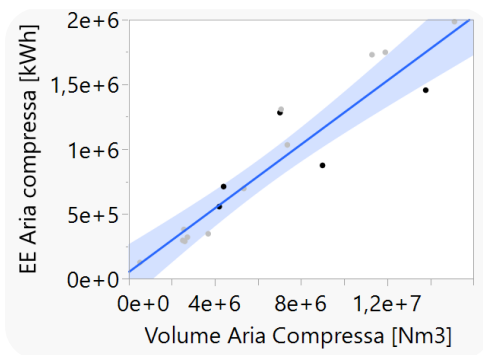


Figura 6.26 – Analisi di regressione tra consumi Elettrici del reparto aria compressa e volume aria trattata.

In *Tabella 6.13* 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 6.13 – Risultati analisi di regressione tra consumi Elettrici del reparto aria compressa e l'aria compressa trattata.

Rette di Regressione: Consumo Elettrico aria compressa [kWh] vs Volume aria trattata [Nm ³]					
Consumo Elettrico aria compressa [kWh] = 48.626 + 0,123*Volume aria trattata [Nm ³] Int. Confidenza > 99%					
	R ²	R	P _{value}	R _{crit} (bidirezionale) α=0,05	R _{crit} (bidirezionale) α=0,01
Consumo Elettrico aria compressa [kWh]	0,8961	0,9466	<0,0001	0,514	0,6411

In *Tabella 6.14* 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'IPE trovato risulta essere buono con un livello di affidabilità Medio.

Tabella 6.14 – IPEs medio Elettrico del reparto aria compressa relativamente al volume dell'aria trattata.

Unità misura utilizzate	Volume aria trattata		Nm ³		
	Consumo Elettrico		kWh		
	IPE		kWh/Nm ³		
Volume aria trattata		IPE	Affidabilità		
Min	Max				
Nm ³	Nm ³	kWh/Nm ³	Coeff. di Variazione	Livello di affidabilità	
530.000	15.000.000	0,138 ± 0,038	27,5%	MEDIO	





**INTERVENTI DI EFFICIENZA
ENERGETICA**

7

7. Interventi di efficienza energetica: soluzioni tecnologiche per il settore dell'Industria Farmaceutica

In questo capitolo vengono rappresentate le principali soluzioni tecnologiche di efficientamento energetico, per il settore farmaceutico, presenti oggi sul mercato. Vengono quindi elencati i principali interventi di efficientamento energetico suddiviso per le principali fasi del processo.

Inoltre, vengono proposti anche i principali interventi che potrebbero essere presi in considerazione per l'efficientamento degli impianti ausiliari.

Scopo del presente capitolo è quello 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 produttivo. Ovviamente l'individuazione di un possibile intervento di efficientamento non può prescindere dalla peculiarità specifica del sito produttivo, da un'analisi di fattibilità ed un'analisi costo-beneficio. Gli interventi proposti sono quindi suddivisi per le principali fasi di processo e rappresentati in tabelle dove ciascuna fase viene suddivisa ulteriormente nelle sue componentistiche principali (Oggetto della soluzione) e per ciascuna di queste fasi vengono proposte una o più soluzioni tecnologiche (Soluzione), accanto ad ogni soluzione tecnologica vengono riportati i riferimenti bibliografici utili per eventuali approfondimenti (Riferimenti). Oltre ai riferimenti bibliografici per l'individuazione degli interventi sono state utilizzate anche le informazioni riportate nelle diagnosi energetiche pervenute ad ENEA. Nel caso in cui una delle soluzioni proposte è stata riscontrata all'interno delle diagnosi energetica questa è evidenziata con un colore diverso (rosato) e all'interno del campo "Riferimenti" comparirà [DE].

7.1. Produzione di compresse

Le fasi del processo di produzione delle compresse possono essere riassunte in controllo in accettazione delle materie prime, miscelazione delle materie prime, granulazione, macinazione, essiccazione e compressione.

7.1.1 Miscelazione

Per ottenere compresse dal giusto dosaggio è fondamentale avere un'adeguata ed uniforme miscelazione delle sostanze che le compongono. La miscelazione avviene grazie all'azione congiunta di tre differenti meccanismi: lo spostamento della polvere da un posto ad un altro (*convection*), lo spostamento relativo alle porzioni adiacenti di polvere (*shear*) ed infine il rimescolamento delle singole particelle (*diffusion*). Questo è ottenuto tramite dei macchinari chiamati miscelatori classificabili in categorie, tra cui la categoria dei *tumble blenders* e quella dei *rotating elements blenders*.

In *Tabella 7.1* sono riportate le soluzioni tecnologiche per la fase di miscelazione.

Tabella 7.1 – Soluzioni tecnologiche per la fase di Miscelazione.

MISCELAZIONE			
Macchina	Oggetto della soluzione	Soluzione	Fonte
<i>Tumble blender</i>	<i>Twin-shell blender</i>	Installazione di un <i>twin-shell blender</i>	[10]
<i>Tumble blender</i>	<i>Double-cone blender</i>	Installazione di un <i>double-cone blender</i>	[10]
<i>Tumble blender</i>	<i>Horizontal rotary blender</i>	Installazione di un <i>horizontal rotary blender</i>	[10]
<i>Tumble blender</i>	<i>Tote blender</i>	Installazione di un <i>tote blender</i>	[10]
<i>Rotatin element blenders</i>	<i>Ribbon blender orizzontale</i>	Installazione di un <i>ribbon blender orizzontale</i>	[10]
<i>Rotatin element blenders</i>	<i>Ribbon blender verticale</i>	Installazione di un <i>ribbon blender verticale</i>	[10]

MISCELAZIONE			
Macchina	Oggetto della soluzione	Soluzione	Fonte
<i>Rotatin element blenders</i>	Dispositivo <i>Cleaning In Place</i>	Installazione di un dispositivo per la <i>Cleaning In Place</i>	[10]
<i>Rotatin element blenders</i>	<i>Paddle blender</i>	Installazione di un <i>paddle blender</i>	[10]
<i>Rotatin element blenders</i>	<i>Ploughshare blender</i>	Installazione di un <i>ploughshare blender</i>	[10]
<i>Rotatin element blenders</i>	<i>Orbiting screw blender</i>	Installazione di un <i>orbiting screw blender</i>	[11]
<i>Rotatin element blenders</i>	<i>Impact blender</i>	Installazione di un <i>impact blender</i>	[11]
<i>Rotatin element blenders</i>	<i>Impact blender</i>	Installazione di un <i>impact blender a lame multiple</i>	[11]

7.1.2. Granulazione

Il processo di granulazione viene utilizzato per la preparazione del materiale che formerà poi le compresse. La granulazione può essere definita come un processo di aumento di dimensioni che trasforma particelle fini o grossolane in agglomerati più grandi e resistenti con buone caratteristiche di flusso, di compressione ed ottima uniformità. La scienza dietro a questo processo viene chiamata *Granulation Technology* e identifica due principali tipologie di processo: la *dry granulation* e la *wet granulation*. La prima non utilizza soluzioni liquide per la formazione dei granuli con un processo meccanico tramite l'azione di compressioni. La seconda utilizza invece una soluzione liquida che può contenere un agente agglomerante. Tra i due processi di granulazione la *wet granulation* è quella più diffusa.

In *Tabella 7.2* sono riportate le soluzioni tecnologiche per la fase di Granulazione.

Tabella 7.2 – Soluzioni tecnologiche per la fase di Granulazione.

MISCELAZIONE			
Macchina	Oggetto della soluzione	Soluzione	Fonte
<i>High shear wet granulations</i>	<i>High shear wet granulator verticale</i>	Installazione di un macchinario per l' <i>High shear wet granulations</i> verticale	[15]
<i>High shear wet granulations</i>	<i>High shear wet granulator verticale orizzontale</i>	Installazione di un macchinario per l' <i>High shear wet granulations</i> orizzontale	[10]
<i>High shear wet granulations</i>	<i>High shear wet granulator verticale single pot</i>	Installazione di una soluzione "single pot" per la granulazione	[15]
<i>High shear wet granulations</i>	<i>High shear wet granulator verticale in continuo</i>	Installazione di un macchinario per l' <i>High shear wet granulations</i> per il processamento in continuo	[15]
<i>Low Shear Wet Granulation</i>	<i>Ribbon blender</i>	Installazione di un <i>ribbon blender</i>	[16]
<i>Low Shear Wet Granulation</i>	<i>Topo-granulator</i>	Installazione di un <i>topo-granulator</i>	[16]
<i>Low Shear Wet Granulation</i>	<i>Planetary mixer</i>	Installazione di un <i>planetary mixer</i>	[15]
<i>Low Shear Wet Granulation</i>	Miscelatore a vite	Installazione di uno miscelatore a vite	[15]
<i>Low Shear Wet Granulation</i>	Miscelatore a lame sigma	Installazione di un miscelatore a lame sigma	[16]
<i>Low Shear Wet Granulation</i>	Granulatore <i>rotating shape</i>	Installazione di un granulatore " <i>rotating shape</i> "	[16]
<i>Low Shear Wet Granulation</i>	Granulatore <i>rotating shape</i>	Installazione di un granulatore " <i>rotating shape</i> " in modalità <i>single pot</i>	[16]
<i>Fluid bed granulation</i>	<i>Fluid bed granulator</i>	Installazione di un granulatore a letto fluido	[16][17]
<i>Fluid bed granulation</i>	<i>Fluid bed granulator Wurser</i>	Installazione di un granulatore <i>Wurser</i>	[15]
<i>Fluid bed granulation</i>	<i>Fluid bed granulator continuo</i>	Installazione di un granulatore FBG continuo	[15]

MISCELAZIONE			
Macchina	Oggetto della soluzione	Soluzione	Fonte
<i>Extrusion-Spheronization</i>	Estrusore assiale	Installazione di un estrusore assiale ad 1 vite	[16]
<i>Extrusion-Spheronization</i>	Estrusore assiale	Installazione di un estrusore assiale a 2 viti	[16]
<i>Extrusion-Spheronization</i>	Estrusore radiale	Installazione di un estrusore radiale ad 1 vite	[16]
<i>Extrusion-Spheronization</i>	Estrusore radiale	Installazione di un estrusore radiale a 2 viti	[16]
<i>Extrusion-Spheronization</i>	Estrusore a gravità	Installazione di un estrusore a gravità a cilindri	[16]
<i>Extrusion-Spheronization</i>	Estrusore a gravità	Installazione di un estrusore a gravità a ruote dentate	[16]
<i>Extrusion-Spheronization</i>	Estrusore a gravità	Installazione di un estrusore a gravità radiale	[16]
<i>Extrusion-Spheronization</i>	Estrusore a pistone	Installazione di un estrusore a pistone	[16]
<i>Extrusion-Spheronization</i>	Sferonizzatore a lotti	Installazione di uno sferonizzatore a lotti	[16]
<i>Extrusion-Spheronization</i>	Sferonizzatore in continuo	Installazione di un sferonizzatore in continuo	[16]
<i>Twin screw granulation</i>	Granulatore a viti gemelle	Installazione di un granulatore a viti gemelle	[18]
<i>Steam granulation</i>	<i>Fluid bed granulator a vapore</i>	Installazione di un granulatore a letto fluido con vapore	[20] [21] [22]
<i>Steam granulation</i>	<i>High shear wet granulator a vapore</i>	Installazione di un macchinario per l' <i>High shear wet granulations</i> con vapore	[20] [21] [22]
<i>Steam granulation</i>	<i>Low shear wet granulator a vapore</i>	Installazione di un macchinario per la <i>Low shear wet granulations</i> con vapore	[20] [21] [22]
<i>Melt granulation</i>	<i>High shear wet granulator jacketed</i>	Installazione di un macchinario per l' <i>High shear wet granulations</i> con pareti riscaldabili	[12][15]

MISCELAZIONE			
Macchina	Oggetto della soluzione	Soluzione	Fonte
<i>Moisture Activated Dry Granulation</i>	<i>High shear wet granulator per la Moisture Activated Dry Granulation</i>	Installazione di un macchinario per l' <i>High shear wet granulations</i> adibito al <i>Moisture Activated Dry Granulation</i>	[12][15] [23]
<i>Moisture Activated Dry Granulation</i>	<i>High shear wet granulator per la Moisture Activated Dry Granulation</i>	Installazione di un macchinario per la <i>Low Shear Wet Granulation</i> adibito al <i>Moisture Activated Dry Granulation</i>	[12][15] [23]
<i>Thermal Adhesion Granulation Process</i>	<i>Thermal Adhesion Granulation Process</i>	Installazione di un macchinario per svolgere il <i>Thermal Adhesion Granulation Process</i>	[20] [21]
<i>Foam granulation</i>	<i>Fluid bed granulator a schiuma</i>	Installazione di un granulatore a letto fluido con schiuma	[20] [21]
<i>Foam granulation</i>	<i>High shear wet granulator a schiuma</i>	Installazione di un macchinario per l' <i>High shear wet granulations</i> con schiuma	[20] [21]
<i>Foam granulation</i>	<i>High shear wet granulator a schiuma</i>	Installazione di un macchinario per la <i>Low Shear Wet Granulation</i> con schiuma	[20] [21]
<i>Freeze granulation</i>	Vasca ad azoto liquido	Installazione di una vasca per bagno in azoto liquido ed una camera di condensazione	[21] [22]

7.1.3. Macinazione e Macinazione a secco

Nel settore farmaceutico si ha la necessità di avere un alto livello di controllo sulle caratteristiche del prodotto finito, al fine di uniformare la produzione e produrre farmaci che possano avere sempre gli stessi effetti. Questo è permesso dall'ottenimento di particelle il cui contenuto di principio attivo sia uniforme tramite differenti tecniche di macinatura che vengono attuate per standardizzare i principi attivi, gli eccipienti e i granuli con la formulazione già formata. Avere infatti materie prime delle giuste dimensioni non assicura un corretto comportamento dei granuli che, per assicurare i dosaggi necessari, devono essere nuovamente macinati e portati a dimensione. Ridurre le dimensioni degli elementi che andranno poi a comporre le compresse permette inoltre di ottenere un incremento del rateo di dissoluzione. [26] Il processo di macinazione può essere fatto sia su materiali asciutti (materie prime) che su materiali bagnati (massa umida in uscita dal processo di granulazione o granuli ancora umidi), portando così alla distinzione tra *wet granulation* e *dry granulation*.

In *Tabella 7.3* sono riportate le soluzioni tecnologiche per la fase di Macinazione (*Wet Granulation*).

Tabella 7.3 – Soluzioni tecnologiche per la fase di Macinazione (Wet Granulation).

MACINAZIONE			
Macchina	Oggetto della soluzione	Soluzione	Fonte
Dispositivo per il <i>dry milling</i>	Mulino a martelli	Installazione di un mulino a martelli	[26]
Dispositivo per il <i>dry milling</i>	<i>Pin mill</i>	Installazione di una <i>pin mill</i>	[27]
Dispositivo per il <i>dry milling</i>	<i>Spiral jet mill</i>	Installazione di una <i>spiral jet mill</i>	[27]
Dispositivo per il <i>dry milling</i>	<i>Loop jet mill</i>	Installazione di una <i>loop jet mill</i>	[27]
Dispositivo per il <i>dry milling</i>	<i>Fluid bed air jet mill</i>	Installazione di una <i>air jet mill</i> a letto fluido	[27]
Dispositivo per il <i>wet milling</i>	Sistema rotore-statore	Installazione di un macinatore con statore e rotor dentati	[26]

MACINAZIONE			
Dispositivo per il <i>wet milling</i>	Omogeneizzatore ad alta pressione	Installazione di un <i>high pressure homogenizer</i>	[26]
Dispositivo per il <i>wet milling</i>	Media mill	Installazione di una media mill	[26]
Dispositivo per il <i>wet milling</i>	Media mill	Installazione di una media mill con geometria interna migliorata	[26]

Il processo di *dry granulation*, a differenza della *wet granulation*, non usa l'umidità o il calore per ottenere i granuli. Si individuano due metodi nel settore farmaceutico, lo *slugging* e la *roller compaction*, entrambi basati sull'applicazione di notevoli pressioni (30-70 bar) alla miscela di principi attivi ed eccipienti che alle volte può necessitare anche di materiali leganti allo stato solido.[16] La caratteristica principale della *dry granulation* è la possibilità di granulare quelle sostanze sensibili all'umidità e al calore che nei processi di *wet granulation* si danneggerebbero. Inoltre, dal momento che le fasi di asciugatura non sono necessarie, questi processi risultano meno energivori.

In *Tabella 7.4* sono riportate le soluzioni tecnologiche per la fase di Macinazione a secco (*Dry Granulation*).

Tabella 7.4 - Soluzioni tecnologiche per la fase di Macinazione a secco (Dry Granulation).

MACINAZIONE A SECCO			
Macchina	Oggetto della soluzione	Soluzione	Fonte
Dispositivo per lo <i>slugging</i>	Pressa	Installazione di una pressa (4-6 ton.)	[16]
<i>Roll compaction dry granulation</i>	<i>Roll compaction dry granulator</i> a rulli fissi	Installazione di una pressa <i>roll compaction dry granulator</i> a rulli fissi	[24]
<i>Roll compaction dry granulation</i>	<i>Roll compaction dry granulator</i> a rulli mobili	Installazione di una pressa <i>roll compaction dry granulator</i> a rulli mobili	[24]
<i>Roll compaction dry granulation</i>	<i>Roll compaction dry granulator</i> a rulli concavi	Installazione di una pressa <i>roll compaction dry granulator</i> a rulli concavi	[24]

MACINAZIONE A SECCO			
<i>Roll compaction dry granulation</i>	<i>Roll compaction dry granulator a rulli a tasche</i>	Installazione di una pressa <i>roll compaction dry granulator</i> a rulli a tasche	[24]
<i>Roll compaction dry granulation</i>	<i>Roll compaction dry granulator pneumatic dry</i>	Installazione di un macchinario per la <i>Pneumatic dry granulation</i>	[24]

7.1.4. Essiccatura

La fase di essiccatura consiste nella rimozione del liquido presente all'interno dei solidi umidi tramite un processo di evaporazione ottenuto grazie alla somministrazione di calore. In questa fase il calore può essere trasmesso al materiale tramite convezione o conduzione e le tecniche esistenti sono molteplici [28]. Tra quelle più diffuse sono le soluzioni *single pot* che implementano la fase di essiccatura all'interno dello stesso macchinario che svolge le fasi di miscelazione e di *wet granulation*.

In *Tabella 7.5* sono riportate le soluzioni tecnologiche per la fase di Essiccatura.

Tabella 7.5 – Soluzioni tecnologiche per la fase di Essiccatura.

ESSICCATURA			
Macchina	Oggetto della soluzione	Soluzione	Fonte
<i>Fluid bed dryer</i>	Essiccatore a lotti	Installazione di un essiccatore a lotti	[29]
<i>Fluid bed dryer</i>	Essiccatore semicontinuo	Installazione di un essiccatore semicontinuo	[29]
<i>Fluid bed dryer</i>	Essiccatore in continuo	Installazione di un essiccatore in continuo	[29]
<i>Fluid bed dryer</i>	Essiccatore <i>Plug Flow</i>	Installazione di un essiccatore <i>Plug flow</i>	[29]
<i>Fluid bed dryer</i>	Granulatore <i>single pot</i>	Installazione di un dispositivo di granulazione " <i>single pot</i> "	[15]
<i>Vacuum dryer</i>	Miscelatore sottovuoto <i>jacketed</i>	Installazione di un miscelatore sottovuoto con pareti riscaldabili	[29]

ESSICCATURA			
Macchina	Oggetto della soluzione	Soluzione	Fonte
<i>Vacuum dryer</i>	Miscelatore sottovuoto con microonde	Installazione di un miscelatore sottovuoto con dispositivo microonde	[28]
<i>Vacuum dryer</i>	Miscelatore sottovuoto con fonte mista	Installazione di un miscelatore sottovuoto con fonte di calore mista	[29]
<i>Vacuum dryer</i>	Miscelatore sottovuoto gas assisted	Installazione di un sistema di asciugatura sottovuoto gas-assisted	[29]
<i>Spray drier</i>	<i>Spray drier</i>	Installazione di uno <i>spry dryer</i> a ciclo aperto	[32]
<i>Spray drier</i>	<i>Spray drier</i>	Installazione di uno <i>spry dryer</i> a ciclo chiuso	[32]
<i>Spray drier</i>	<i>Spray drier</i>	Installazione di uno <i>spry dryer</i> a ciclo semichiuso	[32]
Essiccatore	Essiccatore a nastro	Installazione di un essiccatore a nastro	[29]
Essiccatore	Essiccatore a ciclone	Installazione di un essiccatore a ciclone	[29]
Essiccatore	Essiccatore <i>spin-flash</i>	Installazione di un essiccatore <i>spin-flash</i>	[29]
Essiccatore	Essiccatore a letto vibrante	Installazione di un essiccatore a letto vibrante	[29]
Essiccatore	Essiccatore a cadute di pressione	Installazione di un essiccatore a cadute di pressione	[33]
Essiccatore con ciclo frigorifero ad adsorbimento	Essiccatore alimentato ad adsorbimento di calore dissipato	Sostituzione dell'essiccatore alimentato ad energia elettrica con un elemento alimentato ad adsorbimento (recupero termico sala compressori)	[D.E.]
Essiccatore	Deumidificatore	Installazione di un deumidificatore per l'aria in ingresso all'essiccatore	[D.E.]

7.1.5. Compressione e Compressione diretta

Il concetto alla base della formazione delle compresse è rimasto lo stesso dal momento della loro invenzione: compressione del composto all'interno dello stampo grazie alla pressione di un pistone. Le variazioni che esistono nei macchinari che svolgono questa fase di processo sono inerenti alla quantità e alle dimensioni delle compresse che entrano nello stampo, alle pressioni esercitate ed alla pulibilità. L'intera sequenza è caratterizzata dalle sottofasi di *filling, metering, compression* e *ejection*.

In *Tabella 7.6* sono riportate le soluzioni tecnologiche per la fase di compressione.

Tabella 7.6 – Soluzioni tecnologiche per la fase di Compressione.

COMPRESSIONE			
Macchina	Oggetto della soluzione	Soluzione	Fonte
Pressa per la compressione	Pressa	Installazione di una pressa con allestimento B	[37]
Pressa per la compressione	Pressa	Installazione di una pressa con allestimento D	[37]
Pressa per la compressione	<i>Tablet deduster</i>	Installazione di un <i>tablet deduster</i>	[36]
Pressa per la compressione	<i>Metal detector</i>	Installazione di un <i>metal detector</i>	[36]
Pressa per la compressione	Sistema di pesatura	Installazione di un sistema di controllo del peso delle compresse	[36]

Con il termine *direct compression* si indica il processo di compressione di una miscela direttamente in pasticca, senza passare per le fasi di granulazione. La fase necessita un'attenta analisi delle materie prime, in quanto devono rispettare determinate caratteristiche per poter essere processate. Le operazioni del processo di *direct compression* sono in numero ridotto e accorciano notevolmente il tempo di lavorazione complessivo. I materiali in ingresso vengono inseriti con le giuste proporzioni all'interno di un *mixer* e vengono miscelati insieme ad un lubrificante. Successivamente tramite una tramoggia la miscela viene inserita in una pressa. Questa, a seconda che il processo sia discreto o continuo, può assumere forme diverse.

In *Tabella 7.7* sono riportate le soluzioni tecnologiche per la fase compressione diretta (*Direct compression*).

Tabella 7.7 – Soluzioni tecnologiche per la fase di Compressione diretta (Direct compression).

COMPRESSIONE DIRETTA			
Macchina	Oggetto della soluzione	Soluzione	Fonte
<i>Pressa direct compression</i>	Pressa	Installazione di una pressa (produzione a lotti)	[35]
<i>Pressa direct compression</i>	Pressa a dischi rotanti	Installazione di una pressa su disco forato rotante (produzione in continuo)	[35]

7.1.6. Ricopertura o *coating*

Molte compresse contengono dei principi attivi il cui sapore deve necessariamente essere mascherato, oppure che richiedono specifici coefficienti di rilascio. Vengono quindi applicate sulle compresse coperture in zucchero, film polimerico o polvere coprente.

In *Tabella 7.8* sono riportate le soluzioni tecnologiche per la fase Ricopertura (*Coating*).

Tabella 7.8 – Soluzioni tecnologiche per la fase di Ricopertura (Coating).

RICOPERTURA O COATING			
Macchina	Oggetto della soluzione	Soluzione	Fonte
<i>Sugar coater</i>	<i>Coater a zucchero</i>	Installazione di un macchinario per il <i>coating</i> a zucchero	[37]
<i>Film coater</i>	<i>Coater Pellegrini</i>	Installazione di un macchinario dotato di un sistema Pellegrini	[38]
<i>Film coater</i>	<i>Coater con immersion sword</i>	Installazione di un macchinario dotato di un sistema <i>immersion-sword</i>	[38]

RICOPERTURA O COATING			
Macchina	Oggetto della soluzione	Soluzione	Fonte
<i>Film coater</i>	<i>Coater con immersione tube</i>	Installazione di un macchinario dotato di un sistema <i>immersion-tube</i>	[38]
<i>Film coater</i>	<i>Accela coata</i>	Installazione di un <i>Accela coata</i>	[38]
<i>Film coater</i>	<i>Driacoater</i>	Installazione di un <i>driacoater</i>	[38]
<i>Film coater</i>	<i>Glatt coater</i>	Installazione di un <i>Glatt coater</i>	[38]
<i>Film coater</i>	<i>FB coater</i>	Installazione di un macchinario a letto fluido per il <i>coating</i>	[38]
VFC	VFC	Installazione di un macchinario per il VFC	[40]
<i>Electrostatic coater</i>	<i>Coater elettrostatico</i>	Installazione di un macchinario per il <i>coating</i> elettrostatico “ <i>corona charging</i> ”	[40]
<i>Electrostatic coater</i>	<i>Coater elettrostatico</i>	Installazione di un macchinario per il <i>coating</i> elettrostatico “ <i>tribo charging</i> ”	[40]
MAIC	MAIC	Installazione di un macchinario per il MAIC	[40]
<i>Compression coater</i>	<i>Pressa per il compression coater</i>	Installazione di una pressa per il <i>compression coating</i>	[38]
<i>Dip coater</i>	<i>Dip coater</i>	Installazione di un macchinario per il <i>dip coating</i>	[38]

7.2. Tecniche per il miglioramento delle caratteristiche dei materiali

7.2.1. Miglioramento della solubilità

Molti materiali utilizzati nel settore farmaceutico, in particolare i principi attivi, non sono caratterizzati da una buona solubilità in acqua. Per ovviare a questo problema in genere si utilizzano tecniche di dispersione solida amorfa che in genere prevedono di partire da un liquido di partenza (soluzione o un solido fuso) per poi applicarvi energia per la solidificazione. Tra le varie tecniche l'elettrofilatura è una di quelle più efficienti ed innovative, che porta anche a prodotti di una qualità maggiore. [42] L'elettrofilatura (o *electrospinning*) è un processo basato su due elettrodi, uno collegato ad un sistema ad alto voltaggio, l'altro messo a terra. La differenza di potenziale che si sviluppa incanala e guida il flusso di soluzione che viene fatto uscire da un ago/ugello tramite un sistema a siringa o un circuito con pompa aria come fluido di supporto. L'ago corrisponde all'elettrodo carico, mentre l'elettrodo a terra è un raccoglitore delle fibre che si generano, generalmente un cilindro ruotante (un rocchetto). Le fibre che vengono formate possono essere macinate, così da far acquisire al materiale migliori caratteristiche di flusso [43]. Vengono poi miscelate con altri materiali, uniformate e infine compresse per formare le pasticche.

In *Tabella 7.9* sono riportate le soluzioni tecnologiche per il miglioramento della solubilità.

Tabella 7.9 – Soluzioni tecnologiche per il miglioramento della solubilità.

MIGLIORAMENTO SOLUBILITÀ			
Macchina	Oggetto della soluzione	Soluzione	Fonte
Dispositivo per l'elettrofilatura	Ugelli	Installazione di un macchinario per l'elettrofilatura con ugelli migliorati	[44]
Dispositivo per l'elettrofilatura	Elettrofilatura a superficie libera	Installazione di un macchinario per l'elettrofilatura a superficie libera	[44]

MIGLIORAMENTO SOLUBILITÀ			
Dispositivo per l'elettrofilatura	Elettrofilatura di materiali fusi	Installazione di un macchinario per l'elettrofilatura di materiali fusi	[44]
Dispositivo per l'elettrofilatura	Elettrofilatura a corrente alternata	Installazione di un macchinario per l'elettrofilatura a corrente alternata	[44]

7.2.2. Additive manufacturing per le pasticche

Medicinali solidi come le pasticche possono essere prodotti anche in maniere diversa. Esiste infatti la tecnologia di stampa 3D che permette il fissaggio di polveri tramite vari metodi, così da formare la compressa. Una delle caratteristiche a favore di questa tecnologia è l'aumento di personalizzazione: è possibile produrre pasticche molto diverse di volta in volta senza dover cambiare o modificare il macchinario. Questo permette di dosare al meglio i principi attivi in base alla massa ed al metabolismo del paziente (in particolare per i farmaci molto potenti). Inoltre, esiste la possibilità di creare delle "polipillole", ovvero pasticche singole al cui interno è contenuta tutta la terapia del paziente. Infatti, le compresse formate con questa tecnologia sono di due tipologie: ad un singolo principio attivo o a più principi attivi. [45]

Il processo parte dalla preparazione delle materie prime che possono essere in granuli, filamenti o soluzioni con un legante. Si ha poi la fase di produzione, in cui il materiale viene stampato in maniera stratificata, seguita da una eventuale fase finale di pulizia del prodotto finito. In *Tabella 7.10* sono riportate le soluzioni tecnologiche per il processo di fissaggio delle polveri tramite stampa 3D (*Additive Manufacturing*).

Tabella 7.10 – Soluzioni tecnologiche per il processo di fissaggio delle polveri tramite stampa 3D (Additive Manufacturing).

ADDITIVE MANUFACTURING			
Macchina	Oggetto della soluzione	Soluzione	Fonte
Stampante 3D	Stampante 3D a deposizione del legante	Installazione di una stampante 3D "binder deposition"	[46]

ADDITIVE MANUFACTURING			
Stampante 3D	Stampante 3D a <i>material jetting</i>	Installazione di una stampante 3D " <i>material jetting</i> "	[46]
Stampante 3D	Stampante 3D ad estrusione	Installazione di una stampante 3D ad estrusione	[46]
Stampante 3D	Stampante 3D a fotopolimerizzazione	Installazione di una stampante 3D a fotopolimerizzazione	[46]
Stampante 3D	Stampante 3D a fusione del letto di polvere	Installazione di una stampante 3D " <i>power bed fusion</i> "	[46]

7.3. Produzione di capsule

Le capsule sono un'alternativa alle compresse ed hanno il vantaggio di non necessitare ulteriori coperture esterne, in quanto la capsula è realizzata per coprire i sapori e regolare la velocità di dissoluzione all'interno dell'apparato digerente. Il contenuto delle capsule possono essere polveri miscelate, granulate o sferonizzate.

Le capsule si raggruppano in due tipologie in base al materiale utilizzato per l'involucro: a gelatina dura e a gelatina morbida.

Le capsule a gelatina dura sono generalmente composte da gelatina d'osso e vendute vuote all'azienda farmaceutica sotto forma di due gusci separati. Le due parti, prodotte con degli stampi che vengono immersi nella gelatina liquida e poi fatti asciugare, necessitano di un elevato controllo delle tolleranze al fine di evitare fuoriuscite di farmaco.

Esistono differenti metodi di riempimento delle capsule:

- **Metodo Zanasi.** Un tubo viene immerso in un contenitore in cui è disposto il composto in polvere/granuli del farmaco. La quantità di miscela che rimane dentro al tubo viene compressa da un pistone. Il cilindro che si è appena formato viene poi sollevato insieme al tubo grazie ad un sottovuoto e spostato all'interno della parte inferiore della capsula, su cui poi verrà pressata la parte superiore a chiusura.
- **Macchinari GKF.** Questi dispositivi utilizzano invece la capacità stessa della capsula come dosatore. La parte inferiore delle capsule, inserita

in buchi appositi su dei dischi rotanti, viene fatta passare sotto un contenitore aperto che rilascia la miscela del farmaco al suo interno per poi essere successivamente chiusa.

Nelle capsule a gelatina morbida la gelatina viene mantenuta flessibile tramite degli elementi plasticizzanti. Vengono generalmente utilizzate per contenere principi attivi liquidi o semisolidi. La tecnica di produzione consiste nell'estrusione di gelatina tramite l'azione di due rulli; in contemporanea all'interno della gelatina viene iniettato il farmaco, ottenendo così la capsula. [37]

In *Tabella 7.11* sono riportate le soluzioni tecnologiche per il processo di produzione delle capsule.

Tabella 7.11 - Soluzioni tecnologiche per il processo di produzione delle capsule.

PRODUZIONE CAPSULE			
Macchina	Oggetto della soluzione	Soluzione	Fonte
Dispositivo produzione capsule rigide	Stampi ad immersione	Installazione di un macchinario per l'immersione degli stampi nel bagno di gelatina riscaldata	[36]
Dispositivo riempimento capsule rigide	Macchinari a "metodo Zanasi"	Installazione di un macchinario per il riempimento a "metodo Zanasi"	[36]
Dispositivo riempimento capsule rigide	Macchinari a "metodo Zanasi"	Installazione di un macchinario per il riempimento a "metodo Zanasi" a dischi rotanti per il processamento in continuo	[36]
Dispositivo riempimento capsule rigide	Macchinari GKF	Installazione di un macchinario GKF per il riempimento	[36]
Macchinario per la produzione di capsule morbide	Estrusore a rulli	Installazione di un estrusore a rulli con dispositivo per l'iniezione del liquido medicinale	[36]

7.4. Produzione medicinali liquidi

La produzione di medicinali liquidi non è universale: a seconda della tipologia di preparato vengono effettuate reazioni chimiche differenti seguendo fasi di processo specifiche. Per questo motivo vengono riportate l'insieme delle tecnologie di produzione senza considerare la sequenzialità del processo. In generale si possono identificare due differenti approcci per la produzione di farmaci liquidi: dissoluzione di un farmaco in polvere dentro ad un solvente (sciroppi e soluzioni) e formazione diretta del farmaco liquido (iniezzabili).

Nel processo di Dissoluzione, si ha quindi la dissoluzione di un principio attivo o una miscela di questi all'interno di un solvente, generalmente acqua purificata, arricchita con coloranti, aromi e agenti stabilizzanti. La produzione di questa tipologia di medicinali inizia con il riscaldamento dell'acqua purificata e prosegue con l'aggiunta dei farmaci in polvere. Questo avviene in contenitori a temperatura controllata e dotati di sistemi di mescolamento, tramite l'utilizzo ad esempio di omogeneizzatori. [37]

Tra i medicinali che seguono il processo di Formazione diretta del farmaco si hanno i vaccini, la cui produzione è associata a due fasi: la formazione del preparato e la sua purificazione del liquido. [48]

La reazione di partenza può essere svolta in vitro o dentro a dei reattori, ovvero dei contenitori con dispositivi di miscelazione, riscaldamento/raffreddamento e/o altri, come tubi luminescenti per effettuare la fotocatalisi o strumenti per la sonicazione. I reattori possono essere di differenti tipologie, ma il funzionamento è il medesimo per tutti. Le differenze sono nella metodologia di mescolamento e di riscaldamento/raffreddamento del contenuto.

Il passaggio successivo alla formazione del preparato è la purificazione del liquido. Questa può essere svolta tramite cromatografia, separazione, filtrazione, distillazione.

In *Tabella 7.12* sono riportate le soluzioni tecnologiche per il processo di produzione di medicinali liquidi.

Tabella 7.12 - Soluzioni tecnologiche per il processo di produzione dei medicinali liquidi.

PROCESSAMENTO CHIMICO-FISICO PER PRODUZIONE FARMACI LIQUIDI			
Macchina	Oggetto della soluzione	Soluzione	Fonte
Reattore a lotti	Reattore a serbatoio agitato	Installazione di un reattore a serbatoio agitato	[49]
Reattore a lotti	Reattore a serbatoio agitato con deflettori	Installazione di un reattore a serbatoio agitato con deflettori (miglioramento efficienza mescolamento)	[52]
Reattore a lotti	Reattore a serbatoio agitato con pale multiple	Installazione di un reattore a serbatoio agitato con pale multiple (miglioramento efficienza mescolamento)	[52]
Reattore a lotti	Reattore a serbatoio agitato a flusso termico continuo	Installazione di un reattore a serbatoio agitato a flusso termico continuo	[49]
Reattore a lotti	Reattore ad anello	Installazione di un reattore ad anello	[50][51]
Reattore a lotti	Colonna a bolle	Installazione di un reattore a colonna	[49][51]
Reattore a lotti	Pipe reactor	Installazione di un <i>pipe reactor</i>	[49]
Reattore a lotti	Reattore tubolare	Installazione di un reattore tubolare	[49]
Reattore a lotti	Reattore a letto fisso con tubi multipli	Installazione di un reattore a letto fisso con tubi multipli	[52]
Reattore a lotti	Inclined rotating fixed bed reactor (IRFBR)	Installazione di un IRFBR	[53]
Reattore a lotti	Reattore supercritico a CO ₂	Installazione di un reattore supercritico a CO ₂	[49]
Reattore in continuo	Miscelatori statici	Installazione di un miscelatore statici	[49]
Reattore in continuo	Reattori a disco rotante	Installazione di un reattore a disco rotante	[49][54]
Reattore in continuo	Reattori a flusso oscillante	Installazione di un reattore a flusso oscillante	[49]

PROCESSAMENTO CHIMICO-FISICO PER PRODUZIONE FARMACI LIQUIDI			
Macchina	Oggetto della soluzione	Soluzione	Fonte
Reattore	Dispositivo per la fotocatalisi	Installazione di un reattore con tubazioni trasparenti per il passaggio di luce e consentire la fotocatalisi	[56]
Reattore	Dispositivo per la sonicazione	Installazione di un reattore con dispositivi per la sonicazione usata per la precipitazione dei solidi	[56]
Reattore	Dispositivo microonde	Installazione di un dispositivo per la <i>Microwave assisted organic synthesis (MAOS)</i>	[49]
Dispositivi per la dissoluzione	Omogeneizzatore	Installazione di un omogeneizzatore	[56]
Dispositivi per la dissoluzione	Miscelatore	Installazione di un dispositivo di miscelazione	[56]

7.4.1. Trasporti e stoccaggio

Una vasta gamma di farmaci liquidi può essere stoccata e trasportata solo a basse temperature per poter mantenere le caratteristiche farmaceutiche richieste. Una metodologia di stoccaggio efficiente a livello energetico è il contenitore refrigerato per il trasporto (alimentato a energia solare). Una scatola chiusa dotata di un modulo di Peltier, uno strumento che se alimentato con energia elettrica è in grado di trasferire calore da un lato all'altro della piastra. Il contenitore lavora attaccato da un lato ad una piastra di alluminio e dall'altro ad un dissipatore. La piastra d'alluminio all'interno del contenitore agisce come scambiatore di calore e preleva calore che, tramite il modulo di Peltier, viene portato al dissipatore di calore che lo disperde nell'ambiente esterno. Il refrigeratore è alimentato da un pannello solare disposto sul coperchio del contenitore.[57] In *Tabella 7.13* sono riportate le soluzioni tecnologiche per i sistemi di trasporto e stoccaggio.

Tabella 7.13 – Soluzioni tecnologiche per i sistemi di trasporto e stoccaggio.

SISTEMI DI TRASPORTO E STOCCAGGIO			
Macchina	Oggetto della soluzione	Soluzione	Fonte
Contenitore di trasporto	Refrigerazione tramite modulo di Peltier	Utilizzo di contenitori dotati di un modulo di Peltier alimentato da un pannello fotovoltaico	[57]
Veicoli movimentazione materiali	Caricabatterie	Sostituzione dei caricabatterie dei muletti con elementi adattivi alle condizioni di carica	[D.E.]

7.5. Produzione di creme

Le creme sono simili alle emulsioni dal momento che sono sistemi bifasici di liquidi, ma hanno una maggiore stabilità a temperature normali, per cui si prestano bene per utilizzi topici. La fase esterna delle creme è generalmente acqua, mentre quella interna è un materiale oleoso ad alta viscosità. La produzione delle creme segue un processo relativamente semplice che consiste nello scaldare e mescolare insieme le due fasi in presenza di agenti emulsionanti, coloranti, stabilizzanti e aromi. In genere questo processo avviene in un miscelatore ad alta velocità (*colloid mill, homogenizer, ultrasonic mixer*). La temperatura viene alzata per poter migliorare la dispersione dei materiali [28].

Un'ulteriore tecnica per la produzione delle creme è quella della *hot melt extrusion*. In un macchinario a tubo disposto in orizzontale vengono inserite le varie componenti del prodotto: una vite procede a miscelare e a spingere il materiale uniformandolo [50]. A seconda delle esigenze, la fase acquosa può essere aggiunta a metà macchinario, eventualmente anche preriscaldata, così da interagire con gli altri componenti solo quando questi saranno ben miscelati [51].

In *Tabella 7.14* sono riportate le soluzioni tecnologiche per il processo di produzione di emulsioni.

Tabella 7.14 - Soluzioni tecnologiche per il processo di produzione di emulsioni.

PRODUZIONE EMULSIONI			
Macchina	Oggetto della soluzione	Soluzione	Fonte
Miscelatore	<i>Colloid mill</i>	Installazione di una <i>colloid mill</i>	[37]
Miscelatore	Omogeneizzatore	Installazione di un omogeneizzatore	[37]
Miscelatore	Miscelatore ad ultrasuoni	Installazione di un miscelatore ad ultrasuoni	[37]
Miscelatore	<i>Hot melt extruder</i>	Installazione di un <i>hot melt extruder</i>	[59]

7.6. Produzione di *wound dressing*

Per *wound dressing* si fa riferimento a tutte quelle medicazioni che vengono applicate sopra ferite cutanee, come bende o cerotti impregnati di sostanze medicinali [61]. È possibile riscontrare differenti categorie di tessuti utilizzati per questa tipologia di medicazioni, tra cui le fibre e molteplici varianti di tessuti.

7.6.1. Medicazioni in fibre

La produzione delle medicazioni in fibre segue i processi di:

- **Melt spinning.** Il processo viene utilizzato per polimeri termoplastici con alte temperature di deterioramento. Il polimero scelto viene scaldato dentro un estrusore per fargli raggiungere la temperatura di fusione. Una volta fuso, viene estruso attraverso una testa rotante che può avere più fori. Le fibre vengono poi raffreddate e fatte solidificare all'aria.
- **Wet/Gel spinning.** La soluzione polimerica viene estrusa attraverso una testina in un bagno di fluido coagulante antisolvente, che porta alla precipitazione del polimero. Successivamente il materiale così ottenuto viene asciugato e infine avvolto.
- **Elettrospinning** [62].

Un caso particolare che rientra nelle medicazioni in fibra sono le membrane asimmetriche, ovvero delle membrane che, a seconda del lato, permettono il passaggio di sostanze differenti: il lato a contatto con la pelle permette di mantenere una certa umidità facendo però uscire il materiale che la ferita secerne; il lato esterno invece protegga ed evita l'ingresso di agenti patogeni. La produzione di queste membrane può realizzarsi adottando differenti tecniche:

- **Wet method.** Una soluzione polimerica viene immersa in un bagno di coagulante (non solvente), formando un lato più poroso e di uno più compatto.
- **Dry/wet method.** Questo metodo è identico al precedente, con l'unica differenza in una pre-evaporazione della soluzione polimerica prima di cominciare che migliora la qualità del lato compatto.
- **Metodo a CO₂ supercritica.** L'utilizzo del gas permette di estrarre il solvente utilizzato nella soluzione polimerica e allo stesso tempo provoca la precipitazione del polimero, formando così i due livelli della membrana. Questo metodo è generalmente riconosciuto come ecosostenibile, in quanto non porta all'emissione di alcun gas serra e produce la membrana pronta all'uso, senza necessità di ulteriori step di asciugatura o pulizia.
- **Elettrofilatura 3D.** Utilizzando il principio dell'elettrofilatura viene composto uno strato di materiale partendo dalla soluzione polimerica. Anche questo metodo non necessita di successive rilavorazioni [63].

In *Tabella 7.15* sono riportate le soluzioni tecnologiche per la produzione di materiali in fibre polimeriche.

Tabella 7.15 - Soluzioni tecnologiche per la produzione di materiali in fibre polimeriche.

PRODUZIONE MATERIALI IN FIBRE POLIMERICHE			
Macchina	Oggetto della soluzione	Soluzione	Fonte
Filatore di fibre	<i>Melt spinner</i>	Installazione di un dispositivo per il <i>melt spinning</i>	[62]
Filatore di fibre	<i>Wet/gel spinner</i>	Installazione di un dispositivo per il <i>wet/gel spinning</i>	[62]

PRODUZIONE MATERIALI IN FIBRE POLIMERICHE			
Macchina	Oggetto della soluzione	Soluzione	Fonte
Filatore di fibre	<i>Dry-jet wet spinner</i>	Installazione di un dispositivo per il <i>dry-jet wet spinning</i>	[62]
Filatore di fibre	Elettrofilatore	Installazione di un dispositivo per l'elettrofilatura	[62]
Vasca per la produzione di membrane	Vasca per immersione di soluzioni polimeriche	Installazione di una vasca di coagulante per l'immersione di una soluzione polimerica	[63]
Vasca per la produzione di membrane	Vasca per immersione di soluzioni polimeriche pre-evaporate	Installazione di una vasca di coagulante per l'immersione di una soluzione polimerica pre-evaporata	[63]
Vasca per la produzione di membrane	Coagulazione della soluzione polimerica tramite CO ₂ supercritico	Installazione di un dispositivo che adotta CO ₂ in condizioni supercritiche	[63]
Filatore di fibre per membrane	Elettrofilatore	Elettrofilatura 3D	[63]

7.6.2. Medicazioni in tessuti

I metodi per la produzione di tessuti si differenziano per caratteristiche e l'utilizzo.

In *Tabella 7.16* sono riportate le soluzioni tecnologiche per la produzione di medicazioni in tessuti.

Tabella 7.16 - Soluzioni tecnologiche per la produzione di medicazioni in tessuti.

PRODUZIONE TESSUTI			
Macchina	Oggetto della soluzione	Soluzione	Fonte
Telaio per maglie	Telaio per il <i>warp knitting</i>	Installazione di un dispositivo per il <i>warp knitting</i>	[62]
Telaio per maglie	Telaio per il <i>weft knitting</i>	Installazione di un dispositivo per il <i>weft knitting</i>	[62]
Telaio per tessuti	Telaio per tessuti	Installazione di un telaio	[62]
Dispositivo per produrre TNT	<i>Melt blower</i>	Installazione di un dispositivo per il <i>melt blowing</i>	[62]
Dispositivo per produrre TNT	<i>Solution blower</i>	Installazione di un dispositivo per il <i>solution blowing</i>	[62]
Dispositivo per produrre TNT	<i>Needle puncher</i>	Installazione di un dispositivo per il <i>needle punching</i>	[62]
Dispositivo per produrre TNT	Elettrofilatore ad immersione	Installazione di un dispositivo per l' <i>immersion elettrospinning</i>	[62]
Dispositivo per produrre TNT	<i>Air layer</i>	Installazione di un dispositivo per l' <i>air laying</i>	[62]
Dispositivo per produrre TNT	Dispositivo per il <i>thermal bonding</i>	Installazione di un dispositivo per il <i>thermal bonding</i>	[62]
Dispositivo per produrre TNT	Coater ad immersione	Installazione di un dispositivo per il <i>coating</i> ad immersione	[62]

7.6.3. Aggiunta delle sostanze medicinali

A seconda degli utilizzi è richiesto che alcuni dei materiali di *wound dressing* siano impregnati di sostanze medicinali. I metodi per aggiungere i medicinali sono vari:

- **Coating.** La fibra viene immersa in una soluzione del medicinale oppure

viene ricoperta da microparticelle. I metodi per svolgere questa operazione sono molteplici, come la deposizione elettrochimica, l'immersione e la dispersione.

- **Encapsulation.** Questo metodo può essere applicato prima della produzione della fibra, tramite una miscelazione omogenea del medicinale con la soluzione polimerica.
- **Bioconjugation.** Permette di unire il medicinale con i gruppi funzionali presenti sulla fibra precedentemente trattata.
- **Inclusion complexes.** Un composto d'inclusione è l'adesione di una piccola molecola (ospite) ad una cavità in un secondo materiale (ospitante). Il materiale ospitante, in questo caso il polimero, deve essere anticipatamente trattato chimicamente per avere le asperità in grado di mantenere il medicinale.
- **Ion complexes.** I farmaci possono unirsi alle fibre grazie a cariche di segno opposto formando composti ionici.
- **Supercritical CO₂ impregnation.** Il medicinale è dissolto nel CO₂ in condizioni supercritiche, che viene quindi messo a contatto con il polimero in cui si diffonde. La fase finale è la depressurizzazione, in cui il gas e il medicinale non impregnato vengono rimossi [62].

In Tabella 7.17 sono riportate le soluzioni tecnologiche per l'aggiunta di medicinali ai tessuti medicamentosi.

Tabella 7.17 - Soluzioni tecnologiche per l'aggiunta di medicinali ai tessuti medicamentosi.

AGGIUNTA MEDICINALI			
Macchina	Oggetto della soluzione	Soluzione	Fonte
Coater	Coater a dispersione	Installazione di un dispositivo per il coating a dispersione	[62]
Coater	Coater a deposizione elettrochimica	Installazione di un dispositivo per il coating a deposizione elettrochimica	[62]

AGGIUNTA MEDICINALI			
Macchina	Oggetto della soluzione	Soluzione	Fonte
Dispositivo al plasma	Dispositivo al plasma per la bioconiugazione	Installazione di un dispositivo per il pretrattamento al plasma per la bioconiugazione	[62]
Reattore per trattamento chimico	Reattore per trattamento chimico per la bioconiugazione	Installazione di un dispositivo per il pretrattamento chimico per la bioconiugazione	[62]
Reattore per trattamento chimico	Reattore per trattamento chimico per la formazione di composti d'inclusione	Installazione di un dispositivo per il pretrattamento chimico per la formazione di un composto d'inclusione	[62]
Dispositivo a cariche elettriche	Dispositivo a cariche elettriche per la formazione di composti ionici	Installazione di un dispositivo per la formazione di composti ionici	[62]
Impregnante a CO ₂	Impregnante a CO ₂	Installazione di un dispositivo per svolgere la <i>supercritical CO₂ impregnation</i>	[62]

7.6.4. Sterilizzazione

La fase di sterilizzazione dei tessuti permette di evitare le contaminazioni a contatto diretto con ferite. Esistono molteplici approcci per la sterilizzazione:

- Utilizzo dell'autoclave sterilizzando tramite alte temperature ed umidità. Il prodotto da sterilizzare viene investito da vapore saturo ad una temperatura adeguata a non comprometterne le caratteristiche.
- Utilizzo di dispositivi a calore secco. Spesso chiamato depirogenazione, il processo consiste nell'espore ad alte temperature il prodotto in assenza di umidità.
- Trattamenti chimici alzando la temperatura in presenza di agenti battericidi. Utilizzato per sterilizzare soluzioni acquose o materiali

instabili a temperature maggiore. Una variante è l'esposizione del prodotto a dell'ossido di etilene gassoso, che può essere svolta a temperatura ambiente.

- Irradiazione. Sterilizzazione tramite flusso di elettroni ad alta energia generati da un acceleratore di particelle o radiazioni gamma generate da sorgenti come il cobalto 60.
- Luce ad alta intensità, generalmente luce ultravioletta o luce pulsata ad alta intensità.
- Filtrazione. Utilizzato esclusivamente per la sterilizzazione di fluidi che vengono fatti passare attraverso filtri che trattengono i batteri.

In *Tabella 7.18* sono riportate le tecnologiche per la fase di sterilizzazione.

Tabella 7.18 – Soluzioni tecnologiche per la fase di sterilizzazione.

STERILIZZAZIONE			
Macchina	Oggetto della soluzione	Soluzione	Fonte
Sterilizzatore	Depirogenatore	Installazione di un dispositivo per la depirogenazione	[37]
Sterilizzatore	Autoclave	Installazione di uno sterilizzatore ad autoclave	[37]
Sterilizzatore	Sterilizzatore a gas	Installazione di uno sterilizzatore ad esposizione (a ossido di etilene gassoso)	[37]
Sterilizzatore	Sterilizzatore chimico a gas	Installazione di uno sterilizzatore ad aumento della temperatura in presenza di agenti battericidi	[37]
Sterilizzatore	Sterilizzatore ad irradiazione ad elettroni	Installazione di uno sterilizzatore ad irradiazione ad elettroni	[37]
Sterilizzatore	Sterilizzatore a radiazioni gamma	Installazione di uno sterilizzatore a radiazioni gamma	[37]
Sterilizzatore	Sterilizzatore a luce ultravioletta	Installazione di uno sterilizzatore a luce ultravioletta	[37]

STERILIZZAZIONE			
Sterilizzatore	Sterilizzatore a luce pulsata ad alta intensità	Installazione di uno sterilizzatore a luce pulsata ad alta intensità	[37]
Sterilizzatore	Sterilizzatore a filtrazione con membrana	Installazione di uno sterilizzatore per filtrazione con membrana	[37]
Sterilizzatore	Sterilizzatore ad ozono	Installazione di uno sterilizzatore ad ozono	[D.E.]
Sterilizzatore	Sistema di supporto	Pre-riscaldamento dell'acqua in ingresso al processo	[D.E.]

7.7. Sistemi di supporto

7.7.1. Incremento dell'efficienza dell'impianto tramite pompa di calore acqua – acqua

Una pompa calore acqua – acqua può essere introdotta per estrarre energia sotto forma di calore dal circuito a bassa temperatura per portarla al circuito ad alta temperatura. Si ha quindi l'intreccio con il circuito d'acqua calda, così da preriscaldarla prima che arrivi in caldaia.

In *Tabella 7.19* sono riportate alcune soluzioni di supporto per l'incremento dell'efficienza energetica.

Tabella 7.19 – Soluzioni di supporto per l'incremento dell'efficienza.

SISTEMI DI SUPPORTO PER L'INCREMENTO DELL'EFFICIENZA			
Macchina	Oggetto della soluzione	Soluzione	Fonte
Gruppo frigo	Gruppo frigo	Sostituzione del gruppo frigo con elemento più efficiente	[D.E.]
Gruppo frigo	<i>Pre-cooler</i>	<i>Pre-cooling</i> sul chiller per la refrigerazione	[D.E.]
Gruppo frigo	Gruppo frigo ad assorbimento	Installazione di un gruppo frigo ad assorbimento usando acqua calda da raffreddare	[D.E.]
Gruppo frigo	Gruppo frigo centralizzato	Formazione di un sistema frigo centralizzato	[D.E.]
Torri di raffreddamento	Torri di raffreddamento	Sostituzione di torri di raffreddamento ad aria con raffreddamento ad acqua	[D.E.]
Gruppo frigo	Batterie di raffreddamento	Sostituzione dei pacchi batterie dei chiller	[D.E.]
Gruppo frigo	<i>Inverter</i>	Sostituzione del gruppo frigo con un elemento dotato di doppio <i>inverter</i>	[D.E.]

SISTEMI DI SUPPORTO PER L'INCREMENTO DELL'EFFICIENZA			
Macchina	Oggetto della soluzione	Soluzione	Fonte
Gruppo frigo	Gruppo frigo	Installazione di un gruppo frigo per basse temperature di taglia ridotta	[D.E.]
Gruppo frigo	Torre evaporativa	Installazione di una torre evaporativa per il raffreddamento di serbatoi	[D.E.]
Motori elettrici	Motori elettrici	Sostituzione motori elettrici con versioni più efficienti	[65], [D.E.]
Motori elettrici	Motori elettrici	Sostituzione dei motori elettrici con motori EC	[D.E.]
Motori elettrici	<i>Inverter</i>	Installazione di un <i>inverter</i>	[65], [D.E.]
Generatore di vapore	Generatore di vapore	Sostituzione del generatore di vapore con elemento più efficiente	[D.E.]
Generatore di vapore	Bruciatori	Sostituzione dei bruciatori del generatore di vapore con elementi più efficienti	[D.E.]
Generatore di vapore	Recuperatore di calore	Installazione di un recuperatore di calore dai fumi del generatore di vapore	[D.E.]
Generatore di vapore	Generatore di vapore	Sostituzione del generatore di vapore con una caldaia a vaporizzazione istantanea	[D.E.]
Generatore di vapore	Ri-evaporatore	Installazione di un rievaporatore degasatore termico	[D.E.]
Generatore di vapore	Combustibile	Combustione del fango secco prodotto dall'impianto	[D.E.]

SISTEMI DI SUPPORTO PER L'INCREMENTO DELL'EFFICIENZA

Macchina	Oggetto della soluzione	Soluzione	Fonte
Generatore di vapore	Degasatore	Installazione di un degasatore nel circuito a vapore per il recupero del <i>flash steam</i>	[D.E.]
Generatore di vapore	Economizzatore	Installazione di un economizzatore sul generatore di vapore	[D.E.]
Generatore di vapore	Economizzatore	Sostituzione delle caldaie per il vapore con nuovi elementi dotati di economizzatore	[D.E.]
Generatore di vapore	Preriscaldamento	Preriscaldamento dell'acqua in ingresso tramite cascami termici	[D.E.]
Pompa	Pompa	Sostituzione di una pompa con un elemento più efficiente	[D.E.]
Compressore	Compressore	Sostituzione compressore con uno più efficiente	[D.E.]
Compressore	Compressore a vite	Sostituzione di un compressore con uno a vite	[D.E.]
Compressore	Compressore centrifugo	Installazione di compressori centrifughi	[D.E.]
Compressore	<i>Inverter</i>	Sostituzione di un compressore con uno dotato di <i>inverter</i>	[D.E.]
Compressore	<i>Inverter</i> e recupero termico	Sostituzione di un compressore con uno dotato di <i>inverter</i> e di <i>kit</i> di recupero termico	[D.E.]
Circuito aria compressa	Valvole di tenuta	Installazione di valvole di tenuta nel circuito aria compressa	[D.E.]
Circuito aria compressa	Recupero aria compressa	Recupero aria compressa dai cilindri pneumatici	[D.E.]

SISTEMI DI SUPPORTO PER L'INCREMENTO DELL'EFFICIENZA			
Macchina	Oggetto della soluzione	Soluzione	Fonte
Compressore	Compressore	Installazione di un compressore di piccola taglia per i momenti di richiesta ridotta	[D.E.]
Circuito aria sottovuoto	Circuito aria compressa	Collegare più strumenti al sistema centralizzato di sottovuoto	[D.E.]
Unità trattamento aria (UTA)	Cinghia di trasmissione	Sostituzione trasmissione multicinghia con monocinghia	[D.E.]
UTA	Cinghia di trasmissione	Sostituzione delle cinghie di trasmissione con elementi ad alto rendimento	[D.E.]
UTA	Filtri	Filtri sulla presa d'aria esterna per la riduzione di perdite di carico	[D.E.]
UTA	Sistema di raffreddamento	Installazione sistema <i>free cooling</i>	[D.E.]
UTA	Recuperatori di calore	Installazione recuperatori di calore sulle UTA	[D.E.]
UTA	Scambiatori di calore	Installazione di scambiatori a tubo di calore sulle batterie di raffreddamento delle UTA	[D.E.]
UTA	Filtri	Sostituzione filtri a tasche con filtri elettrostatici attivi	[D.E.]
UTA	UTA	Sostituzione dell'impianto UTA con uno più efficiente	[D.E.]
UTA	<i>Inverter</i>	Sostituzione delle UTA con nuovi sistemi di recupero ed <i>inverter</i>	[D.E.]

SISTEMI DI SUPPORTO PER L'INCREMENTO DELL'EFFICIENZA			
Macchina	Oggetto della soluzione	Soluzione	Fonte
UTA	Serrande	Installazione di serrande per l'efficientamento del flusso d'aria	[D.E.]
UTA	Filtri	Eliminazione del doppio stadio di filtrazione	[D.E.]
UTA	Recuperatori di calore	Installazione di sistemi di recupero <i>run around loop</i>	[D.E.]
UTA	UTA	Adozione di sistemi di ricircolo di aria in uscita	[D.E.]
UTA	UTA	Sostituzione dei condizionatori con elementi più efficienti	[D.E.]
UTA	Pompa calore	Installazione di una pompa calore acqua - acqua tra i circuiti acqua fredda e acqua calda	[64]
UTA	Pompa calore	Installazione di una pompa calore per la climatizzazione	[D.E.]
Gruppo di continuità	Gruppo di continuità	Sostituzione con elemento più efficiente	[D.E.]
Coibentazione	Cappotto termico	Coibentazione di edifici soggetti a condizionamento (cappotto termico)	[D.E.]
Coibentazione	Vernici ad alta riflettanza	Coibentazione tetto degli edifici tramite vernici ad alta riflettanza	[D.E.]
Coibentazione	Coibentazione	Coibentazione dei serbatoi d'acqua	[D.E.]
Coibentazione	Coibentazione	Installazione di pellicole antisolari	[D.E.]
Controllo termico	Controllo termico	Installazione di porte a tenuta	[D.E.]
Coibentazione	Coibentazione	Sostituzione degli infissi con versioni coibentate	[D.E.]

SISTEMI DI SUPPORTO PER L'INCREMENTO DELL'EFFICIENZA			
Macchina	Oggetto della soluzione	Soluzione	Fonte
Coibentazione	Coibentazione	Coibentazione delle valvole sulle utenze ad alta temperatura	[D.E.]
Coibentazione	Coibentazione	Coibentazione dei sistemi di raccolta condense	[D.E.]
Tubature	Valvole	Installazione valvole di regolazione per i fluidi termovettori	[D.E.]
Tubature	Tubature	Installazione di sistemi a portata variabile	[D.E.]
<i>Power quality</i>	Filtro passivo	Installazione di attrezzature per la filtrazione passiva per il miglioramento della corrente elettrica	[D.E.]
<i>Power quality</i>	Power quality	Installazione di un ottimizzatore di tensione	[D.E.]
<i>Power quality</i>	Trasformatori	Installazione di trasformatori eco a basse perdite nella cabina elettrica	[D.E.]
<i>Power quality</i>	Rifasatore	Installazione di un sistema di rifasamento della corrente	[D.E.]
<i>Power quality</i>	Trasformatori	Sostituzione del trasformatore a bagno d'olio con uno a resina	[D.E.]
Teleriscaldamento	Teleriscaldamento	Allacciamento ad un impianto di teleriscaldamento	[D.E.]

7.7.2. Auto produzione di energia

Alcune soluzioni per ridurre i consumi energetici si basano sull'utilizzo di fonti di energia rinnovabile, come ad esempio il solare. Pannelli solari possono essere usati per la generazione diretta di vapore saturo che viene poi utilizzato per l'asciugatura delle pillole [67]. Altre soluzioni sono legati a sistemi di autoproduzione dell'energia attraverso sistemi di co/tri-generazione.

In *Tabella 7.20* sono riportate le soluzioni impiantistiche di autoproduzione dell'energia con il relativo campo di impiego.

Tabella 7.20 – Soluzioni tecnologiche per l'autoproduzione dell'energia.

AUTOPRODUZIONE DI ENERGIA			
Macchina	Oggetto della soluzione	Soluzione	Fonte
Cogeneratore	Cogeneratore	Installazione di un cogeneratore - Energia elettrica ed assorbitore per la produzione di freddo	[D.E.]
Cogeneratore	Cogeneratore	Installazione di un cogeneratore - Energia elettrica e termica	[D.E.]
Cogeneratore	Economizzatore	Installazione di un economizzatore sul cogeneratore	[D.E.]
Cogeneratore	Recupero calore	Installazione di un sistema di recupero calore sul degasatore del cogeneratore	[D.E.]
Cogeneratore	Cogeneratore	Sostituzione del cogeneratore con uno dotato di assorbitore	[D.E.]
Cogeneratore	Cogeneratore	Sostituzione del cogeneratore con uno di taglia maggiore	[D.E.]
Trigeneratore	Trigeneratore	Installazione di un impianto di generazione contemporanea di	[37]

AUTOPRODUZIONE DI ENERGIA			
Macchina	Oggetto della soluzione	Soluzione	Fonte
Trigeneratore	Ampiezza impianto	Aumentare il numero di aree di impianto che usufruiranno dell'energia ottenuta tramite trigenerazione	[D.E.]
Fotovoltaico	Fotovoltaico	Installazione di un impianto fotovoltaico	[D.E.]
Fotovoltaico	Fotovoltaico	Ampliamento dell'impianto fotovoltaico	[D.E.]
Solare	Solare	Installazione di un impianto solare termico per la produzione di acqua calda	[D.E.]
Solare	Solare	Installazione di un impianto solare termico per la produzione diretta di vapore	[67]
Gruppo elettrogeno	Gruppo elettrogeno	Installazione di un gruppo elettrogeno più efficiente	[D.E.]
Caldaia	Caldaia	Sostituzione della caldaia con una più efficiente	[D.E.]
Caldaia	Impianto centralizzato	Sostituzione dei sistemi di generazione calore con un impianto centralizzato	[D.E.]
Caldaia	Recupero calore	Utilizzare il calore ricavato dal raffreddamento delle griglie della caldaia per scaldare gli uffici	[D.E.]
Caldaia	Caldaia	Sostituzione di caldaie ad olio diatermico con caldaie a vapore ad alta efficienza	[D.E.]
Caldaia	Caldaia	Installazione di caldaie a vapore	[D.E.]

7.8. Varie

In questo capitolo sono riportate ulteriori possibili soluzioni tecnologiche per ridurre gli sprechi di energia, come ad esempio i sistemi di recupero di calore, *Tabella 7.21.*

Tabella 7.21 – Altre soluzioni tecnologiche per il risparmio energetico.

VARIE			
Macchina	Oggetto della soluzione	Soluzione	Fonte
<i>Trattamento solventi</i>	<i>Recupero calore</i>	Preconcentrazione e combustione termica rigenerativa	[D.E.]
<i>Dispositivo per osmosi inversa</i>	<i>Dispositivo per osmosi inversa</i>	Installazione di un dispositivo per l'osmosi inversa per la produzione di acqua distillata	[D.E.]
Produzione acqua distillata	Recupero calore	Recupero di calore dal raffreddamento dell'acqua distillata	[D.E.]
Dispositivo per osmosi inversa	Dispositivo per osmosi inversa	Installazione di un dispositivo per l'osmosi inversa per la produzione di acqua demineralizzata	[D.E.]





ANALISI DEGLI INTERVENTI

8

8. Analisi degli interventi

8.1. Metodologia di analisi

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. Tale approccio è diretto a monitorare i risparmi conseguiti e potenziali e fornire informazioni utili agli operatori del settore e ai *policy makers*.

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 di seguito presentate. Le informazioni non sono state utilizzate tal quali, ma è stata applicata 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, descritte in *Tabella 8.1*¹³.
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 in tep 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

¹³ 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.

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.

Tabella 8.1 – Aree di classificazione degli interventi e relativa descrizione.

Area di intervento	Descrizione
Altro	<ul style="list-style-type: none">• Interventi non altrove classificati.• Interventi di natura mista, appartenenti a diverse categorie (per esempio la riqualificazione globale, con interventi ricadenti nelle aree Climatizzazione, Involucro edilizio e Illuminazione).
Aria compressa	<ul style="list-style-type: none">• Sostituzione di compressori.• Ricerca ed eliminazione delle perdite.• Installazione di sistemi di misura.• Ottimizzazione degli impianti.• Installazione di <i>inverter</i>.
Aspirazione	<ul style="list-style-type: none">• Sostituzione di motori usati per aspirazione con nuovi di categoria più efficiente (IE3 o superiore).• Installazione di <i>inverter</i>.• Ottimizzazione degli impianti.
Centrale termica/ Recuperi termici	<ul style="list-style-type: none">• Sostituzione dell'impianto di generazione calore di processo con modelli più efficienti.• Recupero termico, tra cui anche sistemi ORC.• Sostituzione dei bruciatori.
Climatizzazione	<ul style="list-style-type: none">• Sostituzione dell'impianto di riscaldamento e/o raffrescamento con modelli più efficienti.

Area di intervento	Descrizione
Cogenerazione/ Trigenerazione	<ul style="list-style-type: none"> • Installazione di un impianto di cogenerazione o trigenerazione. • Miglioramento di impianti esistenti.
Freddo di processo	<ul style="list-style-type: none"> • Sostituzione di gruppi frigo. • Sostituzione di ventilatori di raffreddamento. • Ottimizzazione della gestione.
Generale/ Gestionale	<ul style="list-style-type: none"> • Introduzione o miglioramento del sistema di monitoraggio dei consumi. • Interventi di tipo organizzativo, come lo spegnimento programmato nelle ore notturne o nel weekend. • Corsi di formazione in ambito efficienza energetica • Adozione della certificazione ISO 50001. • Installazione di contatori. • Adozione di nuovi strumenti software. • Interventi di natura comportamentale.
Illuminazione	<ul style="list-style-type: none"> • Introduzione di LED in aree specifiche. • <i>Relamping</i> dello stabilimento. • Installazione di rilevatori di presenza.
Impianti elettrici	<ul style="list-style-type: none"> • Installazione di un sistema <i>power quality</i>. • Sostituzione di trasformatori. • Installazione di economizzatori di rete.
Involucro edilizio	<ul style="list-style-type: none"> • Rifacimento del cappotto esterno. • Coibentazione della copertura. • Installazione o sostituzione di schermature solari. • Sostituzione degli infissi.
Linee produttive	<p>Interventi relativi ai processi nell'area Attività Principale, come ad esempio:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sostituzione del forno fusorio. • <i>Revamping</i> dello stabilimento. • Ottimizzazione della gestione dei forni. • Interventi sui nastri trasportatori. • Sostituzione dei carica batteria muletti.
Motori elettrici/ <i>Inverter</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Sostituzione di motori elettrici con nuovi di categoria più efficiente (IE3 o superiori). • Installazione di <i>inverter</i>.
Produzione da fonti rinnovabili	<ul style="list-style-type: none"> • Installazione di un impianto fotovoltaico, solare termico o di una centrale a biomassa.
Rifasamento	<ul style="list-style-type: none"> • Rifasamento degli impianti. • Installazione di nuovi rifasatori.

Area di intervento	Descrizione
Trasporti	<ul style="list-style-type: none">• Interventi sulla logistica.• Mobilità elettrica e altri interventi di conversione del parco veicoli con modelli a maggiore efficienza.• Corsi di formazione su <i>eco-driving</i>.
Reti di distribuzione	<ul style="list-style-type: none">• Ricerca delle perdite di distribuzione.• Verifica dello stato della rete vapore.• Verifica delle coibentazioni nella rete di trasporto calore.• Sostituzione di scaricatori di condensa.

8.2. 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.

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 a interventi nelle categorie Cogenerazione/Trigenerazione e Produzione da fonti rinnovabili. 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)¹⁴. 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.

Sette divisioni ATECO, appartenenti ai settori C (Attività manifatturiere) 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. La Divisione ATECO 21, Fabbricazione di prodotti farmaceutici di base e di preparati farmaceutici, è la dodicesima in ordine decrescente di importanza, con una quota pari al 2,1% del totale (632 interventi). A seconda della specializzazione regionale, la Divisione può arrivare al secondo posto per importanza: è il caso del Lazio dove ha una quota pari al 7,3% sul totale degli interventi individuati.

¹⁴ La categoria è attualmente oggetto di approfondimento. Sulla base delle informazioni eventualmente disponibili in diagnosi energetica si è proceduto, per alcuni codici Ateco tra cui il settore farmaceutico, 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.

8.3. Risultati per il settore farmaceutico

Per il settore farmaceutico sono state esaminate le diagnosi di due codici ATECO¹⁵ che presentano entrambi un'incidenza predominante degli interventi relativi ai Servizi Ausiliari e pertanto permettono di fornire al lettore una informazione basata su un campione più ampio. L'esito di questa analisi è stato la produzione delle schede in Appendice, che contengono tabelle e grafici di sintesi degli indicatori calcolati, di cui è riportata un'idea della struttura in *Figura 8.1*. 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.

A partire dalle informazioni raccolte nelle schede elaborate per i due codici ATECO esaminati, può essere 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 8.2* viene rappresentata l'aria compressa, un'area di intervento un'area di intervento trasversale, che rappresenta in media il 13% degli interventi individuati nei due codici ATECO esaminati¹⁶.

¹⁵ Ateco 21.10.00 - Fabbricazione di prodotti farmaceutici di base e Ateco 21.20.09 - Fabbricazione di medicinali ed altri preparati farmaceutici.

¹⁶ Prendendo a riferimento le diagnosi pervenute a ENEA da parte di tutti i codici Ateco, l'aria compressa rappresenta il 17% sul totale degli interventi individuati.

ATECO 21.10.00: FABBRICAZIONE DI PRODOTTI FARMACEUTICI DI BASE		Interventi effettuati	
Inquadramento generale		Interventi effettuati - Investimenti	
Numero P. IVA:		Interventi effettuati - Costo efficacia	
67	Numero grandi imprese:	41	Costo efficacia (€/Intervento con informazioni)
28	Numero grandi imprese:	30	Costo efficacia (€/Intervento con informazioni)
3	Numero siti ISO 50001:	35	Costo efficacia (€/Intervento con informazioni)
Interventi effettuati		Interventi effettuati - Risparmio di energia finale	
Numero medio interventi per sito:	1,8	Numero medio interventi per sito:	1,26
Quota di diagnosi contenenti interventi:	67%	Quota di diagnosi contenenti interventi:	99%
N° interventi:	166	N° interventi:	421
Risparmio annuo di energia finale per intervento (€/anno):	2.454,4	Risparmio annuo di energia finale per intervento (€/anno):	3.567,2
Risparmio annuo di energia finale per sito (€/anno):	407.448,8	Risparmio annuo di energia finale per sito (€/anno):	148,8
Risparmio annuo di energia elettrica/Consumo elettrico totale:	1,2%	Risparmio annuo di energia elettrica/Consumo elettrico totale:	4,8%
Risparmio annuo di energia termica/Consumo termico totale:	1,1%	Risparmio annuo di energia termica/Consumo termico totale:	5,7%
Risparmio annuo di energia elettrica/Consumo elettrico totale:	1,1%	Risparmio annuo di energia elettrica/Consumo elettrico totale:	4,9%
Investimenti		Investimenti	
Area di intervento	Investimenti (K)	Area di intervento	Investimenti (K)
Altri	0	Altri	0
Alta compressa	1.524.800,0	Alta compressa	1.524.800,0
Applicazione	32.000,0	Applicazione	32.000,0
Centrale termica/Riscoperti termici	2.313.910,0	Centrale termica/Riscoperti termici	2.313.910,0
Dimostrazione	12.665.000,0	Dimostrazione	12.665.000,0
Freddo di processo	430.000,0	Freddo di processo	430.000,0
Generale	292.000,0	Generale	292.000,0
Impianti elettrici	292.000,0	Impianti elettrici	292.000,0
Intervento edificio	60.000,0	Intervento edificio	60.000,0
Linee produttive	600.000,0	Linee produttive	600.000,0
Motori elettrici/Inverter	111.000,0	Motori elettrici/Inverter	111.000,0
Produzione da fonti rinnovabili	50.000,0	Produzione da fonti rinnovabili	50.000,0
Raffrescamento	50.000,0	Raffrescamento	50.000,0
Trasporti	18.400,071	Trasporti	18.400,071
Totale	18.400,071	Totale	18.400,071
Costo efficacia		Costo efficacia	
Area di intervento	Costo efficacia (€/Intervento con informazioni)	Area di intervento	Costo efficacia (€/Intervento con informazioni)
Altri	0	Altri	0
Alta compressa	1.524.800,0	Alta compressa	1.524.800,0
Applicazione	32.000,0	Applicazione	32.000,0
Centrale termica/Riscoperti termici	2.313.910,0	Centrale termica/Riscoperti termici	2.313.910,0
Dimostrazione	12.665.000,0	Dimostrazione	12.665.000,0
Freddo di processo	430.000,0	Freddo di processo	430.000,0
Generale	292.000,0	Generale	292.000,0
Impianti elettrici	292.000,0	Impianti elettrici	292.000,0
Intervento edificio	60.000,0	Intervento edificio	60.000,0
Linee produttive	600.000,0	Linee produttive	600.000,0
Motori elettrici/Inverter	111.000,0	Motori elettrici/Inverter	111.000,0
Produzione da fonti rinnovabili	50.000,0	Produzione da fonti rinnovabili	50.000,0
Raffrescamento	50.000,0	Raffrescamento	50.000,0
Trasporti	18.400,071	Trasporti	18.400,071
Totale	18.400,071	Totale	18.400,071
Risparmio totale e medio per intervento		Risparmio totale e medio per intervento	
Area di intervento	Risparmio annuo di energia elettrica (€/anno)	Area di intervento	Risparmio annuo di energia elettrica (€/anno)
Altri	0	Altri	0
Alta compressa	1.524.800,0	Alta compressa	1.524.800,0
Applicazione	32.000,0	Applicazione	32.000,0
Centrale termica/Riscoperti termici	2.313.910,0	Centrale termica/Riscoperti termici	2.313.910,0
Dimostrazione	12.665.000,0	Dimostrazione	12.665.000,0
Freddo di processo	430.000,0	Freddo di processo	430.000,0
Generale	292.000,0	Generale	292.000,0
Impianti elettrici	292.000,0	Impianti elettrici	292.000,0
Intervento edificio	60.000,0	Intervento edificio	60.000,0
Linee produttive	600.000,0	Linee produttive	600.000,0
Motori elettrici/Inverter	111.000,0	Motori elettrici/Inverter	111.000,0
Produzione da fonti rinnovabili	50.000,0	Produzione da fonti rinnovabili	50.000,0
Raffrescamento	50.000,0	Raffrescamento	50.000,0
Trasporti	18.400,071	Trasporti	18.400,071
Totale	18.400,071	Totale	18.400,071
Risparmio per tipologia		Risparmio per tipologia	
Area di intervento	Risparmio annuo di energia elettrica (€/anno)	Area di intervento	Risparmio annuo di energia elettrica (€/anno)
Altri	0	Altri	0
Alta compressa	1.524.800,0	Alta compressa	1.524.800,0
Applicazione	32.000,0	Applicazione	32.000,0
Centrale termica/Riscoperti termici	2.313.910,0	Centrale termica/Riscoperti termici	2.313.910,0
Dimostrazione	12.665.000,0	Dimostrazione	12.665.000,0
Freddo di processo	430.000,0	Freddo di processo	430.000,0
Generale	292.000,0	Generale	292.000,0
Impianti elettrici	292.000,0	Impianti elettrici	292.000,0
Intervento edificio	60.000,0	Intervento edificio	60.000,0
Linee produttive	600.000,0	Linee produttive	600.000,0
Motori elettrici/Inverter	111.000,0	Motori elettrici/Inverter	111.000,0
Produzione da fonti rinnovabili	50.000,0	Produzione da fonti rinnovabili	50.000,0
Raffrescamento	50.000,0	Raffrescamento	50.000,0
Trasporti	18.400,071	Trasporti	18.400,071
Totale	18.400,071	Totale	18.400,071
Risparmio rispetto ai consumi (totale, elettrico, termico)		Risparmio rispetto ai consumi (totale, elettrico, termico)	
Area di intervento	Risparmio annuo di energia elettrica (€/anno)	Area di intervento	Risparmio annuo di energia elettrica (€/anno)
Altri	0	Altri	0
Alta compressa	1.524.800,0	Alta compressa	1.524.800,0
Applicazione	32.000,0	Applicazione	32.000,0
Centrale termica/Riscoperti termici	2.313.910,0	Centrale termica/Riscoperti termici	2.313.910,0
Dimostrazione	12.665.000,0	Dimostrazione	12.665.000,0
Freddo di processo	430.000,0	Freddo di processo	430.000,0
Generale	292.000,0	Generale	292.000,0
Impianti elettrici	292.000,0	Impianti elettrici	292.000,0
Intervento edificio	60.000,0	Intervento edificio	60.000,0
Linee produttive	600.000,0	Linee produttive	600.000,0
Motori elettrici/Inverter	111.000,0	Motori elettrici/Inverter	111.000,0
Produzione da fonti rinnovabili	50.000,0	Produzione da fonti rinnovabili	50.000,0
Raffrescamento	50.000,0	Raffrescamento	50.000,0
Trasporti	18.400,071	Trasporti	18.400,071
Totale	18.400,071	Totale	18.400,071

Figura 8.1 – Sezioni della scheda interventi.

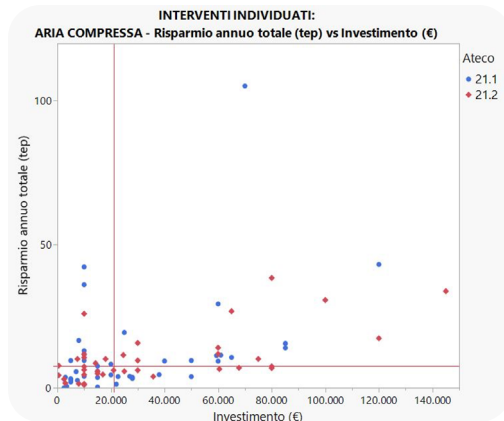
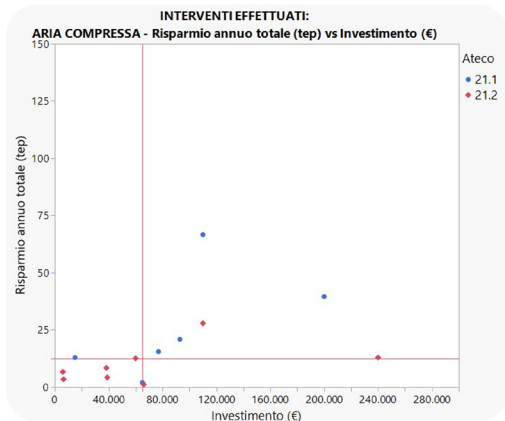


Figura 8.2 – Costo efficacia degli interventi effettuati e individuati nella categoria Aria compressa.

Di seguito sono proposti due ulteriori grafici sul costo efficacia, di confronto degli interventi individuati tra diversi gruppi ATECO. La Figura 8.3, 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 8.4 rappresenta i risparmi di energia primaria associati agli interventi individuati nell'area Produzione da fonti rinnovabili, e mostra un loro andamento con una certa linearità rispetto al costo di investimento.

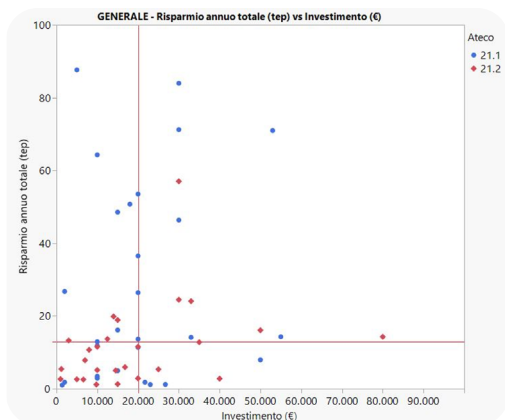


Figura 8.3 – Costo efficacia degli interventi individuati nell'area Generale/Gestionale.

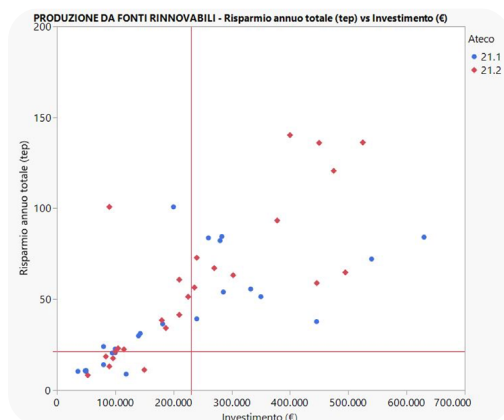


Figura 8.4 – Costo efficacia degli interventi individuati nell'area Produzione da fonti rinnovabili.

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 è 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).

Le informazioni contenute nella scheda possono essere organizzate in tabelle qualitative e quantitative di sintesi. La *Tabella 8.2* sintetizza la presenza di interventi effettuati e individuati nelle diverse aree per i codici ATECO 21.10.00 e 21.20.09. 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 il codice ATECO esaminato ma anche dalla qualità delle diagnosi stesse.

	21.10.00	21.20.09
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 ed individuati
 area presente in interventi individuati con informazioni
 se interventi individuati > 20
 se interventi effettuati e individuati > 20
 se interventi effettuati > 20

○
●
■
■
■

Tabella 8.2 – Quadro di sintesi del numero interventi effettuati ed individuati.

La Tabella 8.3 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.

	21.10.00	21.20.09
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 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

◇
□

Tabella 8.3 – Quadro di sintesi dei risparmi da interventi effettuati.

Nelle *Tabelle 8.4 e 8.5* 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 8.4*) e termici (*Tabella 8.5*) 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;
2. risparmi medi della specifica area di intervento e relativa quota rispetto al consumo elettrico o termico totale del codice ATECO.

	RISPARMI TOTALI		RISPARMI MEDI	
	21.10.00	21.20.09	21.10.00	21.20.09
Aria compressa	316,0 (0,45%)	79,8 (0,07%)	26,3 (0,04%)	5,7 (0,01%)
Aspirazione	2,6 (0,00%)	-	2,6 (0,00%)	-
Centrale termica/Recuperi termici	106,9 (0,15%)	43,9 (0,04%)	8,9 (0,01%)	2,7 (0,00%)
Climatizzazione	221,2 (0,31%)	132,0 (0,12%)	20,1 (0,03%)	7,3 (0,01%)
Freddo di processo	106,0 (0,15%)	719,4 (0,67%)	35,3 (0,05%)	32,7 (0,03%)
Generale/Gestionale	16,6 (0,02%)	83,7 (0,08%)	16,6 (0,02%)	7,6 (0,01%)
Illuminazione	78,6 (0,11%)	410,2 (0,38%)	6,0 (0,01%)	12,4 (0,01%)
Impianti elettrici	0,0 (0,00%)	20,7 (0,02%)	0,0 (0,00%)	10,4 (0,01%)
Involucro edilizio	5,5 (0,01%)	4,4 (0,00%)	5,5 (0,01%)	1,1 (0,00%)
Linee produttive	154,8 (0,22%)	174,1 (0,16%)	14,1 (0,02%)	24,9 (0,02%)
Motori elettrici/Inverter	16,6 (0,02%)	110,5 (0,10%)	8,3 (0,01%)	7,9 (0,01%)
Rifasamento	8,7 (0,01%)	-	8,7 (0,01%)	-
Trasporti	-	-	-	-

Tabella 8.4 – Risparmi elettrici da interventi effettuati (tep e % dei consumi elettrici).

	RISPARMI TOTALI		RISPARMI MEDI	
	21.10.00	21.20.09	21.10.00	21.20.09
Aria compressa	522,0 (0,41%)	6,4 (0,00%)	43,5 (0,03%)	0,5 (0,00%)
Aspirazione	-	-	-	-
Centrale termica/Recuperi termici	827,6 (0,65%)	1.416,4 (0,87%)	69,0 (0,05%)	83,3 (0,05%)
Climatizzazione	-	82,4 (0,05%)	-	5,1 (0,0%)
Freddo di processo	-	41,2 (0,03%)	-	2,2 (0,0%)
Generale/Gestionale	-	125,5 (0,08%)	-	12,6 (0,01%)
Illuminazione	-	-	-	-
Impianti elettrici	-	-	-	-
Involucro edilizio	-	-	-	-
Linee produttive	67,4 (0,05%)	52,9 (0,03%)	6,1 (0,00%)	7,6 (0,00%)
Motori elettrici/Inverter	-	-	-	-
Rifasamento	-	-	-	-
Trasporti	-	-	-	-

Tabella 8.5 – Risparmi termici da interventi effettuati (tep e % sui consumi termici).

La Tabella 8.6 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.

	21.10.00	21.20.09
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 risparmi di energia elettrica

◇
□

interventi effettuati con risparmi di energia termica

Tabella 8.6 - Quadro di sintesi dei risparmi da interventi individuati.

In modo analogo agli interventi effettuati, in *Tabella 8.7* e *Tabella 8.8* sono fornite informazioni quantitative relativamente ai risparmi potenziali di energia finale associati agli interventi individuati, per tipologia di risparmio (elettrico o termico) e area di intervento.

	RISPARMI TOTALI		RISPARMI MEDI	
	21.10.00	21.20.09	21.10.00	21.20.09
Aria compressa	953,3 (1,36%)	457,6 (0,43%)	19,1 (0,03%)	10,9 (0,01%)
Aspirazione	8,4 (0,01%)	2,4 (0,00%)	8,4 (0,01%)	0,8 (0,00%)
Centrale termica/Recuperi termici	847,2 (1,20%)	159,2 (0,15%)	27,3 (0,04%)	5,5 (0,01%)
Climatizzazione	43,8 (0,06%)	1.611,0 (1,50%)	4,9 (0,01%)	52,0 (0,05%)
Freddo di processo	770,2 (1,10%)	1.870,7 (1,75%)	28,5 (0,04%)	49,2 (0,05%)
Generale/Gestionale	193,5 (0,28%)	126,1 (0,12%)	6,7 (0,01%)	4,2 (0,00%)
Illuminazione	281,8 (0,40%)	741,7 (0,69%)	6,3 (0,01%)	11,1 (0,01%)
Impianti elettrici	114,7 (0,16%)	192,4 (0,18%)	12,7 (0,02%)	12,0 (0,01%)
Involucro edilizio	21,0 (0,03%)	10,9 (0,01%)	7,0 (0,01%)	3,6 (0,00%)
Linee produttive	226,0 (0,32%)	349,9 (0,33%)	12,6 (0,02%)	15,9 (0,01%)
Motori elettrici/Inverter	470,6 (0,67%)	214,8 (0,20%)	10,9 (0,02%)	7,7 (0,01%)
Reti di distribuzione	-	-	-	-
Rifasamento	3,4 (0,00%)	18,5 (0,02%)	1,7 (0,00%)	9,2 (0,01%)
Trasporti	-	2,8 (0,00%)	-	0,5 (0,00%)

Tabella 8.7 – Risparmi elettrici da interventi individuati (tep e % dei consumi elettrici).

	RISPARMI TOTALI		RISPARMI MEDI	
	21.10.00	21.20.09	21.10.00	21.20.09
Aria compressa	3,9 (0,00%)	-	0,1 (0,00%)	-
Aspirazione	-	118,0 (0,07%)	-	59,0 (0,04%)
Centrale termica/Recuperi termici	3.374,0 (2,65%)	1.576,4 (0,97%)	96,4 (0,08%)	49,3 (0,03%)
Climatizzazione	154,9 (0,12%)	457,0 (0,28%)	15,5 (0,01%)	16,3 (0,01%)
Freddo di processo	111,3 (0,09%)	318,0 (0,20%)	5,6 (0,00%)	9,6 (0,01%)
Generale/Gestionale	209,1 (0,16%)	177,9 (0,11%)	6,5 (0,01%)	6,4 (0,00%)
Illuminazione	-	-	-	-
Impianti elettrici	-	-	-	-
Involucro edilizio	46,7 (0,04%)	-	23,4 (0,02%)	-
Linee produttive	383,3 (0,30%)	1.283,2 (0,79%)	24,0 (0,02%)	61,1 (0,04%)
Motori elettrici/Inverter	-	-	-	-
Reti di distribuzione	650,6 (0,51%)	61,2 (0,04%)	108,4 (0,09%)	30,6 (0,02%)
Rifasamento	-	-	-	-
Trasporti	-	-	-	-

Tabella 8.8 – Risparmi termici da interventi individuati (tep e % dei consumi termici).

ALLEGATO

**Schede settoriali degli interventi
effettuati e individuati**

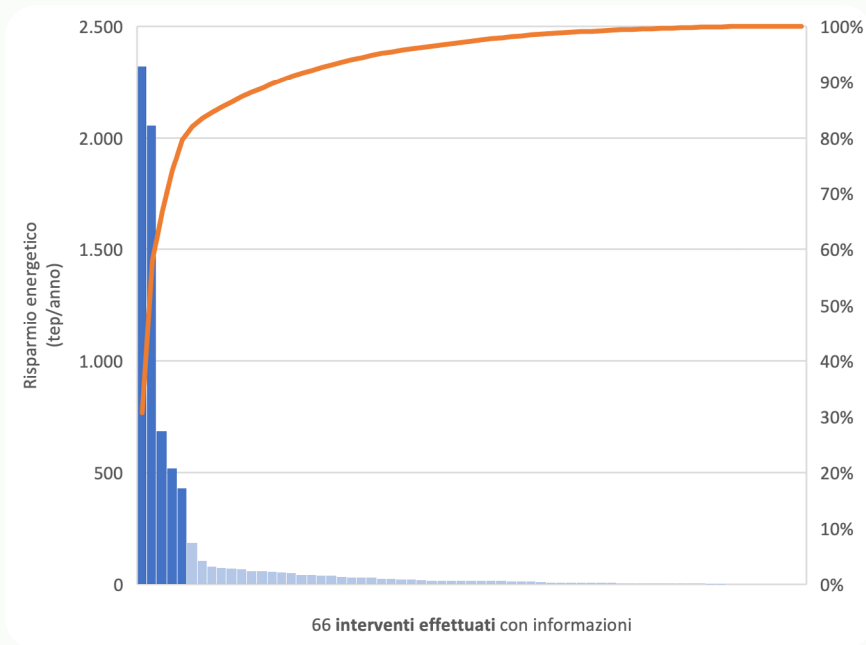
ATECO 21.10.00

FABBRICAZIONE DI PRODOTTI FARMACEUTICI DI BASE

INQUADRAMENTO GENERALE					
Numero diagnosi (siti)			Numero P.IVA		
67			41		
Numero grandi imprese			Numero grandi imprese energivore		
28			30		
Numero siti ISO 50001			Numero siti sottoposti a monitoraggio		
3			35		
INTERVENTI EFFETTUATI			INTERVENTI INDIVIDUATI		
Numero medio interventi per sito		1,8	Numero medio interventi per sito		4,6
Quota di diagnosi contenenti interventi		67%	Quota di diagnosi contenenti interventi		99%
N° interventi	Risparmio annuo di energia finale (tep/anno)	Risparmio medio di energia finale per intervento (tep)	N° interventi	Risparmio annuo di energia finale (tep/anno)	Risparmio medio di energia finale per intervento (tep)
166	2.454,4	40,9	421	3.567,2	34,5
Risparmio annuo totale/ Consumo totale	Risparmio annuo di energia elettrica/ Consumo elettrico totale	Risparmio annuo di energia termica/ Consumo termico totale	Risparmio annuo totale/ Consumo totale	Risparmio annuo di energia elettrica/ Consumo elettrico totale	Risparmio annuo di energia termica/ Consumo termico totale
1,2%	1,5%	1,1%	4,8%	5,7%	4,0%

ANALISI DEGLI INTERVENTI EFFETTUATI							
Area di intervento	N° interventi individuati	INVESTIMENTO			COSTO EFFICACIA ENERGIA FINALE		
		N° interventi con informazioni	Investimento totale (€)	Investimento totale (%)	Investimento medio (€)	N° interventi con informazioni	Costo efficacia (€/tep di energia finale)
Altro	1	0	-	-	-	0	-
Aria compressa	22	11	1.524.850,0	8,3%	138.622,7	7	7.952,8
Aspirazione	2	1	32.000,0	0,2%	32.000,0	1	12.403,1
Centrale termica / Recuperi termici	22	8	2.174.331,0	11,8%	271.791,4	6	2.466,8
Climatizzazione	17	9	710.000,0	3,9%	78.888,9	9	11.827,7
Cogenerazione/ Trigenerazione	12	6	12.465.580,0	67,9%	2.077.596,7	-	-
Freddo di processo	15	2	410.000,0	2,2%	205.000,0	2	8.929,2
Generale	14	0	-	-	-	0	-
Illuminazione	23	6	222.010,0	1,2%	37.001,7	6	7.511,4
Impianti elettrici	2	0	-	-	-	0	-
Involucro edilizio	3	1	60.000,0	0,3%	60.000,0	0	-
Linee produttive	15	8	600.800,0	3,3%	75.100,0	3	1.106,6
Motori elettrici/ Inverter	11	3	111.200,0	0,6%	37.066,7	2	2.401,0
Produzione da fonti rinnovabili	1	0	-	-	-	-	-
Rifasamento	5	1	50.000,0	0,3%	50.000,0	1	5.775,2
Trasporti	1	0	-	-	-	0	-
Totale	166	56	18.360.771,0	100,0%	278.460,7	37	6.708,2
COSTO EFFICACIA - ENERGIA PRIMARIA							
Area di intervento		N° interventi con informazioni				Costo efficacia medio (€/tep di energia primaria)	
Cogenerazione/Trigenerazione		2				8.929,2	
Produzione da fonti rinnovabili		0				-	
Totale		2				8.929,2	

ANALISI DEGLI INTERVENTI EFFETTUATI									
RISPARMI DI ENERGIA FINALE									
Area di intervento	N° interventi con informazioni	Risparmio annuo totale (tep/anno)	Risparmio annuo totale (%)	Risparmio annuo totale medio (tep/anno)	Risparmio annuo di energia elettrica (tep/anno)	Risparmio annuo di energia termica (tep/anno)	Risparmio annuo di carburante (tep/anno)	Altri risparmi annui (tep/anno)	
Altro	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Aria compressa	12	838,0	34,1%	69,8	316	522	0,0	0,0	0,0
Aspirazione	1	2,6	0,1%	2,6	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Centrale termica/ Recuperi termici	9	934,5	38,1%	103,8	106,9	827,6	0,0	0,0	0,0
Climatizzazione	11	221,2	9,0%	20,1	221,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Freddo di processo	3	106,0	4,3%	35,3	106,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Generale	1	16,6	0,7%	16,6	16,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Illuminazione	11	78,6	3,2%	7,1	78,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Impianti elettrici	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Involucro edilizio	1	5,5	0,2%	5,5	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0
Linee produttive	7	222,2	9,1%	31,7	154,8	67,4	0,0	0,0	0,0
Motori elettrici/ Inverter	2	16,6	0,7%	8,3	16,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Rifasamento	1	8,7	0,4%	8,7	8,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Trasporti	1	4,0	0,2%	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4
Totale	60	2.454,4	100,0%	26,1	1.033,3	1.417,1	0,0	0,0	4
RISPARMI DI ENERGIA PRIMARIA									
Area di intervento	N° interventi con informazioni	Risparmio annuo totale (tep/anno)	Risparmio annuo totale (%)	Risparmio annuo totale medio (tep/anno)	Risparmio annuo di energia elettrica (tep/anno)	Risparmio annuo di energia termica (tep/anno)	Risparmio annuo di carburante (tep/anno)	Altri risparmi annui (tep/anno)	
Cogenerazione/ Trigenerazione	6	5.107,5	100,0%	851,3	202,9	2.847,6	0,0	-	-
Produzione da fonti rinnovabili	0	-	0,0%	-	-	-	-	-	-
Totale	6	5.107,5	100,0%	851,3	202,9	2.847,6	0,0	-	-



Primi 5 interventi effettuati evidenziati:

1. Cogenerazione/Trigenerazione: trigenerazione.
2. Cogenerazione/Trigenerazione: installazione impianto cogenerazione.
3. Centrale termica/Recuperi termici: installazione post-combustore dotato di recupero di calore.
4. Aria compressa: *revamping* Sulzer 1 e 4 per garantire maggior flessibilità al sistema ed evitare sprechi di aria compressa.
5. Cogenerazione/Trigenerazione: *upgrade* trigenerazione.

ANALISI DEGLI INTERVENTI INDIVIDUATI									
Area di intervento	N° interventi individuati	INVESTIMENTO				COSTO EFFICACIA ENERGIA FINALE			
		N° interventi con informazioni	Investimento totale (€)	Investimento totale (%)	Investimento medio (€)	N° interventi con informazioni	Costo efficacia (€/tep di energia finale)	Tempo di ritorno medio (anni)	
Altro	4	4	3.225.000,0	4,3%	806.250,0	4	7.458,3	4,1	
Aria compressa	64	49	4.187.750,0	5,6%	85.464,3	45	3.880,3	2,7	
Aspirazione	2	1	450.000,0	0,6%	450.000,0	1	53.548,6	47,7	
Centrale termica / Recuperi termici	42	36	10.244.360,0	13,8%	249.862,4	35	2.766,4	4,6	
Climatizzazione	15	11	757.700,0	1,0%	68.881,8	10	6.420,6	5,6	
Cogenerazione/ Trigenerazione	24	22	38.998.550,0	52,5%	1.772.661,4	-	-	-	
Freddo di processo	35	28	4.092.000,0	5,5%	146.142,9	26	4.489,7	3,2	
Generale	53	31	617.300,0	0,8%	19.912,9	29	3.052,9	2,1	
Illuminazione	51	44	1.630.856,0	2,2%	37.064,9	44	6.521,2	4,1	
Impianti elettrici	9	7	263.500,0	0,4%	37.642,9	6	15.606,4	2,8	
Involucro edilizio	5	4	691.690,0	0,9%	172.972,5	3	12.720,2	7,1	
Linee produttive	21	15	577.650,0	0,8%	38.510,0	14	2.156,8	1,8	
Motori elettrici/ Inverter	54	43	1.572.953,0	2,1%	36.580,3	42	5.612,0	3,3	
Produzione da fonti rinnovabili	29	28	6.917.960,0	9,3%	247.070,0	-	-	-	
Rifasamento	7	6	141.560,0	0,2%	23593,3	6	234,3	0,7	
Trasporti	6	2	25.600,0	0,0%	12.800,0	2	7.609,9	3,6	
Totale	415	331	74.280.069,0	100,0%	278.770,2	267	10.107,9	7,1	
COSTO EFFICACIA - ENERGIA PRIMARIA									
Area di intervento	N° interventi con informazioni		Costo efficacia (€/tep di energia primaria)		Tempo di ritorno medio (anni)				
Cogenerazione/Trigenerazione	15	15	1.462,40	3,3	3,3	3,3			
Produzione da fonti rinnovabili	28	28	5.470,40	7,8	7,8	7,8			
Totale	43	43	3.466,40	5,6	5,6	5,6			

ANALISI DEGLI INTERVENTI INDIVIDUATI

RISPARMI DI ENERGIA FINALE

Area di intervento	N° interventi con informazioni	Risparmio annuo totale (tep/anno)	Risparmio annuo totale (%)	Risparmio annuo totale medio (tep/anno)	Risparmio annuo di energia elettrica (tep/anno)	Risparmio annuo di energia termica (tep/anno)	Risparmio annuo di carburante (tep/anno)	Altri risparmi annui (tep/anno)
Altro	4	273,1	2,8%	68,3	87,1	186	0,0	0,0
Aria compressa	49	957,2	9,9%	19,5	953,3	3,9	0,0	0,0
Aspirazione	1	8,4	0,1%	8,4	8,4	0,0	0,0	0,0
Centrale termica/ Recuperi termici	36	4.221,2	43,7%	117,3	847,2	3.374,0	0,0	0,0
Climatizzazione	10	198,7	2,1%	19,9	43,8	154,9	0,0	0,0
Freddo di processo	27	881,4	9,1%	32,6	770,2	111,3	0,0	0,0
Generale	29	921,2	9,5%	31,8	193,5	209,1	0,0	518,6
Illuminazione	45	281,8	2,9%	6,3	281,8	0,0	0,0	0,0
Impianti elettrici	8	114,7	1,2%	14,3	114,7	0,0	0,0	0,0
Involucro edilizio	3	67,8	0,7%	22,6	21,0	46,7	0,0	0,0
Linee produttive	17	609,3	6,3%	35,8	226,0	383,3	0,0	0,0
Motori elettrici/ Inverter	43	470,6	4,9%	10,9	470,6	0,0	0,0	0,0
Rifasamento	6	650,6	6,7%	108,4	0,0	650,6	0,0	0,0
Trasporti	2	3,4	0,0%	1,7	3,4	0,0	0,0	0,0
Totale	280	9.659,4	100,0%	30,0	4.021,0	5.119,8	0,0	518,6

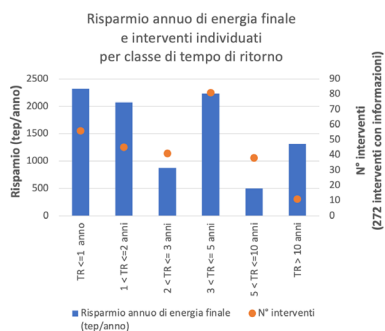
RISPARMI DI ENERGIA PRIMARIA

Area di intervento	N° interventi con informazioni	Risparmio annuo totale (tep/anno)	Risparmio annuo totale (%)	Risparmio annuo totale medio (tep/anno)	Risparmio annuo di energia elettrica (tep/anno)	Risparmio annuo di energia termica (tep/anno)	Risparmio annuo di carburante (tep/anno)	Altri risparmi annui (tep/anno)
Cogenerazione/ Trigenerazione	17	18.298,0	92,4%	1.076,0	14.881,4	1.108,9	0,0	2.308,4
Produzione da fonti rinnovabili	29	1.509,8	7,6%	52,2	1.510,1	0,0	0,0	0,0
Totale	46	19.807,8	100,0%	564,2	16.390,5	1.108,9	0,0	2.308,4

ANALISI DEGLI INTERVENTI INDIVIDUATI

CLASSI DI TEMPO DI RITORNO

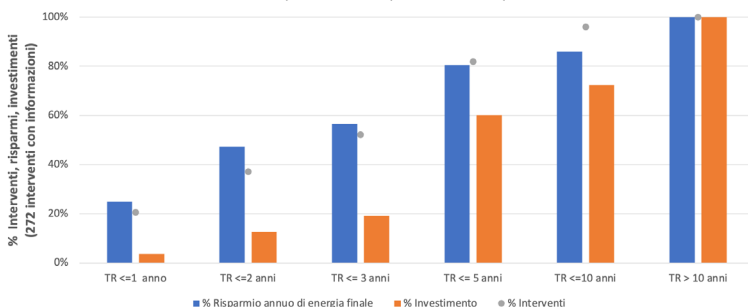
Classe	N° interventi	Risparmio annuo di energia finale (tep/anno)	Investimento (€)
TR <= 1 anno	56	2.325,7	936.806,0
1 < TR <= 2 anni	45	2.073,7	2.301.483,0
2 < TR <= 3 anni	41	872,9	1.692.461,0
3 < TR <= 5 anni	81	2.234,0	10.553.593,0
5 < TR <= 10 anni	38	498,6	3.115.648,0
TR > 10 anni	11	1.313,2	7.148.378,0



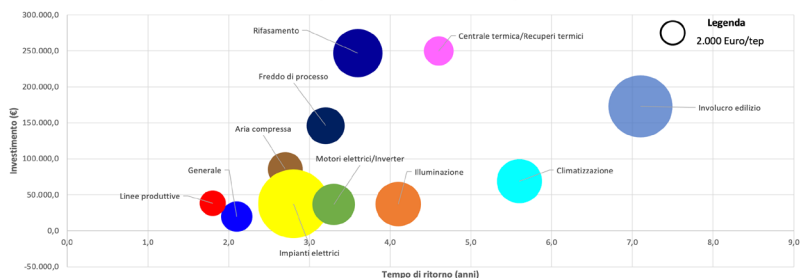
DISTRIBUZIONE CUMULATA PER CLASSI DI TEMPO DI RITORNO

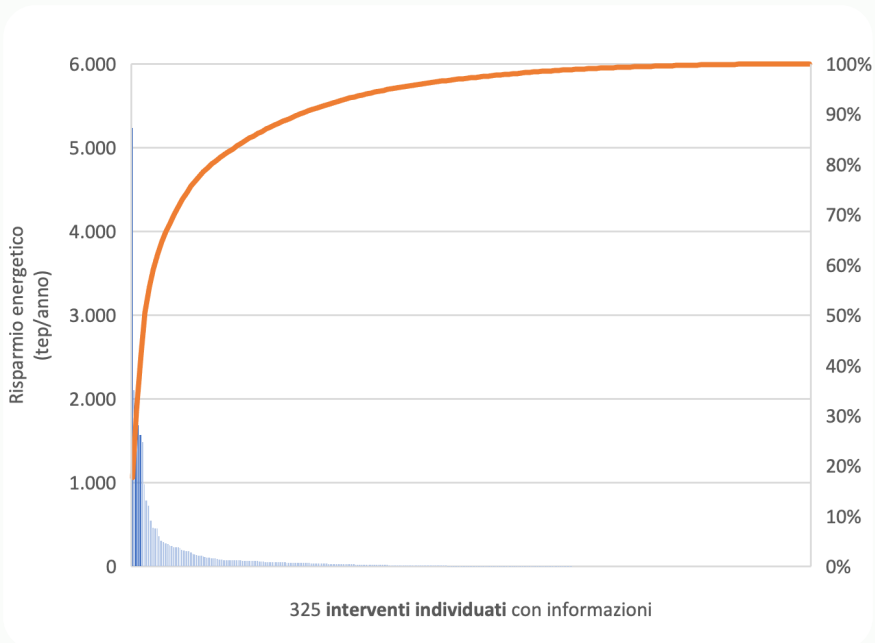
Classi	N° interventi	Interventi %	Risparmio annuo di energia finale (tep/anno)	Risparmio annuo di energia finale (%)	Investimento (€)	Investimento (%)
TR <= 1 anno	56	20,6%	2.325,7	25,0%	936.806,0	3,6%
TR <= 2 anni	101	37,1%	4.399,5	47,2%	3.238.289,0	12,6%
TR <= 3 anni	142	52,2%	5.272,3	56,6%	4.930.750,0	19,1%
TR <= 5 anni	223	82,0%	7.506,3	80,6%	15.484.343,0	60,1%
TR <= 10 anni	261	96,0%	8.004,9	85,9%	18.599.991,0	72,2%
TR > 10 anni	272	100,0%	9.318,1	100,0%	25.748.369,0	100,0%

Investimenti e risparmi cumulati per classe di tempo di ritorno



21.10.00 (dimensione bolla = costo efficacia)





Primi 5 interventi individuati evidenziati:

1. Cogenerazione/Trigenerazione: trigenerazione 3,5 MWel e 1,5 MWfr.
2. Cogenerazione/Trigenerazione: impianto di trigenerazione.
3. Cogenerazione/Trigenerazione: cogenerazione 1,2 MWel.
4. Cogenerazione/Trigenerazione: trigenerazione ed efficientamento centrale termofrigorifera.
5. Cogenerazione/Trigenerazione: installazione impianto di trigenerazione.

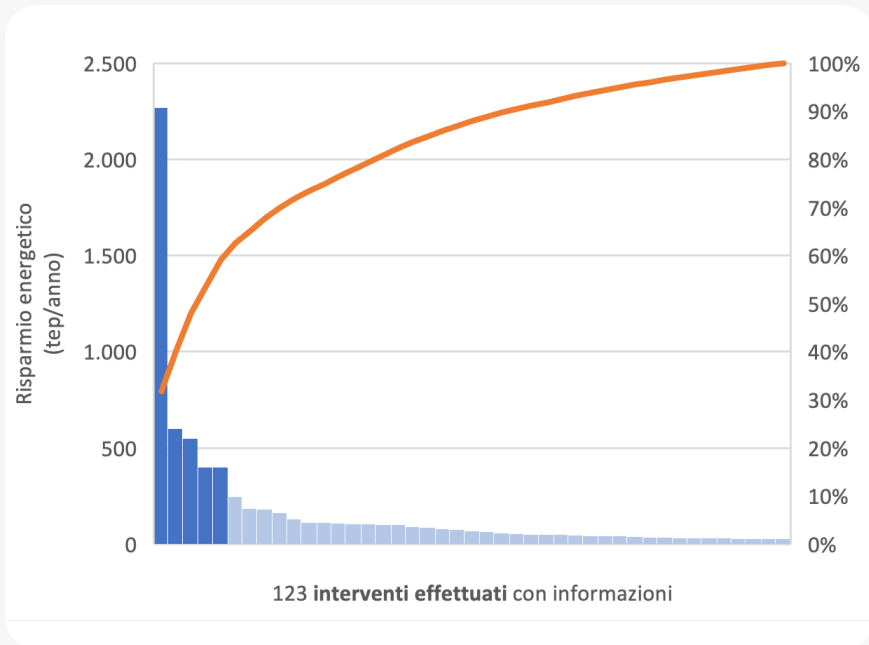
ATECO 21.20.09

FABBRICAZIONE DI MEDICINALI ED ALTRI PREPARATI FARMACEUTICI

INQUADRAMENTO GENERALE					
Numero diagnosi (siti)			Numero P.IVA		
93			69		
Numero grandi imprese			Numero grandi imprese energivore		
51			38		
Numero siti ISO 50001			Numero siti sottoposti a monitoraggio		
12			79		
INTERVENTI EFFETTUATI			INTERVENTI INDIVIDUATI		
Numero medio interventi per sito		2,5	Numero medio interventi per sito		4,9
Quota di diagnosi contenenti interventi		67%	Quota di diagnosi contenenti interventi		96%
N° interventi	Risparmio annuo di energia finale (tep/anno)	Risparmio medio di energia finale per intervento (tep)	N° interventi	Risparmio annuo di energia finale (tep/anno)	Risparmio medio di energia finale per intervento (tep)
233	3.567,2	31,3	450	11.268,7	35,5
Risparmio annuo totale/ Consumo totale	Risparmio annuo di energia elettrica/ Consumo elettrico totale	Risparmio annuo di energia termica/ Consumo termico totale	Risparmio annuo totale/ Consumo totale	Risparmio annuo di energia elettrica/ Consumo elettrico totale	Risparmio annuo di energia termica/ Consumo termico totale
1,3%	1,7%	1,1%	4,1%	5,4%	2,6%

ANALISI DEGLI INTERVENTI EFFETTUATI							
Area di intervento	N° interventi individuati	INVESTIMENTO			Investimento medio (€)	COSTO EFFICACIA ENERGIA FINALE	
		N° interventi con informazioni	Investimento totale (€)	Investimento totale (%)		N° interventi con informazioni	Costo efficacia (€/tep di energia finale)
Altro	1	1	15.000,0	0,1%	15.000,0	1	2.658,3
Aria compressa	22	14	1.618.800,0	5,6%	115.628,6	8	12.981,8
Aspirazione	1	0	-	-	-	0	-
Centrale termica / Recupert termici	23	13	3.015.900,0	10,5%	231.992,3	12	3.252,5
Climatizzazione	27	12	1.156.600,0	4,0%	96.383,3	10	13.137,2
Cogenerazione/ Trigenerazione	15	10	9.218.000,0	32,1%	921.800,0	-	-
Freddo di processo	37	17	7.525.000,0	26,2%	442.647,1	14	12.412,1
Generale	16	10	449.000,0	1,6%	44.900,0	8	2.290,2
Illuminazione	47	31	4.190.202,0	14,6%	135.167,8	24	18.476,2
Impianti elettrici	7	2	79.000,0	0,3%	39.500,0	1	2.365,2
Involucro edilizio	5	4	82.500,0	0,3%	20.625,0	2	15.764,7
Linee produttive	12	7	516.400,0	1,8%	73.771,4	4	2.382,2
Motori elettrici/ Inverter	19	15	653.407,0	2,3%	43.560,5	12	6.181,9
Produzione da fonti rinnovabili	1	1	195.000,0	0,7%	195.000,0	-	-
Totale	233	137	28.714.809,0	100,0%	182.767,40	104	7.772,9
COSTO EFFICACIA - ENERGIA PRIMARIA							
Area di intervento	N° interventi con informazioni			Costo efficacia medio (€/tep di energia primaria)			
Cogenerazione/Trigenerazione	7			2.880,9			
Produzione da fonti rinnovabili	1			6.264,3			
Totale	8			4.572,6			

ANALISI DEGLI INTERVENTI EFFETTUATI									
RISPARMI DI ENERGIA FINALE									
Area di intervento	N° interventi con informazioni	Risparmio annuo totale (tep/anno)	Risparmio annuo totale (%)	Risparmio annuo totale medio (tep/anno)	Risparmio annuo di energia elettrica (tep/anno)	Risparmio annuo di energia termica (tep/anno)	Risparmio annuo di carburante (tep/anno)	Altri risparmi annui (tep/anno)	
Altro	1	5,6	0,2%	5,6	5,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Aria compressa	9	86,2	2,4%	9,6	79,8	6,4	0,0	0,0	0,0
Aspirazione	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Centrale termica/ Recuperi termici	16	1.493,3	41,9%	93,3	43,9	1.416,4	0,0	33,0	0,0
Climatizzazione	13	214,3	6,0%	16,5	132,0	82,4	0,0	0,0	0,0
Freddo di processo	19	760,6	21,3%	40,0	719,4	41,2	0,0	0,0	0,0
Generale	9	234,2	6,6%	26,0	83,7	125,5	0,0	25,0	0,0
Illuminazione	27	410,2	11,5%	15,2	410,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Impianti elettrici	1	20,7	0,6%	20,7	20,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Involucro edilizio	2	4,4	0,1%	2,2	4,4	0,0	0,0	0,0	0,0
Linee produttive	5	227,0	6,4%	45,4	174,1	52,9	0,0	0,0	0,0
Motori elettrici/ Inverter	12	110,5	3,1%	9,2	110,5	0,0	0,0	0,0	0,0
Totale	114	3.567,2	100,0%	25,8	1.784,4	1.724,8	0,0	58,0	
RISPARMI DI ENERGIA PRIMARIA									
Area di intervento	N° interventi con informazioni	Risparmio annuo totale (tep/anno)	Risparmio annuo totale (%)	Risparmio annuo totale medio (tep/anno)	Risparmio annuo di energia elettrica (tep/anno)	Risparmio annuo di energia termica (tep/anno)	Risparmio annuo di carburante (tep/anno)	Altri risparmi annui (tep/anno)	
Cogenerazione/ Trigenerazione	8	4.180,9	99,3%	522,6	644,1	1.928,9	0,0	1.608,0	0,0
Produzione da fonti rinnovabili	1	31,0	0,7%	31,1	31,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Totale	9	4.212,1	100,0%	553,7	675,2	1.928,9	0,0	1.608,0	



Primi 5 interventi effettuati evidenziati:

1. Cogenerazione/Trigenerazione: installazione trigeneratore 6,8 mw (tramite ESCo).
2. Cogenerazione/Trigenerazione: impianto cogenerativo – caso 1.
3. Cogenerazione/Trigenerazione: impianto cogenerativo – caso 2.
4. Cogenerazione/Trigenerazione: impianto cogenerativo – caso 3.
5. Centrale termica/Recuperi termici: sostituzione degli scaricatori di condensa con tecnologia Venturi.

ANALISI DEGLI INTERVENTI INDIVIDUATI										
Area di intervento	N° interventi individuati	INVESTIMENTO				COSTO EFFICACIA ENERGIA FINALE				
		N° interventi con informazioni	Investimento totale (€)	Investimento totale (%)	Investimento medio (€)	N° interventi con informazioni	Costo efficacia (€/tep di energia finale)	Tempo di ritorno medio (anni)		
Altro	1	1	300.000,0	0,2%	300.000,0	1	1.259,2	1,5		
Aria compressa	47	42	1.941.455,0	1,5%	46.225,1	38	4.353,0	2,9		
Aspirazione	4	3	97.000,0	0,1%	32.333,3	3	3.200,8	2,0		
Centrale termica / Recuperi termici	34	32	4.124.420,0	3,1%	128.888,2	29	4.914,8	4,1		
Climatizzazione	37	32	4.862.007,0	3,7%	151.937,7	28	3.770,1	11,6		
Cogenerazione/ Trigenerazione	51	49	83.599.035,0	62,7%	1.706.102,8	-	-	-		
Freddo di processo	43	38	7.969.920,9	6,0%	209.734,8	35	4.983,8	3,4		
Generale	42	30	827.400,0	0,6%	27.580,0	27	3.020,1	2,5		
Illuminazione	73	67	4.417.668,6	3,3%	65.935,4	65	7.820,0	4,4		
Impianti elettrici	16	16	1.300.903,5	1,0%	81.306,5	15	6.633,8	4		
Involucro edilizio	4	4	88.300,0	0,1%	22.075,0	3	7.189,8	5,8		
Linee produttive	23	23	6.971.480,0	5,2%	303.107,8	21	3.477,1	3,8		
Motori elettrici/ Inverter	32	26	709.991,0	0,5%	27.307,3	24	5.270,3	3,1		
Produzione da fonti rinnovabili	33	30	11.387.635,2	8,5%	379.587,8	-	-	-		
Reti di distribuzione	2	2	19.500,0	0,0%	9.750,0	1	1.724,7	2,1		
Rifasamento	2	2	6.598,0	0,0%	3.299,0	1	108,2	1,8		
Trasporti	6	5	4.733.482,0	3,6%	946.696,4	3	17.782,4	6,7		
Totale	450	402	133.356.796,3	100,0%	276.569,3	294	5.033,9	4,1		
COSTO EFFICACIA - ENERGIA PRIMARIA										
Area di intervento	N° interventi con informazioni		Costo efficacia (€/tep di energia primaria)		Tempo di ritorno medio (anni)					
Cogenerazione/Trigenerazione	42	42	7.070,3	3,6	3,6	3,6				
Produzione da fonti rinnovabili	30	30	4.849,7	7,8	7,8	7,8				
Totale	72	72	5.960,0	5,7	5,7	5,7				

ANALISI DEGLI INTERVENTI INDIVIDUATI

RISPARMI DI ENERGIA FINALE

Area di intervento	N° interventi con informazioni	Risparmio annuo totale (tep/anno)	Risparmio annuo totale (%)	Risparmio annuo totale medio (tep/anno)	Risparmio annuo di energia elettrica (tep/anno)	Risparmio annuo di energia termica (tep/anno)	Risparmio annuo di carburante (tep/anno)	Altri risparmi annui (tep/anno)
Altro	1	238,2	2,1%	238,2	0,0	238,2	0,0	0,0
Aria compressa	42	457,6	4,1%	10,9	457,6	0,0	0,0	0,0
Aspirazione	3	120,4	1,1%	40,1	2,4	118,0	0,0	0,0
Centrale termica/ Recuperi termici	31	1.824,2	16,2%	58,8	159,2	1576,4	0,0	88,6
Climatizzazione	31	2.256,9	20,0%	72,7	1.611,0	457,0	0,0	188,9
Freddo di processo	38	2.188,7	19,4%	57,6	1.870,7	318,0	0,0	0,0
Generale	28	517,2	4,6%	18,5	126,1	177,9	0,0	213,1
Illuminazione	67	741,7	6,6%	11,1	741,7	0,0	0,0	0,0
Impianti elettrici	16	192,4	1,7%	12,0	192,4	0,0	0,0	0,0
Involucro edilizio	3	10,9	0,1%	3,6	10,9	0,0	0,0	0,0
Linee produttive	23	1.633,2	14,5%	71,0	349,9	1.283,2	0,0	0,0
Motori elettrici/ Inverter	27	214,8	1,9%	8,0	214,8	0,0	0,0	0,0
Reti di distribuzione	2	61,2	0,5%	30,6	0,0	61,2	0,0	0,0
Rifasamento	1	18,5	0,2%	18,5	18,5	0,0	0,0	0,0
Trasporti	4	792,9	7,0%	198,2	2,8	0,0	790,0	0,0
Totale	317	11.268,8	100,0%	56,7	5.758,0	4.229,9	790,0	490,6

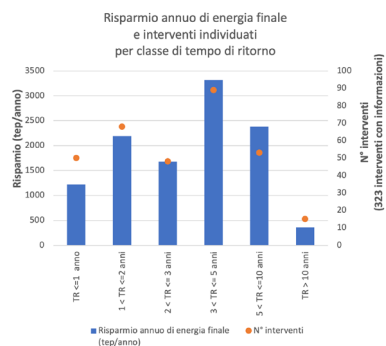
RISPARMI DI ENERGIA PRIMARIA

Area di intervento	N° interventi con informazioni	Risparmio annuo totale (tep/anno)	Risparmio annuo totale (%)	Risparmio annuo totale medio (tep/anno)	Risparmio annuo di energia elettrica (tep/anno)	Risparmio annuo di energia termica (tep/anno)	Risparmio annuo di carburante (tep/anno)	Altri risparmi annui (tep/anno)
Cogenerazione/ Trigenerazione	45	62.472,0	95,5%	1.388,3	43.697,8	9.005,1	0	9.796,7
Produzione da fonti rinnovabili	32	2.921,8	4,5%	91,3	2.678,7	13,1	0	0
Totale	77	65.393,8	100,0%	739,8	46.606,4	9.018,2	0	9.796,7

ANALISI DEGLI INTERVENTI INDIVIDUATI

CLASSI DI TEMPO DI RITORNO

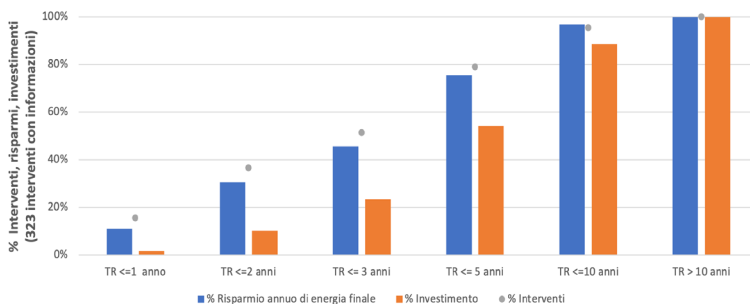
Classe	N° interventi	Risparmio annuo di energia finale (tep/anno)	Investimento (€)
TR <= 1 anno	50	1.217,5	636.387,0
1 < TR <= 2 anni	68	2.190,8	3.139.755,0
2 < TR <= 3 anni	48	1.680,0	4.896.289,0
3 < TR <= 5 anni	89	3.318,7	11.424.882,1
5 < TR <= 10 anni	53	2.384,1	12.773.826,9
TR > 10 anni	15	357,1	4.232.436,0



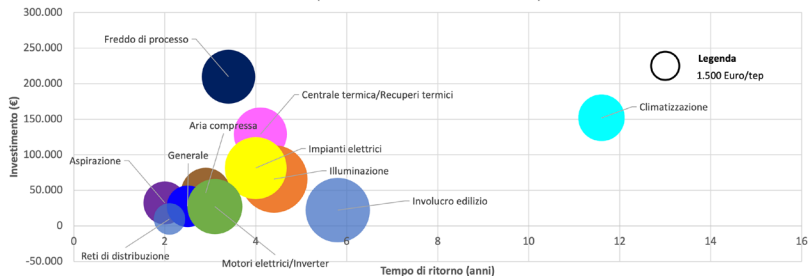
DISTRIBUZIONE CUMULATA PER CLASSI DI TEMPO DI RITORNO

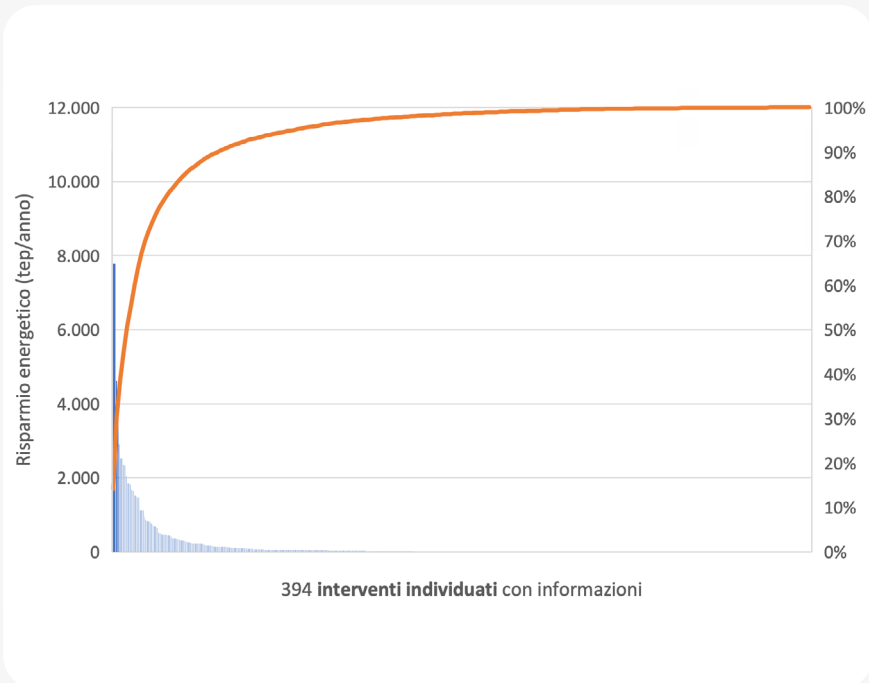
Classi	N° interventi	Interventi %	Risparmio annuo di energia finale (tep/anno)	Risparmio annuo di energia finale (%)	Investimento (€)	Investimento (%)
TR <= 1 anno	50	15,5%	1.217,5	10,9%	636.387,0	1,7%
TR <= 2 anni	118	36,5%	3.408,2	30,6%	3.776.142,0	10,2%
TR <= 3 anni	166	51,4%	5.088,3	45,6%	8.672.431,0	23,4%
TR <= 5 anni	255	78,9%	8.407,0	75,4%	20.097.313,1	54,2%
TR <= 10 anni	308	95,4%	10.791,2	96,8%	32.871.140,1	88,6%
TR > 10 anni	323	100,0%	11.148,2	100,0%	37.103.576,1	100,0%

Investimenti e risparmi cumulati per classe di tempo di ritorno



21.20.09 (dimensione bolla = costo efficacia)





Primi 5 interventi individuati evidenziati:

1. Cogenerazione/Trigenerazione: trigenerazione 5.300 kW con assorbitore BR-LI 2.400 kWf.
2. Cogenerazione/Trigenerazione: trigenerazione con assorbitore.
3. Cogenerazione/Trigenerazione: trigenerazione 2.500 kW con assorbitore BR-LI 1.650 kWf.
4. Cogenerazione/Trigenerazione: trigeneratore in modalità ESCo.
5. Cogenerazione/Trigenerazione: impianto di trigenerazione.



APPENDICE A

**Analisi statistica relativa ai
prelievi e consumo d'acqua
negli impianti farmaceutici**

APPENDICE A

ANALISI STATISTICA RELATIVA AI PRELIEVI E CONSUMO D'ACQUA NEGLI IMPIANTI FARMACEUTICI

Gli impianti del settore farmaceutico impiegano normalmente molta acqua per scopi produttivi, sia come materia prima (soluzione fisiologica, acqua per preparazioni iniettabili, etc..) che per usi di processo (acqua purificata), come ad esempio per la produzione di vapore pulito per le sterilizzazioni di contenitori o macchinari.

A tal fine, dai dati dei questionari sottoposti alle imprese associate a Farmindustria nell'Autunno 2021, è stato possibile collezionare informazioni sulla presa d'acqua e i suoi utilizzi: materia prima, usi di processo, altri usi (es.: acqua sanitaria), nonché consumi specifici d'acqua presso i siti produttivi. Solitamente, negli impianti farmaceutici l'acqua può essere attinta (presa d'acqua) o dalla rete pubblica e/o da pozzi.

Il grafico di *Figura A.1* mostra la distribuzione percentuale media, relativamente ai siti oggetto del campione statistico proveniente dalla diagnosi energetiche e da questionari veicolati da Farmindustria, della presa dell'acqua al variare degli utilizzi nel sito produttivo. In particolare, è possibile osservare come il 76% dell'acqua utilizzata all'interno dei siti produttivi è prelevata da pozzo, mentre solo il 24% dell'acqua viene prelevata da acquedotto. Tuttavia, per l'utilizzo come materia prima e per usi di processo i rapporti si ribaltano, infatti, la gran parte dell'acqua in questi casi viene attinta dalla rete pubblica, mentre per tutti gli altri usi, nella maggior parte dei casi, la presa avviene da pozzo.

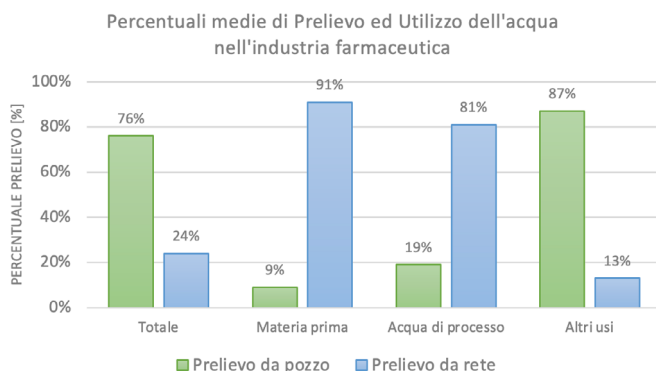


Figura A.1 - Distribuzione percentuale della presa dell'acqua al variare degli utilizzi.

L'analisi di correlazione tra il consumo d'acqua ed il consumo elettrico globale di sito (Figura A.2) evidenzia una buona forza della relazione tra i due consumi (Tabella A.1). Questo è, probabilmente, dovuto al fatto che sia per i consumi d'acqua che per quelli elettrici di sito via siano i medesimi driver che ne guidano il consumo (come ad esempio: la produzione, le dimensioni degli ambienti, etc.).

Figura A.2 – Analisi di regressione tra consumo d'acqua ed il consumo elettrico di sito.

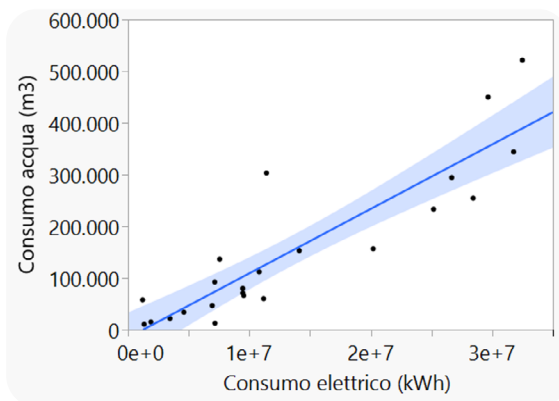


Tabella A.1 – Risultati analisi di regressione tra consumo d'acqua ed il consumo elettrico di sito.

Rette di Regressione: Consumo acqua [m ³] vs consumo elettrico [kWh]					
Consumo acqua [m ³] = -15.435 + 0,0125 * Consumo elettrico [kWh] Int. Confidenza > 99%					
	R ²	R	P _{value}	Rcrit (bidir.) α=0,05	Rcrit (bidir.) α=0,01
Consumo acqua [m ³]	0,7931	0,8905	<0,0001	0,3961	0,5052

Come per gli altri indici riportati nel documento, è stato calcolato anche il valore dell'IPE medio, relativo al consumo elettrico totale rispetto al consumo d'acqua di sito (Tabella A.2). Il valore dell'IPE riportato in Tabella A.2, pari a circa 101,0 +/- 44,7 m³/kWh, mostra un'affidabilità media confermando il buon legame tra i due consumi evidenziato nell'analisi di regressione.

Tabella B.2 – IPE medio consumo d'acqua su consumo elettrico di stabilimento.

Unità misura utilizzate	Consumo Acqua		m ³	
	Consumo Elettrico		kWh	
	IPE		m ³ /kWh	
Consumo Acqua		IPE	Affidabilità	
Min	Max			
m ³	m ³	m ³ /kWh	Coeff. di Variazione	Livello di affidabilità
1.200.000	33.000.000	101,0 ± 44,7	44,3%	MEDIO



APPENDICE B

**Valutazione della
rappresentatività statistica
di una analisi di regressione**

APPENDICE B

VALUTAZIONE DELLA RAPPRESENTATIVITÀ STATISTICA DI UNA ANALISI DI REGRESSIONE

Per valutare la rappresentatività statistica di una generica analisi di correlazione lineare (Figura B.1) possono essere utilizzate differenti metodologie.

In queste linee guida si fa riferimento ai seguenti parametri (Tabella B.1) statistici:

- A. coefficiente di correlazione R;
- B. significatività statistica attraverso l'utilizzo del P-value;
- C. coefficiente di determinazione R^2 .

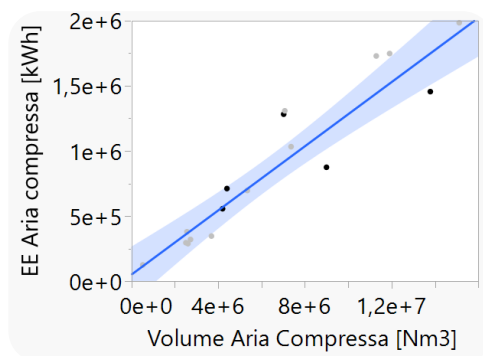


Figura B.1 - Esempio grafico analisi di regressione.

Rette di Regressione: Consumo Elettrico aria compressa [kWh] vs Volume aria trattata [Nm ³]					
Consumo Elettrico aria compressa [kWh] = 48.626 + 0,123* Volume aria trattata [Nm ³] Int. Confidenza > 99%					
	R ²	R	P _{value}	R _{crit} (bidirezionale) α=0,05	R _{crit} (bidirezionale) α=0,01
Consumo Elettrico aria compressa [kWh]	0,8961	0,9466	<0,0001	0,514	0,6411

Tabella B.1 - Esempio di analisi di regressione.

Il **coefficiente di correlazione R** è un parametro utilizzato nell'analisi della correlazione per quantificare la forza della relazione lineare tra due variabili (ad esempio consumo di energia e produzione). Il coefficiente R può variare da +1 correlazione perfetta positiva (all'aumentare della produzione aumenta il consumo energetico) a -1 correlazione perfetta negativa (all'aumentare della temperatura di un pannello fotovoltaico diminuisce la sua efficienza). Tanto più R è vicino a +1, ovvero -1, tanto più la relazione tra le due variabili è forte. Più R si avvicina a zero, più la correlazione lineare è debole.

Calcolato il coefficiente di correlazione R, per la sua interpretazione è necessario appurare se il campione su cui è stata calcolata la relazione di correlazione è rappresentativo della popolazione; in altre parole, la domanda è se la numerosità e le caratteristiche del campione consentono di interpretare la presenza o la mancanza di correlazione come non casuale.

Si tratta a questo punto di attivare un processo di inferenza per sapere quanto possiamo fidarci della correlazione calcolata.

Senza bisogno di applicare le formule, si possono consultare delle apposite tavole (Tavole del valore di R critico di *Pearson*), che forniscono la probabilità associata ad un certo valore di R, per un determinato grado di libertà. Le tavole forniscono la probabilità che l'ipotesi nulla possa essere respinta quando è vera, secondo diverse numerosità campionarie (gradi di libertà, definiti come la dimensione del campione meno 2) e

df	Livello di Significatività per un Test a Due-Code					
	.20	.10	.05	.02	.01	.001
1	0.951	0.988	0.997	0.9995	0.9999	0.99999
2	0.800	0.900	0.950	0.980	0.990	0.999
3	0.687	0.805	0.878	0.934	0.959	0.991
4	0.608	0.729	0.811	0.882	0.917	0.974
5	0.551	0.669	0.755	0.833	0.875	0.951
6	0.507	0.621	0.707	0.789	0.834	0.925
7	0.472	0.582	0.666	0.750	0.798	0.898
8	0.443	0.549	0.632	0.715	0.765	0.872
9	0.419	0.521	0.602	0.685	0.735	0.847
10	0.398	0.497	0.576	0.658	0.708	0.823
11	0.380	0.476	0.553	0.634	0.684	0.801
12	0.365	0.457	0.532	0.612	0.661	0.780
13	0.351	0.441	0.514	0.592	0.641	0.760
14	0.338	0.426	0.497	0.574	0.623	0.742
15	0.327	0.412	0.482	0.558	0.606	0.725

Figura B – Esempio: Tavole del valore di R critico di *Pearson*.

livelli di significatività. L'ipotesi nulla del test è l'assenza di correlazione ($R=0$): ad esempio, un livello di significatività α dello 0,05 indica un rischio del 5% di concludere che esiste correlazione, rigettando l'ipotesi nulla, quando l'ipotesi nulla è invece valida e non vi è alcuna correlazione tra le variabili esaminate.

Solitamente si utilizzano per la determinazione del valore di R critico livelli di significatività α di 0,05 e di 0,01.

Entrando nella Tavola del valore di R critico di Pearson con il grado di libertà e con il livello di significatività α scelto si può estrarre il valore dell'R critico. **Nel caso in cui il valore di R sia maggiore del valore di R critico si può affermare che il test di verifica è stato superato.** Superato il test è possibile determinare l'intervallo di confidenza CI come $CI = 1 - \alpha$.

Un ulteriore test statistico che permette di avere indicazione sulla significatività statistica dell'analisi svolta è quello del P-value. **Il P-value è un test sulla significatività statistica dei coefficienti stimati o del modello stimato.** In particolare, se:

- $0,01 \leq P\text{-value} < 0,05$ la stima può dirsi statisticamente significativa;
- $0,001 \leq P\text{-value} < 0,01$ la stima può dirsi molto significativa;
- $P\text{-value} < 0,001$ la stima può dirsi estremamente significativa.

Infine, il **coefficiente di determinazione R^2** fornisce un'indicazione su quanto è forte la capacità predittiva del modello di correlazione. In parole più semplici, R^2 rappresenta la variazione nei valori della variabile dipendente che può essere giustificata dalla variazione della variabile indipendente. **Più grande è il valore di R^2 , migliore è la capacità delle variabili esplicative di prevedere i valori della variabile dipendente. Al contrario valori bassi di R^2 indicano una scarsa predittività del modello di regressione,** dovuta principalmente al fatto che la variabile dipendente analizzata dipenda, in maniera rilevante, anche da altri parametri che non sono stati presi in considerazione dal modello. Tuttavia, in alcune situazioni l'utilizzo dell' R^2 può essere fuorviante, infatti un modello che presenta un valore alto dell' R^2 può comunque non essere rappresentativo della relazione esistente tra le variabili.

La correlazione lineare può essere considerata forte se $R^2 > 0,5$ e moderata se $R^2 > 0,25$.

Pertanto, ad esempio alla luce delle informazioni qui riportate, la correlazione può essere considerata statisticamente rappresentativa se:

- $P\text{-value} < 0,05$;
- $R > R \text{ critico}$;
- $R^2 > 0,5$.

Bibliografia

- [1] D.Lgs.102/2014 <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2014/07/18/14G00113/sg>.
- [2] D.Lgs.73/2020 <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2020/07/14/20G00093/sg>.
- [3] Indicatori Farmaceutici, luglio 2021, FARMAINDUSTRIA.
- [4] EudraLex - Volume 4 - Good Manufacturing Practice (GMP) guidelines, European commission.
- [5] 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>.
- [6] Chiarimenti in materia di Diagnosi Energetica nelle imprese ai sensi dell'articolo 8 del Decreto Legislativo N. 102 del 2014, novembre 2016, MISE.
- [7] Diagnosi Energetiche art 8 del D.Lgs. 102/2014 Linee Guida e Manuale Operativo Clusterizzazione, il rapporto di diagnosi ed il piano di monitoraggio, ENEA, 2021.
- [8] UNI CEI EN 16247:1-4.
- [9] Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency, European Commission.
- [10] P. J. Cullen, Rodolfo J. Romañach, Nicolas Abatzoglou, e Chris D. Rielly, *Pharmaceutical Blending and Mixing*, 1a ed. John Wiley & Sons, Ltd, 2015. doi: 10.1002/9781118682692.
- [11] N. Harnby, «An engineering view of pharmaceutical powder mixing», *Pharm. Sci. Technol. Today*, vol. 3, n. 9, pagg. 303–309, set. 2000, doi: 10.1016/S1461-5347(00)00283-2.
- [12] R. Agrawal e Y. Naveen, «Pharmaceutical Processing – A Review on Wet Granulation Technology», pag. 19.
- [13] W. D. Soete et al., «Energetic sustainability assessment of batch versus continuous wet granulation based pharmaceutical tablet manufacturing: a cohesive analysis at three different levels», *Green Chem.*, vol. 15, n.

11, pagg. 3039–3048, 2013, doi: 10.1039/C3GC41185K.

- [14] P. Suresh, I. Sreedhar, R. Vaidhiswaran, e A. Venugopal, «A comprehensive review on process and engineering aspects of pharmaceutical wet granulation», *Chem. Eng. J.*, vol. 328, pagg. 785–815, nov. 2017, doi: 10.1016/j.cej.2017.07.091.
- [15] R. Verma, M. Patil, e C. O. Paz, «Chapter 7 - Current Practices in Wet Granulation-Based Generic Product Development», in *Handbook of Pharmaceutical Wet Granulation*, A. S. Narang e S. I. F. Badawy, A c. di Academic Press, 2019, pagg. 203–259. doi: 10.1016/B978-0-12-810460-6.00007-5.
- [16] Dilip M. Parikh, *Handbook of Pharmaceutical Granulation Technology*. 2005.
- [17] G. Morin e L. Briens, «A Comparison of Granules Produced by High-Shear and Fluidized-Bed Granulation Methods», *AAPS PharmSciTech*, vol. 15, n. 4, pagg. 1039–1048, ago. 2014, doi: 10.1208/s12249-014-0134-7.
- [18] T. C. Seem et al., «Twin screw granulation — A literature review», *Powder Technol.*, vol. 276, pagg. 89–102, mag. 2015, doi: 10.1016/j.powtec.2015.01.075.
- [19] R. Meier, K.-P. Moll, M. Krumme, e P. Kleinebudde, «Impact of fill-level in twin-screw granulation on critical quality attributes of granules and tablets», *Eur. J. Pharm. Biopharm.*, vol. 115, pagg. 102–112, giu. 2017, doi: 10.1016/j.ejpb.2017.02.010.
- [20] B. K. Verma, S. Pandey, e P. Arya, «TABLET GRANULATION: CURRENT SCENARIO AND RECENT ADVANCES», pag. 6.
- [21] M. Maniruzzaman, A. Nokhodchi, e R. O. Williams, «Recent advances in granulation technology», *Drug Deliv. Transl. Res.*, vol. 8, n. 6, pagg. 1593–1594, dic. 2018, doi: 10.1007/s13346-018-0559-8.
- [22] E. Jannat, A. A. Arif, M. Hasan, A. Bin, e H. A. Rashid, «Granulation techniques & its updated modules», pag. 8.
- [23] D. M. Sharma, S. B. Kosalge, e S. N. Lade, «Review on Moisture activated Dry Granulation Process», vol. 5, n. 12, pag. 10.
- [24] G. Kaur, M. Gera, P. Bassi, e A. K. Tiwary, «Roll Compaction/Dry

- Granulation (Rcdg): Technologies and Their Applications In Drug Delivery and Development», *Int. J. Drug Deliv.*, vol. 3, n. 3, Art. n. 3, nov. 2011.
- [25] N. Sandler e R. F. Lammens, «Pneumatic dry granulation: potential to improve roller compaction technology in drug manufacture», *Expert Opin. Drug Deliv.*, vol. 8, n. 2, pagg. 225–236, feb. 2011, doi: 10.1517/17425247.2011.548382.
- [26] K. D. Seibert, P. C. Collins, C. V. Luciani, e E. S. Fisher, «Milling Operations in the Pharmaceutical Industry», in *Chemical Engineering in the Pharmaceutical Industry*, John Wiley & Sons, Ltd, 2019, pagg. 861–879. doi: 10.1002/9781119600800.ch38.
- [27] M. Nakach, J.-R. Authelin, A. Chamayou, e J. Dodds, «Comparison of various milling technologies for grinding pharmaceutical powders», *Int. J. Miner. Process.*, vol. 74, pagg. S173–S181, dic. 2004, doi: 10.1016/j.minpro.2004.07.039.
- [28] Á. Hegedűs e K. Pintye-Hódi, «Comparison of the effects of different drying techniques on properties of granules and tablets made on a production scale», *Int. J. Pharm.*, vol. 330, n. 1, pagg. 99–104, feb. 2007, doi: 10.1016/j.ijpharm.2006.09.001.
- [29] A. S. Mujumdar, «Handbook of Industrial Drying», pag. 1279, 2006.
- [30] B. Mn, S. Ac, D. As, e S. Np, «MICROWAVE: AN EMERGING TREND IN PHARMACEUTICAL PROCESSES AND FORMULATIONS», vol. 3, pag. 22, set. 2011.
- [31] D. Parikh, «Vacuum Drying: Basics and Application», *Chem. Eng.*, vol. 122, apr. 2015.
- [32] Manu Jain, Lohare Ganesh, Bari Manoj, e Chavan Randhir, «Spray Drying in Pharmaceutical Industry: A Review», *Res. J Pharma Dos. Forms Tech*, vol. 4, n. 2, 2011.
- [33] D.-J. Lee, S. Jangam, e A. S. Mujumdar, «Some Recent Advances in Drying Technologies to Produce Particulate Solids», *KONA Powder Part. J.*, vol. 30, n. 0, pagg. 69–83, 2013, doi: 10.14356/kona.2013010.
- [34] Ralph Shangraw, «Compressed Tablets By Direct Compression», in *Pharmaceutical Dosage Forms: Tablets*, 2a ed., vol. 1, 3 voll., Marcel

Dekker Inc., pag. 610.

- [35] T. Ervasti et al., «Continuous manufacturing of extended release tablets via powder mixing and direct compression», *Int. J. Pharm.*, vol. 495, n. 1, pagg. 290–301, nov. 2015, doi: 10.1016/j.ijpharm.2015.08.077.
- [36] A. H. Gerhardt, «Fundamentals of Tablet Compression», *J. GXP Compliance*, pag. 10, 2010.
- [37] B. Bennett, G. Cole, e Institution of Chemical Engineers (Great Britain), A. c. di, *Pharmaceutical production: an engineering guide*. Rugby, Warwickshire: IChemE, 2003.
- [38] B.VENKATESWARA REDDY, K. NAVANEETHA, e B.RASHMITHA REDDY, «Tablet coating industry point view - A comprehensive review», *Int. J. Pharm. Biol. Sci.*, vol. 3, n. 1, pagg. 248–261, mar. 2013.
- [39] S. C. Porter, «Chapter 27 - Coating of pharmaceutical dosage forms», in *Remington (Twenty-third Edition)*, A. Adejare, A. c. di Academic Press, 2021, pagg. 551–564. doi: 10.1016/B978-0-12-820007-0.00027-1.
- [40] K. Pundir e D. B. Parashar, «The Innovations in Tablet Coating: A Review», vol. 03, n. 06, pag. 6, 2019.
- [41] A. N. Zaid, «A Comprehensive Review on Pharmaceutical Film Coating: Past, Present, and Future», *Drug Des. Dev. Ther.*, vol. 14, pagg. 4613–4623, ott. 2020, doi: 10.2147/DDDT.S277439.
- [42] D.-G. Yu, J.-J. Li, G. R. Williams, e M. Zhao, «Electrospun amorphous solid dispersions of poorly water-soluble drugs: A review», *J. Controlled Release*, vol. 292, pagg. 91–110, dic. 2018, doi: 10.1016/j.jconrel.2018.08.016.
- [43] E. Szabó et al., «Continuous downstream processing of milled electrospun fibers to tablets monitored by near-infrared and Raman spectroscopy», *Eur. J. Pharm. Sci.*, vol. 164, pag. 105907, set. 2021, doi: 10.1016/j.ejps.2021.105907.
- [44] P. Vass et al., «Scale-up of electrospinning technology: Applications in the pharmaceutical industry», *WIREs Nanomedicine Nanobiotechnology*, vol. 12, n. 4, pag. e1611, 2020, doi: 10.1002/wnan.1611.
- [45] B. J. Park et al., «Pharmaceutical applications of 3D printing technology: current understanding and future perspectives», *J. Pharm. Investig.*, vol.

- 49, n. 6, pagg. 575–585, nov. 2019, doi: 10.1007/s40005-018-00414-y.
- [46] J. Norman, R. D. Madurawe, C. M. V. Moore, M. A. Khan, e A. Khairuzzaman, «A new chapter in pharmaceutical manufacturing: 3D-printed drug products», *Adv. Drug Deliv. Rev.*, vol. 108, pagg. 39–50, gen. 2017, doi: 10.1016/j.addr.2016.03.001.
- [47] A. Kjar e Y. Huang, «Application of Micro-Scale 3D Printing in Pharmaceutics», *Pharmaceutics*, vol. 11, n. 8, Art. n. 8, ago. 2019, doi: 10.3390/pharmaceutics11080390.
- [48] S. S. Rosa, D. M. F. Prazeres, A. M. Azevedo, e M. P. C. Marques, «mRNA vaccines manufacturing: Challenges and bottlenecks», *Vaccine*, vol. 39, n. 16, pagg. 2190–2200, apr. 2021, doi: 10.1016/j.vaccine.2021.03.038.
- [49] «Reference Document on Best Available Techniques for the Manufacture of Organic Fine Chemicals», ago. 2006.
- [50] H. Warmeling, A. Behr, e A. J. Vorholt, «Jet loop reactors as a versatile reactor set up - Intensifying catalytic reactions: A review», *Chem. Eng. Sci.*, vol. 149, pagg. 229–248, lug. 2016, doi: 10.1016/j.ces.2016.04.032.
- [51] S. Shu, D. Vidal, F. Bertrand, e J. Chaouki, «Multiscale multiphase phenomena in bubble column reactors: A review», *Renew. Energy*, vol. 141, pagg. 613–631, ott. 2019, doi: 10.1016/j.renene.2019.04.020.
- [52] «Best Available Techniques for the Production of Speciality Inorganic Chemicals», ago. 2007.
- [53] R. Timaeus, U. Hampel, e M. Schubert, «Inclined rotating fixed-bed reactor – Experimental characterization and model-based predictions», *Chem. Eng. J.*, vol. 423, pag. 130244, nov. 2021, doi: 10.1016/j.cej.2021.130244.
- [54] Benedetta De Caprariis, Marco Stoller, Angelo Chianese, e Nicola Verdone, «Cfd model of a spinning disk reactor for nanoparticle production», *Chem. Eng. Trans.*, vol. 43, pagg. 757–762, 2015, doi: 10.3303/CET1543127.
- [55] B. W. Lee, K. Yin, K. Splaine, e B. Roesch, «Thin-Film Evaporator Model for Continuous Active Pharmaceutical Ingredient Manufacturing», *Ind. Eng. Chem. Res.*, vol. 59, n. 7, pagg. 3252–3260, feb. 2020, doi: 10.1021/acs.iecr.9b03974.

- [56] J. Britton, S. Majumdar, e G. A. Weiss, «Continuous flow biocatalysis», *Chem. Soc. Rev.*, vol. 47, n. 15, pagg. 5891–5918, lug. 2018, doi: 10.1039/C7CS00906B.
- [57] H. Al-Madhhachi e M. Al-Najideen, «Thermal, environmental, and cost analysis of effective solar portable vaccine refrigerator by COMSOL Multiphysics», *Heat Transf.*, vol. 50, n. 1, pagg. 179–195, 2021, doi: 10.1002/htj.21870.
- [58] N. Bostijn, J. Van Renterghem, B. Vanbillemont, W. Dhondt, C. Vervaet, e T. De Beer, «Continuous manufacturing of a pharmaceutical cream: Investigating continuous powder dispersing and residence time distribution (RTD)», *Eur. J. Pharm. Sci.*, vol. 132, pagg. 106–117, apr. 2019, doi: 10.1016/j.ejps.2019.02.036.
- [59] R. Thakkar et al., «A Comparison Between Lab-Scale and Hot-Melt-Extruder-Based Anti-inflammatory Ointment Manufacturing», *AAPS PharmSciTech*, vol. 21, n. 5, pag. 200, lug. 2020, doi: 10.1208/s12249-020-01738-5.
- [60] N. S. Mendonsa et al., «A quality by design approach to develop topical creams via hot-melt extrusion technology», *Eur. J. Pharm. Sci.*, vol. 136, pag. 104948, ago. 2019, doi: 10.1016/j.ejps.2019.06.002.
- [61] T. N. Yudanova e I. V. Reshetov, «Modern wound dressings: Manufacturing and properties», *Pharm. Chem. J.*, vol. 40, n. 2, pag. 85, feb. 2006, doi: 10.1007/s11094-006-0065-z.
- [62] M. Rostamitabar, A. M. Abdelgawad, S. Jockenhoewel, e S. Ghazanfari, «Drug-Eluting Medical Textiles: From Fiber Production and Textile Fabrication to Drug Loading and Delivery», *Macromol. Biosci.*, vol. 21, n. 7, pag. 2100021, 2021, doi: 10.1002/mabi.202100021.
- [63] P. I. Morgado, A. Aguiar-Ricardo, e I. J. Correia, «Asymmetric membranes as ideal wound dressings: An overview on production methods, structure, properties and performance relationship», *J. Membr. Sci.*, vol. 490, pagg. 139–151, set. 2015, doi: 10.1016/j.memsci.2015.04.064.
- [64] J. Heemer, er M. Alex, e Michael Scheer, «Increasing Central Plant Efficiency via a Water to Water Heat Pump», pag. 9, 2011.

- [65] A. Hasanbeigi, W. Morrow, E. Masanet, J. Sathaye, e T. Xu, «Energy efficiency improvement and CO2 emission reduction opportunities in the cement industry in China», *Energy Policy*, vol. 57, pagg. 287–297, giu. 2013, doi: 10.1016/j.enpol.2013.01.053.
- [66] J. Wadibhasme, S. Zaday, e R. Somalwar, «Review of various methods in improvement in speed, power amp; efficiency of induction motor», in *2017 International Conference on Energy, Communication, Data Analytics and Soft Computing (ICECDS)*, ago. 2017, pagg. 3293–3296. doi: 10.1109/ICECDS.2017.8390068.
- [67] M. Berger, M. Meyer-Grünefeldt, D. Krüger, K. Hennecke, M. Mokhtar, e C. Zahler, «First Year of Operational Experience with a Solar Process Steam system for a Pharmaceutical Company in Jordan», *Energy Procedia*, vol. 91, pagg. 591–600, giu. 2016, doi: 10.1016/j.egypro.2016.06.209.
- [DE] Soluzione proveniente dalle Diagnosi Energetiche.

ENEA



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SALERNO

TOR VERGATA



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI ROMA



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DELLA
TUSCIA



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE,
CHIMICA, AMBIENTALE E DEI MATERIALI



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE



FARMINDUSTRIA

RdS
RICERCA DI SISTEMA

La presente pubblicazione è stata realizzata nell'ambito della Ricerca di Sistema PTR 2019-2021, progetto 1.6 "Efficienza Energetica dei prodotti e dei processi industriali", finanziato dal Ministero dello Sviluppo Economico