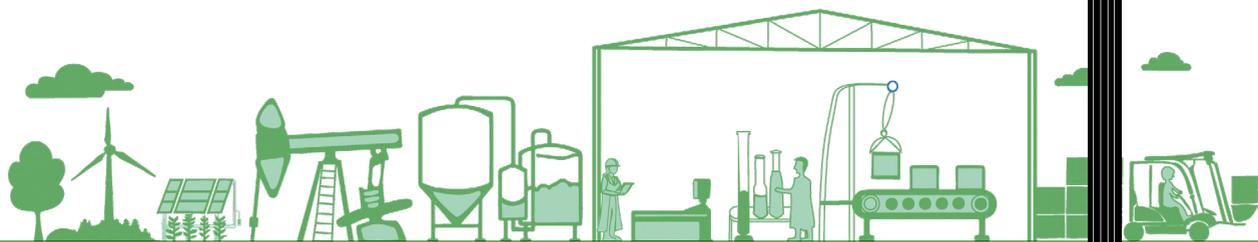


PLASTICA



*Efficienza
Energetica
nei Settori
Economici*



QUADERNI DELL'EFFICIENZA ENERGETICA

AGENZIA NAZIONALE
EFFICIENZA ENERGETICA



ENEA DUEE-SPS-ESE
QUADERNI DELL'EFFICIENZA ENERGETICA

PLASTICA

Prima edizione Ottobre 2024

ISBN Edizione digitale: 978-88-8286-491-0

ISBN Edizione cartacea: 978-88-8286-490-3

Autori

Alessandra De Santis, Chiara Martini, Fabrizio Martini, Marcello Salvio,
Filippo De Carlo, Leonardo Leoni

Resp. Scientifico della Collana *Quaderni Efficienza Energetica*
Fabrizio Martini

Hanno collaborato

Per ENEA:

A. Aquino, M. Bassetti, C. Ferrante, C. Herce, L. Leto,
F.A. Tocchetti, S. Pistacchio, F. Prinszano, C. Toro

Per l'Università degli Studi di Firenze:

A. Cantini, S. Ferraro

Si ringrazia per il prezioso supporto fornito:
Federazione Gomma Plastica UNIONPLAST
Marco Bergaglio, Libero Cantarella



Questa pubblicazione è stata realizzata nell'ambito del Piano Triennale di realizzazione 2022-2024 della Ricerca di Sistema Elettrico Nazionale. Tema di ricerca 1.6 "Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali", finanziato dal Ministero della Transizione Ecologica (ora Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica).

Resp. Scientifico, Miriam Benedetti

Progettazione e realizzazione grafica: Giorgio Scavino
Tipografia: La Commerciale

La presente pubblicazione è rilasciata nei termini della licenza Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode.it>)

Sommario

Premessa	9
Presentazione.....	11
Prefazione UNIONPLAST.....	13
1. Contesto normativo di riferimento	16
1.1 Il quadro internazionale	16
1.2 Il PNIEC	19
1.3 La Direttiva Europea Efficienza Energetica ed il suo recepimento in Italia	21
1.4 La Diagnosi Energetica o Audit Energetico	24
2. Trasformazione della plastica	28
2.1 Il settore della trasformazione della Plastica.....	28
2.2 I processi di trasformazione della plastica.....	29
2.2.1 Stampaggio a iniezione.....	30
2.2.2 Presse a iniezione di tipo oleodinamico o idraulico.....	32
2.2.3 Presse a iniezione di tipo ibrido	32
2.2.4 Presse a iniezione di tipo elettrico	33
2.2.5 Estrusione.....	33
2.2.6 Termoformatura.....	35
2.2.7 Granulazione o Compounding.....	35
2.2.8 Estrusione e Soffiaggio (EBM) e Stiro-Soffiaggio (IBM o ISBM)	36
3. La diagnosi energetica	38
3.1 Redazione del rapporto di diagnosi energetica	38
3.2 Alberatura dei consumi energetici	42
3.3 Struttura energetica	46
3.3.1 Attività Principali.....	46
3.3.2 Servizi Ausiliari	50
3.3.3 Servizi Generali	52
3.4 Indicatori di prestazione energetica	53

3.5	Il piano di monitoraggio dei consumi energetici.....	57
3.5.1	Modalità di misurazione	57
3.5.2	Fasi per la progettazione di un piano di monitoraggio	58
3.5.3	Esempio pratico e verifica percentuale copertura dei consumi.....	60
3.6	Identificazione delle opportunità di risparmio energetico	65
4.	Analisi dei consumi energetici	70
4.1	Campione analizzato	70
4.2	Distribuzione dei consumi energetici nel settore della plastica.....	72
4.3	Indici di Prestazione Energetica (IPE).....	76
4.4.	IPE per lo Stampaggio a iniezione.....	77
4.4.1	IPE specifico presse a iniezione idrauliche senza inverter	77
4.4.2	IPE specifico presse a iniezione idrauliche con inverter.....	78
4.4.3	Confronto tra presse idrauliche senza e con inverter	78
4.4.4	IPE specifico presse a iniezione ibride.....	79
4.4.5	IPE specifico presse ad iniezione elettriche	79
4.4.6	Confronto IPE tra le 4 tipologie di presse a iniezione.....	80
4.5	IPE specifico Estrusione.....	80
4.5.1	IPE specifico Estrusione “film cast”	81
4.5.2	IPE specifico Estrusione “film bolla”	81
4.5.3	Confronto IPE specifico Estrusione “film cast” e “film bolla”	82
4.5.4	IPE specifico Estrusione tubi	82
4.5.5	IPE specifico Estrusione lastre	82
4.5.6	IPE specifico Estrusione profilati	83
4.5.7	Confronto IPE specifico Estrusione tubi, lastre e profilati.....	83
4.6	IPE per la Termoformatura	84
4.6.1	IPE specifico Termoformatura separata da Estrusione.....	84
4.6.2	IPE specifico Estrusione e Termoformatura in unico macchinario (Termoformatura “IN”)	84
4.6.3	Confronto IPE specifico medio tra Termoformatura separata da Estrusione e Termoformatura “IN”	85
4.7	IPE processo di Granulazione o <i>Compounding</i>	86
4.7.1	IPE processo di Granulazione o <i>Compounding</i> da materia prima vergine.....	86

4.7.2	IPE processo di Granulazione o <i>Compounding</i> da scarti di lavorazione o rifiuti da RD.....	87
4.7.3	Confronto IPE medio tra Granulazione da materia prima vergine o da scarti lavorazione e/o rifiuti da RD	87
4.8	IPE specifico processo di Estrusione-Soffiaggio (EBM).....	88
4.9	IPE specifico processo di Soffiaggio o Stiro-soffiaggio di preforme (IBM o ISBM).....	89
4.10	IPE Produzione di aria compressa	89
4.11	Emissioni di CO ₂ del settore della plastica	90
5.	Opportunità di efficientamento energetico	92
5.1	Le Macroaree di intervento	92
5.1.1	Autoproduzione energetica e Fonti rinnovabili.....	93
5.1.2	Attività principali	93
5.1.2.1	Estrusione e Trafilatura	94
5.1.2.2	Stampaggio	95
5.1.2.3	Soffiaggio o Stiro-soffiaggio	96
5.1.2.4	Termoformatura	97
5.1.3	Servizi Ausiliari.....	97
5.1.4	Servizi Generali.....	102
6.	Analisi degli interventi	104
6.1	Metodologia di analisi	104
6.2	Principali risultati per il settore plastica	110
6.2.1	Interventi effettuati.....	115
6.2.2	Interventi individuati.....	120
7.	Bibliografia	130

Premessa

Il presente lavoro è stato svolto all'interno dell'attività di ricerca finanziata con il "**Piano della Ricerca di Sistema Elettrico per il triennio 2022-2024**"¹ e regolamentata attraverso l'Accordo di Programma tra MASE 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 dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica e degli 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 è parte integrante del **Work Package 3 del Progetto di ricerca 1.6**. "*Efficienza energetica nei settori produttivi con focus sulle PMI: indici di prestazione energetica, analisi degli interventi, studio di best practices e strumenti di self-assessment, valutazione degli interventi di efficientamento energetico con focus specifici sul comparto delle PMI*" e ha lo scopo sia di valorizzare la banca dati costituita dalle diagnosi energetiche pervenute ad ENEA ai sensi dell'articolo 8 del D.Lgs. 102/2014 che fornire una serie di strumenti utili alle imprese per avviare un percorso virtuoso legato al miglioramento delle performance energetiche.

In particolare, questa pubblicazione fa parte di una collana settoriale denominata "Quaderni dell'Efficienza Energetica" ed ha lo scopo di guidare il professionista o il responsabile energia di un'azienda nella stesura di una diagnosi energetica di qualità e conforme a quanto previsto dall'allegato 2 del D.Lgs.102/2014.

Il WP3 del Progetto di ricerca 1.6. si colloca all'interno di un contesto più ampio individuato dal Progetto di ricerca 1.6 "*Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali*" il cui obiettivo generale è quello di sviluppare metodi, strumenti e soluzioni per rafforzare la leadership industriale, l'autonomia e

1 <http://www.ricercadisistema.it>



la resilienza in catene di valore strategiche e in aree di potenziali alleanze industriali, avvicinandole sempre più al paradigma di ecosistemi dinamici di innovazione, nonché per la promozione e diffusione delle tecnologie ad alta efficienza energetica.

Presentazione

Con la Direttiva UE 2023/1791 sull'efficienza energetica, viene rimarcato il ruolo prioritario dell'efficienza energetica per tutti i settori e la necessità di rimuovere gli ostacoli presenti sul mercato dell'energia agendo su quei fattori che frenano l'efficienza a livello di forniture, trasmissione, stoccaggio e uso dell'energia. La nuova Direttiva, che verrà recepita in Italia entro il 2025, costituisce un importante aggiornamento della precedente 2012/27/UE recepita in Italia nel luglio 2014 con il Decreto Legislativo 102/2014 che, tra le altre cose, ha introdotto all'Art.8 l'obbligo di effettuare una diagnosi energetica, a partire dal dicembre 2015 e successivamente ogni quattro anni, per una parte importante del sistema produttivo italiano, ovvero le grandi imprese e le imprese a forte consumo di energia elettrica iscritte agli elenchi della CSEA. In tal modo, il decreto ha recepito l'indirizzo e lo spirito della Direttiva 2012/27/UE sull'Efficienza Energetica, confermato anche nella Direttiva 2023/1791, individuando 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 che economico.

In tale contesto il decreto ha assegnato ad ENEA il ruolo di gestore del meccanismo delle diagnosi energetiche obbligatorie e di supporto al Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, 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 sono state caricate sul portale ENEA dedicato - Audit 102 - circa 40.000 diagnosi energetiche. Le numerose informazioni e i dati presenti nelle diagnosi sono state valorizzate da ENEA con il fine di restituire agli stakeholder (imprese, EGE, ESCo) utili riferimenti in termini di: consumi specifici e indicatori di prestazione energetica, buone pratiche settoriali, opportunità di miglioramento, analisi economica degli interventi di efficienza energetica, analisi di scenario etc..

L'attività di analisi dei dati delle diagnosi energetiche è stata svolta all'interno del programma di Ricerca di Sistema Elettrico, programma di ricerca finanziato dal Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica. In particolare, nel triennio 2019-2021, ENEA ha analizzato tutti i settori merceologici afferenti al settore industriale manifatturiero individuando indici di riferimento per i consumi energetici e le principali buone pratiche. Inoltre, alcuni di questi

settori sono stati analizzati con maggiore approfondimento, andando ad individuare, dove possibile, sia indici specifici di consumo per le diverse fasi del processo produttivo, che i principali interventi di efficientamento energetico per ciascuna di queste fasi.

Questa attività ha quindi permesso la pubblicazione di una collana di monografie settoriali, "Quaderni dell'Efficienza Energetica", che nel triennio 2019-2021 hanno riguardato 5 settori industriali: Vetro, Cemento, Fonderie, Incenerimento, Farmaceutico.

In questo triennio 2022-2024 del Piano della Ricerca di Sistema elettrico, vista la centralità del tema e il riscontro positivo con gli stakeholder, la collana dei "Quaderni dell'Efficienza Energetica" è stata ampliata andando a coprire ulteriori settori economici industriali ed estendendo l'attività anche ai settori economici del Terziario.

Nella realizzazione delle monografie oltre al supporto dei partner Universitari del progetto, è stato fondamentale quello fornito dalle associazioni di categoria settoriali e, più in generale, quello di tutti gli stakeholder interessati.

In particolare, per la presente monografia focalizzata sul settore industriale della trasformazione della plastica, voglio rivolgere un ringraziamento alla Federazione Gomma Plastica UNIONPLAST ed a tutti gli stakeholder per i numerosi spunti forniti, per l'attenzione ed il supporto che hanno rivolto in questa attività.

di Ilaria Bertini

Direttore Dipartimento Unità Efficienza Energetica Enea

Prefazione UNIONPLAST

L'industria di trasformazione delle materie plastiche rappresenta nel quadro del manifatturiero italiano un esempio di trasversalità che trova la sua più concreta giustificazione nella prima caratteristica della plastica, che è la sua capacità di trasformarsi in una serie innumerevole di applicazioni che possono dare risposte a bisogni di ogni genere.

Le imprese trasformatrici di plastica, infatti, sono in grado di produrre componenti per qualsivoglia settore: l'automotive, l'agricoltura, l'edilizia, l'arredo urbano, il casalingo e il giocattolo ed ancora molti settori, per finire in quello che è il più trasversale di tutti: il settore di produzione degli imballaggi, che conferisce ad ogni altro settore utilizzatore la capacità di arrivare al mercato nazionale ed estero con le migliori performances, nel rispetto e per la salvaguardia del prodotto imballato.

Tutto questo, rimanendo un materiale in grado di coniugare la sostenibilità ambientale con quella economica e sociale. Difatti la sostenibilità rappresenta uno dei pilastri dell'economia moderna dal quale certamente non è più possibile prescindere.

Occorre pertanto che le imprese intraprendano un personale percorso di transizione ecologica che è ambientale, ma anche energetica. Il mondo della trasformazione delle plastiche, energivoro, deve adoperarsi per il necessario efficientamento energetico e l'utilizzo di fonti di energia a minore impatto devono assumere un ruolo centrale nelle strategie di business da sviluppare per raggiungere gli obiettivi di decarbonizzazione fissati dal Green Deal europeo.

Le forti tensioni geopolitiche degli ultimi anni, con le conseguenti ripercussioni sui prezzi dell'energia, hanno accelerato l'urgenza di questa evoluzione verso macchinari full-electric a minor consumo, verso impianti di raffreddamento ad elevato COP, accompagnati da una integrazione di autoproduzione di parte dei vettori energetici termo-elettrici, mediante impianti di trigenerazione ad alto rendimento e impianti fotovoltaici

In quest'ottica, la collaborazione con Enea, dopo un lavoro già intrapreso qualche anno fa, si conclude con questo Quaderno nel quale, fornendo un'approfondita analisi delle diagnosi energetiche realizzate sui trasformatori



di materie plastiche, si crea un ulteriore e fondamentale strumento di supporto, a disposizione delle imprese, per analizzare con ancora più attenzione i propri consumi energetici e individuare possibili ulteriori percorsi di miglioramento in ottica di razionalizzazione energetica.

Marco Bergaglio

Presidente UNIONPLAST

1. Contesto normativo di riferimento

1.1 Il quadro internazionale

Nel settembre 2015, in occasione dell'Assemblea generale delle Nazioni Unite, i governi di 193 paesi membri delle Nazioni Unite hanno sottoscritto l'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile [1,2] e i suoi 17 Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (OSS) (Figura 1.1 – Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile individuati nella risoluzione ONU del 25 settembre 2015.) [1,3].



Figura 1.1 – Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile individuati nella risoluzione ONU del 25 settembre 2015.

L'agenda 2030 costituisce una solida base comune per affrontare le sfide globali in modo integrato, promuovendo azioni coordinate a livello mondiale. Il programma d'azione riflette la consapevolezza che la sostenibilità non può prescindere da un approccio olistico, considerando la connessione tra gli aspetti ambientali, sociali ed economici dello sviluppo. L'agenda 2030, insieme all'accordo di Parigi sui cambiamenti climatici, costituisce una tabella di marcia cruciale per il quadro globale di cooperazione internazionale in materia di sviluppo sostenibile e relative dimensioni economiche, sociali, ambientali e di governance. [7]

All'interno di questo contesto internazionale l'Europa fin da subito ha avviato una serie di azioni atte a perseguire gli obiettivi per uno sviluppo più sostenibile. Già con il regolamento (UE) 2018/1999 [4], l'Unione Europea ha imposto agli Stati membri di proporre obiettivi energetici nazionali e definire piani nazionali decennali per l'energia e il clima (PNEC) per il periodo 2021-2030. Il 2019, invece, segna l'avvio del "Green Deal europeo" [5], cioè di un pacchetto di

iniziative strategiche che mirano ad avviare l'UE sulla strada di una **transizione verde** con l'obiettivo ultimo di raggiungere la **neutralità climatica entro il 2050** e sostenere la trasformazione dell'UE in una società equa e prospera con un'economia moderna e competitiva. Il pacchetto comprende iniziative riguardanti clima, ambiente, energia, trasporti, industria, agricoltura e finanza sostenibile, tutti settori fortemente interconnessi [5]. All'interno del percorso tracciato dal varo del "Green Deal Europeo", nel 2021, si arriva all'introduzione della normativa europea sul Clima prodromica al successivo "Pronti per il 55%". Tale normativa ha reso un obbligo giuridico la riduzione delle emissioni serra Europee di almeno il 55% entro il 2030.

Il pacchetto "Pronti per il 55%" è un insieme di proposte volte a rivedere e aggiornare le normative dell'UE e ad attuare nuove iniziative al fine di garantire che le politiche dell'UE siano in linea con gli obiettivi climatici concordati dal Consiglio e dal Parlamento europeo per il raggiungimento della neutralità climatica [6,7].

Il pacchetto di proposte riguarda:

- I. *Sistema di scambio di quote di emissione dell'UE* [8];
- II. *Fondo sociale per il clima* [9];
- III. *Meccanismo di adeguamento del carbonio alle frontiere* [10];
- IV. *Obiettivi di riduzione delle emissioni degli Stati membri* [11];
- V. *Emissioni e assorbimenti risultanti da attività connesse all'uso del suolo, ai cambiamenti di uso del suolo e alla silvicoltura* [12];
- VI. *Norme sulle emissioni di CO₂ per autovetture e furgoni* [13];
- VII. *Ridurre le emissioni di metano nel settore dell'energia* [14];
- VIII. *Carburanti sostenibili per l'aviazione* [15];
- IX. *Combustibili decarbonizzati nel trasporto marittimo* [15];
- X. *Infrastruttura per combustibili alternativi* [16];
- XI. *Energia rinnovabile* [17];
- XII. *Efficienza Energetica* [18];
- XIII. *Prestazione energetica degli edifici* [19];
- XIV. *Pacchetto sul mercato dell'idrogeno e del gas decarbonizzato* [20];
- XV. *Tassazione dell'energia* [21].

In *Figura 1.2* sono riportati gli strumenti ed i regolamenti che sono stati o che saranno prodotti/aggiornati per il raggiungimento degli obiettivi e attuazione delle proposte del pacchetto "Pronti per il 55%".

1.2 II PNIEC

Il regolamento (UE) 2018/1999 [4], impone agli Stati membri di proporre obiettivi energetici nazionali e definire piani nazionali decennali per l'energia e il clima (PNEC) per il periodo 2021-2030.

Nel giugno 2023 Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica ha inviato alla Commissione europea la proposta di aggiornamento del PNIEC, Piano Nazionale Integrato Energia e Clima [28,29]. La proposta di Piano, ora al vaglio degli organismi comunitari, sarà oggetto nei prossimi mesi di confronto con il Parlamento e le Regioni, oltre che del procedimento di Valutazione Ambientale Strategica. L'approvazione del testo definitivo dovrà concludersi entro giugno 2024.

Il PNIEC italiano fissa gli obiettivi nazionali al 2030 su Efficienza Energetica, fonti rinnovabili e riduzione delle emissioni di CO₂, come anche quelli in tema di sicurezza energetica, interconnessioni, mercato unico dell'energia e competitività, sviluppo e mobilità sostenibile. Il percorso tracciato dal PNIEC permetterà al 2030 di raggiungere quasi tutti i target comunitari su ambiente e clima, superando in alcuni casi gli obiettivi prefissi.

La struttura del PNIEC si basa sui 5 pilastri individuati nella strategia dell'Unione dell'Energia [30] (Figura 1.3):

- ▷ Dimensione della decarbonizzazione.
- ▷ Dimensione dell'Efficienza Energetica.
- ▷ Dimensione della sicurezza energetica.
- ▷ Dimensione del mercato interno dell'energia.
- ▷ Dimensione della ricerca, dell'innovazione e della competitività.



Figura 1.3 – Le 5 dimensioni dell'Unione dell'Energia.

Tabella 1.1 - Principali indicatori di scenario e obiettivi nazionali su energia e clima al 2030 [fonte PNIEC2023 [29]].

	u.m.	Dato rilevato	Scenario di riferimento	Scenario di policy 1	Obiettivi FF55 REPowerEU
		2021	2030	2030	2030
Emissioni e assorbimenti di gas serra					
Riduzione dei GHG vs 2005 per tutti gli impianti vincolati dalla normativa ETS	%	-47%	-55%	-62%	-62% ²
Riduzione dei GHG vs 2005 per tutti i settori non ETS	%	-17%	-28,6%	-35,3% / -37,1%	-43,7% ^{3,4}
Assorbimenti di CO ₂ LULUCF	MtCO ₂ -2eq	-27,5	-34,9	-34,9	-35,8 ³
Energie rinnovabili					
Quota di energia da FER nei consumi finali lordi	%	19%	27%	40%	38,4% - 39%
Quota di energia da FER nei consumi finali lordi di energia nei trasporti	%	8%	13%	31%	29% ⁵
Quota di energia da FER nei consumi finali lordi per riscaldamento e raffreddamento	%	20%	27%	37%	29,6% ³ - 39,1%
Quota di energia da FER nei consumi finali del settore elettrico	%	36%	49%	65%	non previsto
Quota di idrogeno da FER rispetto al totale dell'idrogeno usato nell'industria	%	0%	3%	42%	42% ³
Efficienza Energetica					
Consumi di energia primaria	Mtep	145	130	122	112,2 (115 con flessibilità +2,5%)
Consumi di energia finale	Mtep	113	109	100	92,1 (94,4 con flessibilità +2,5%)
Risparmi annui nei consumi finali tramite regimi obbligatori di Efficienza Energetica	Mtep	1,4		73,4	73,4 ³

1. Scenario costruito considerando le misure previste a giugno 2023, sarà aggiornato con la sottomissione del piano definitivo entro giugno 2024
2. Vincolante solo per le emissioni complessive a livello di Unione europea
3. Vincolante
4. Vincolante non solo il 2030 ma tutto il percorso dal 2021 al 2030
5. Vincolante per gli operatori economici

A titolo illustrativo, nella *Tabella 1.1* [29] sono riportati i principali obiettivi al 2030 su emissioni e assorbimenti di gas serra, fonti energetiche rinnovabili (FER) ed Efficienza Energetica del Piano presentato. La tabella, prodotta per fornire una base analitica al Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima, riporta due elaborazioni differenti:

- I. la prima con uno *scenario di riferimento*, che descrive l'evoluzione del sistema energetico con politiche e misure correnti;
- II. la seconda con uno *scenario di policy*, che considera gli effetti sia delle misure ad oggi già programmate che di quelle ancora in via di definizione nel percorso verso gli obiettivi strategici al 2030.

Per il raggiungimento degli obiettivi del PNIEC è stata prevista un'ampia gamma di misure in parte già vigenti ed in parte programmate per i prossimi anni. Le misure andranno ad incidere su tutte e cinque le dimensioni previste dall'Unione dell'Energia.

1.3 La Direttiva Europea Efficienza Energetica ed il suo recepimento in Italia [31]

Nel dicembre 2012 l'entrata in vigore della Direttiva sull'Efficienza Energetica (direttiva 2012/27/UE,[32]) ha imposto agli Stati membri di definire obiettivi nazionali indicativi di Efficienza Energetica al fine di garantire all'Unione il raggiungimento dell'obiettivo di riduzione del consumo energetico del 20% entro il 2020. Inoltre, la direttiva ha introdotto anche una serie di misure obbligatorie, stabilito norme giuridicamente vincolanti per gli utenti finali e i fornitori di energia ed ha imposto agli Stati membri l'obbligo di pubblicare i loro piani d'azione nazionali per l'Efficienza Energetica ogni tre anni.

Il 19 luglio 2014 con il D.Lgs.102/2014 [33], la direttiva 2012/27/UE, è stata recepita in Italia. All'articolo 1 sono definite le finalità:

- ▷ definire un quadro di misure per la promozione e il miglioramento dell'Efficienza Energetica che concorrono al conseguimento dell'obiettivo nazionale di risparmio energetico (art. 3);
- ▷ dettare norme finalizzate a rimuovere gli ostacoli sul mercato dell'energia e a superare le carenze del mercato che frenano l'efficienza nella fornitura e negli usi finali dell'energia.

Tra i vari provvedimenti previsti per il raggiungimento degli obiettivi di risparmio energetico vi sono:

- ▷ la promozione dell'Efficienza Energetica negli edifici (art.4);
- ▷ gli obiettivi per il miglioramento della prestazione energetica degli immobili della Pubblica Amministrazione (art. 5);
- ▷ il richiamo verso il rispetto dei requisiti minimi di Efficienza Energetica negli acquisti delle Pubbliche amministrazioni centrali (art. 6);
- ▷ gli strumenti per il rispetto del regime obbligatorio di Efficienza Energetica (art. 7);
- ▷ l'obbligo per le grandi imprese e le imprese energivore di implementazione periodica di una Diagnosi Energetica o di un Sistema di Gestione dell'Energia e l'introduzione dell'obbligo di certificazione per i professionisti o le ESCO abilitati allo svolgimento degli audit energetici (art. 8);
- ▷ la definizione di norme più stringenti per la misurazione e fatturazione dei consumi energetici (art. 9).

Nel novembre 2018, nell'ambito del pacchetto "*Energia pulita per tutti gli europei*" [34], la Commissione ha revisionato la direttiva sull'Efficienza Energetica (direttiva (UE) 2018/2002, [35]), portando gli obiettivi di riduzione del consumo di energia primaria e finale dell'UE al 32,5 % entro il 2030, rispetto alle previsioni di consumo energetico per il 2030 formulate nel 2007. La direttiva ha inoltre imposto agli Stati membri di mettere a punto misure volte a ridurre il loro consumo annuo di energia in media del 4,4 % entro il 2030.

Il 29 luglio 2020 con il D.Lgs. 73/2020 [36] la revisione della Direttiva Efficienza Energetica (direttiva (UE) 2018/2002, [35]) è stata recepita dall'Italia. Rispetto al precedente D.Lgs. 102/2014 [33] le principali novità contenute nel decreto hanno riguardato:

- ▷ l'estensione dell'obbligo di risparmio energetico al periodo dal 1° gennaio 2021 al 31 dicembre 2030;
- ▷ l'introduzione di sanzioni in caso di inadempimento ad eseguire le diagnosi energetiche e in caso di mancata attuazione di almeno uno degli interventi di efficienza individuati dalle diagnosi stesse per le imprese a forte consumo di energia iscritte agli elenchi definitivi della CSEA (Cassa per i Servizi Energetici e Ambientali);
- ▷ regolamenti più stringenti in merito all'obbligo di installazione di sistemi di termoregolazione e contabilizzazione del calore;
- ▷ requisiti minimi in materia di informazioni: fatturazione e consumo per il raffrescamento, il riscaldamento e consumo di acqua calda sanitaria;

- ▷ l'esenzione dall'obbligo di diagnosi energetica per tutte le grandi imprese aventi consumi complessivi, per partita IVA, inferiori a 50 TEP.

Il 13 settembre 2023 è stata approvata la Nuova Direttiva sull'Efficienza Energetica (direttiva (UE) 2023/1791, [37]), che si basa sul principio di "Efficienza Energetica al primo posto" e ha stabilito, come obiettivo di Efficienza Energetica dell'UE per il 2030, una riduzione dell'11,7 % del consumo di energia primaria (indicativa) e finale dell'UE rispetto alle proiezioni per il 2020. Il principio di "Efficienza Energetica al primo posto" introduce l'obbligo ai paesi dell'UE di garantire che le soluzioni di Efficienza Energetica siano prese in considerazione nelle decisioni di pianificazione, politica e investimento sia nel settore energetico sia in quello non energetico, obbligando di fatto gli stati membri a rivedere i propri piani nazionali (PNIEC). Sarà quindi compito della Commissione Europea monitorare le azioni nazionali ai fini del raggiungimento dell'obiettivo totale dell'11,7% e, qualora i contributi nazionali risultino inferiori, apportare correzioni. Nelle valutazioni finali, i principali indicatori indicati nella Direttiva sono 4:

- ▷ intensità energetica;
- ▷ PIL pro capite;
- ▷ sviluppo energie rinnovabili;
- ▷ potenziale risparmio energetico.

Importanti modifiche hanno riguardato anche l'articolo relativo ai Sistemi di Gestione dell'Energia e gli Audit Energetici (ex art.8 D.Lgs. 102/2014, art. 11 nella nuova direttiva). Nel *Box dedicato* (pag 25) sono riportate le principali novità.

La nuova direttiva dovrà essere recepita in Italia entro l'ottobre 2025.



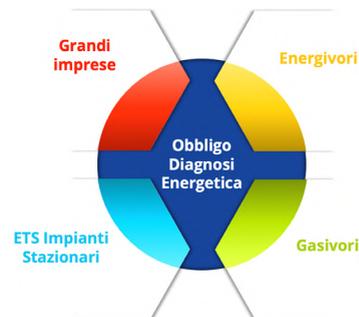
1.4 La Diagnosi Energetica o Audit Energetico

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.[35]

Nel luglio 2014 con il D. Lgs. 102/2014 [33], recepimento in Italia della Direttiva Europea Efficienza Energetica 2012/27/UE [32], ed in particolare con l'articolo 8 viene introdotto l'obbligo per le Grandi Imprese¹ e le Imprese a forte consumo di energia² di redigere una diagnosi energetiche obbligatoria presso i propri siti produttivi a partire dal 5 dicembre 2015 e, con cadenza quadriennale, ad inviarla ad ENEA tramite il caricamento della documentazione sul portale ENEA Audit102. La diagnosi energetica è diventata, ad oggi, uno strumento imprescindibile nello sviluppo e implementazione di azioni e politiche di efficientamento dei consumi, dei costi e dell'impatto energetico.

L'obbligo di redazione di una diagnosi energetica ai sensi della direttiva 2012/27/UE [32] (o suo recepimento con il D.Lgs.102/2014 [33]) è stato anche introdotto o proposto come prerequisito per l'accesso a "sistemi incentivanti", tra questi a livello nazionale vi sono:

- ▷ il DL 131 del settembre 2023 (articolo 3) come prerequisito per accedere alle agevolazioni per le aziende energivore [40,41,42];
- ▷ il DM 541 del 21 dicembre 2021 come prerequisito per accedere alle agevolazioni per le aziende gasivore [43];
- ▷ la revisione della direttiva 2003/87/CE [44,45] per l'ottenimento delle quote gratuite nell'ambito del meccanismo ETS per gli impianti stazionari [46].



1 Ai sensi dell'art. 2 dei Chiarimenti MISE del novembre 2016 [38] per Grandi Imprese si intendono quelle che negli anni n-2 ed n-1 rispetto all'anno n-simo di obbligo risultano avere contemporaneamente:

- un numero di addetti maggiore di 250;
- un fatturato annuo maggiore di 50 mln di Euro o/e un bilancio annuo maggiore di 43 Mln Euro.

2 Vengono classificate come Imprese a forte consumo di energia ("energivore") le imprese iscritte nel registro CSEA (Cassa per i servizi energetici e ambientali) che hanno fruito nell'anno n-1 delle agevolazioni secondo il DM 21/12/2017 [39].

Principali novità e differenze tra la Direttiva 27/2012 (art. 8) e la Direttiva 1791/2023 (art. 11) in merito agli Audit Energetici ed i Sistemi di Gestione dell'Energia

Direttiva 27/2012

Art. 8 – Audit energetici e
Sistemi di gestione dell'energia

Direttiva 1791/2023

Art. 11 – Sistemi di gestione
dell'energia e audit energetici

Nome dell'articolo:

già nel nome dell'articolo si marca una differenza tra le due direttive, infatti, in quella del 2012 l'obiettivo era quello di spingere le imprese verso una maggiore conoscenza dei propri consumi energetici, da perseguire attraverso la realizzazione di un audit energetico, nel 2023 si chiede un passo ulteriore, cioè, andare verso un pieno controllo e gestione dei consumi energetici attraverso l'implementazione di su un Sistema di Gestione dell'Energia (SGE).

Comma 4. Gli Stati

membri garantiscono che *le imprese che non sono PMI* siano soggette a un audit energetico (...)

Comma 6. Le imprese che non sono PMI e che attuano un sistema di gestione dell'energia o ambientale — certificato da un organismo indipendente secondo le pertinenti norme europee o internazionali — sono esentate dai requisiti di cui al paragrafo 4 (...)

Comma 1. Gli Stati

membri provvedono affinché le imprese con un consumo annuo medio di energia superiore a 85 TJ nei tre anni precedenti, considerati tutti i vettori energetici, attuino un sistema di gestione dell'energia.

Comma 2. Gli Stati membri provvedono affinché le imprese con un consumo annuo medio di energia superiore a 10 TJ nei tre anni precedenti, considerati tutti i vettori energetici, che non attuano un sistema di gestione dell'energia siano oggetto di un audit energetico.

Soggetti Obbligati:

in merito ai soggetti obbligati la nuova direttiva introduce una novità sostanziale, infatti, nella direttiva del 2012 l'obbligo è rivolto alle grandi imprese quindi basandosi su parametri dimensionali/finanziari, la nuova direttiva, invece, basa l'accento e quindi l'obbligo su parametri energetici, andando a individuare due categorie di imprese: quelle con consumi superiori agli 85 TJ, obbligate ad implementare un Sistema di Gestione dell'Energia e quelle con consumi compresi tra i 10 e gli 85 TJ obbligate ad effettuare un diagnosi energetica (a meno che non abbiano un SGE).

Segue Comma 2.

Le imprese interessate elaborano un piano d'azione concreto e fattibile sulla base delle raccomandazioni risultanti da tali audit energetici. Il piano d'azione individua misure per attuare ciascuna raccomandazione risultante dagli audit, laddove ciò sia fattibile dal punto di vista tecnico o economico. Il piano d'azione è trasmesso agli amministratori dell'impresa. Gli Stati membri provvedono affinché i piani d'azione e il tasso di attuazione delle raccomandazioni siano pubblicati nella relazione annuale dell'impresa e che siano resi pubblici conformemente al diritto dell'Unione e nazionale a tutela dei segreti commerciali e aziendali e della riservatezza.

Ulteriori novità per i soggetti obbligati Comma 2:

sempre nel comma 2 della nuova direttiva (soggetti obbligati all'audit energetico) viene introdotto l'obbligo di elaborare, contestualmente all'audit energetico, un piano di azione per l'implementazione delle opportunità di efficientamento energetico evidenziate dall'audit che dovrà essere inserito insieme al tasso di attuazione all'interno delle relazioni annuali dell'impresa.

Comma 4. Gli Stati membri possono incoraggiare le imprese di cui ai paragrafi 1 e 2 a fornire, nella loro relazione annuale, informazioni relative al consumo annuo di energia in kWh, al volume annuo di acqua consumata, espresso in metri cubi, come anche un confronto del consumo di energia e acqua rispetto agli anni precedenti.

Comma 10. Le imprese che hanno sottoscritto un contratto di rendimento energetico sono esentate dagli obblighi stabiliti ai commi 1 e 2 del presente articolo a condizione che il contratto di rendimento energetico includa i necessari elementi del sistema di gestione dell'energia e che il contratto rispetti i requisiti fissati all'allegato XV della direttiva. **Comma 2.** Gli Stati membri provvedono affinché le imprese con un consumo annuo medio di energia superiore a 10 Tj nei tre anni precedenti, considerati tutti i vettori energetici, che non attuano un sistema di gestione dell'energia siano oggetto di un audit energetico.

Raccomandazioni per gli stati membri e per i soggetti obbligati:

tra le novità introdotte dalla direttiva vi è quella legata ad una maggiore sensibilizzazione, oltre che per i consumi energetici, verso i consumi di acqua, nonché l'esenzione dall'obbligo di diagnosi per tutte quelle imprese dotate di un contratto di rendimento energetico.

2. Trasformazione della plastica

2.1 Il settore della trasformazione della Plastica

Le aziende italiane del comparto di produzione di articoli in plastica, rivestono un ruolo fondamentale per il sistema paese, infatti, nel 2023 le 10.100 aziende occupano più di 150.000 addetti con un fatturato superiore ai 30 miliardi di euro e un export pari a 14,8 miliardi di euro. In *Tabella 2.1* sono riportati, per il periodo 2020 - 2023 i dati del totale del comparto relativo alla produzione di articoli in materie plastiche.

	2020	2021	2022	2023
Aziende	10.500	10.350	10.300	10.100
Fatturato [miliardi di €]	28,50	33,70	34,20	30,70
Export [miliardi di €]	11,90	14,00	16,10	14,80
Export/ Fatturato	41,80%	41,50%	46,90%	48,20%

*Tabella 2.1 - Totale comparto produzione articoli in materie plastiche
[Fonte: Plastic Consult, Unionplast, ISTAT, Database camerali].*

Relativamente all'utilizzo di polimeri termoplastici vergini nell'industria termoplastica, nel 2023, questi sono ammontanti a circa 5,03 milioni di tonnellate, con una flessione del 6% rispetto all'anno precedente.

Come si evince dalla Figura 2.1, le resine Poliolefine (Polietilene e Polipropilene), con il 61%, coprono la stragrande maggioranza dell'utilizzo di materie plastiche, seguiti da Polietilentereftalato (PET) e Polivinilcloruro (PVC) con l'11% circa ciascuno e dalle resine stireniche (Polistirene e Polistirene espanso), con circa il 7%, mentre tutte le altre famiglie di polimeri termoplastici, coprono il restante 10% circa.

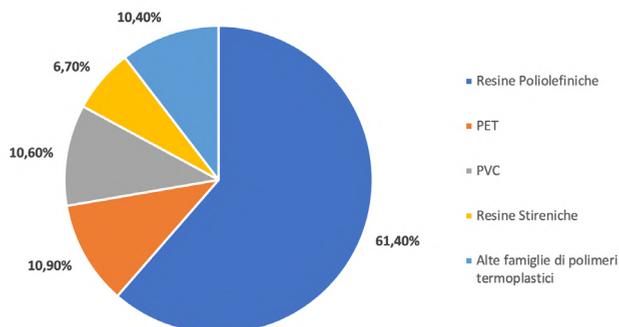


Figura 2.1 - Distribuzione % dell'utilizzo di polimeri termoplastici in Italia nel 2023.

In *Tabella 2.2* sono riportate le applicazioni dei principali polimeri termoplastici.

Tipologia di polimero	Applicazioni
Polietilene (PE)	Cavi elettrici, film per agricoltura, borse e buste di plastica, contenitori, tubazioni, strato interno di contenitori asettici per liquidi alimentari.
Polipropilene (PP)	Zerbini, scolapasta, cruscotti e paraurti per autoveicoli, tappi ed etichette, dele bottiglie di plastica, reti antigrandine, custodie dei CD, capsule del caffè, bicchieri di plastica per caffè.
Poietilentereftalato (PET)	Bottiglie, film, tubi, etichette, contenitori per alimenti e non, indumenti, vele per imbarcazioni, corde.
Polivinilcloruro (PVC)	Spalmatura dei tessuti, superfici, serbatoi, valvole, rubinetti, vasche, fibre tessili, tubi per edilizia, cavi elettrici, profili per finestre, pavimenti vinilici, pellicole, per imballaggi.
Polistirene (PS) e Polistirene espanso (EPS)	Posate e piatti di plastica, involucri per uova, barattoli per yogurt, contenitori per CD, portatarghe, piastre di Petri, provette e micropiastre, lastre trasparenti, imballaggi, isolanti per l'edilizia.
Poliammidi (PA)	Fibre, adesivi, sigillanti, Nylon

Tabella 2.2: Applicazioni dei principali polimeri termoplastici
 [Fonte: "La plastica in Italia", Ecco, 2022].

È da rimarcare che l'Italia detiene il record europeo per il riciclaggio di materie plastiche, e nel 2022, la quantità di plastica da riciclo utilizzata è stata di circa 1,3 milioni di tonnellate, pari al 22% del totale, e questo ha consentito all'Italia di realizzare da sola più del 10% dell'obiettivo europeo di utilizzo di plastica da riciclo previsto per il 2025 e pari a 1 milione di tonnellate.

2.2 I processi di trasformazione della plastica

I principali processi di trasformazione della materia plastica individuati nel presente studio sono:

- ▷ Stampaggio a iniezione.
- ▷ Estrusione.
- ▷ Termoformatura.
- ▷ Granulazione o *Compounding*.
- ▷ Estrusione-Soffiaggio (EBM).
- ▷ Soffiaggio o Stiro-soffiaggio di preforme (IBM o ISBM).

2.2.1 Stampaggio a iniezione

Lo Stampaggio a iniezione viene effettuato tramite un macchinario detto "pressa ad iniezione" che è costituito da un "gruppo iniezione" collegato a un "gruppo chiusura".

Il gruppo di iniezione è composto da:

- ▷ tramoggia, posta in cima alla macchina, dove il materiale viene uniformato ed eventualmente miscelato con altri materiali, additivi o coloranti (detti *masterbatch*). Esistono diverse tipologie di tramoggia per il dosaggio, basate principalmente sui sistemi di tipo volumetrico o gravimetrico;
- ▷ vite di alimentazione e plastificazione, posta in un condotto cilindrico riscaldato generalmente da diversi set di resistenze che circondano il condotto;
- ▷ ugello di iniezione, posto alla fine del condotto della vite di plastificazione, atto a convogliare il fluido nel canale d'ingresso dello stampo.

Il gruppo chiusura è la parte della macchina dove viene montato lo stampo del pezzo da realizzare ed è costituita a sua volta dalle seguenti parti:

- ▷ sistema di chiusura dello stampo, che può essere di tipo "a ginocchiera", "doppia ginocchiera", "monobraccio", "a pistone" o "*hydroblock*";
- ▷ sistema di estrazione del pezzo, meccanico per i pezzi più semplici ed idraulico per pezzi più complessi o delicati.

Il funzionamento della pressa ad iniezione è il seguente: nel gruppo iniezione i granuli del polimero plastico, contenuti in un apposito serbatoio, detto tramoggia, tramite la rotazione e arretramento della vite di alimentazione vengano fatti cadere all'interno di un cilindro, dove vengono riscaldati da una serie di resistenze elettriche fino oltre la loro temperatura di fusione e plastificati. Quindi il materiale plastico viene spinto all'interno dello stampo (grazie all'azione di un pistone o di una vite mobile, detta anche vite punzonante), mentre il gruppo chiusura ha il compito di tenere chiuso lo stampo (idraulicamente o meccanicamente) durante la fase di iniezione, contrastando l'alta pressione generata dal gruppo iniezione, che tenderebbe ad aprire le due metà dello stampo.

L'iniezione del materiale fuso nello stampo avviene in due fasi: nella prima, detta di "iniezione rapida", viene iniettato fino a circa il 95% del peso del

pezzo, mentre il completamento al 100% avviene con la seconda fase, detta di "compattamento o mantenimento", in cui viene compensato il ritiro volumetrico che la materia plastica, raffreddandosi, subisce. Il materiale è tenuto in pressione fino a quando il pezzo stampato non solidifica e solo a questo punto lo stampo si apre per permettere l'estrazione del pezzo stampato.

Le *utilities* a servizio dei macchinari di stampaggio a iniezione sono: la sala compressori e la centrale frigorifera. La prima ha il compito di produrre l'aria compressa necessaria per l'azionamento dei meccanismi installati sulle presse, mentre la centrale frigorifera serve per il raffreddamento degli stampi e anche dell'olio motore in caso di presse di tipo oleodinamico.

I parametri identificativi dei gruppi iniezione delle presse sono:

- ▷ la capacità di plastificazione, ovvero la massima quantità di materiale che può essere iniettato in ciascun ciclo, in cm^3 ;
- ▷ i cicli "a vuoto" che la pressa può effettuare alla massima velocità, senza produzione di prodotti.

In *Figura 2.2* è mostrato lo schema di una pressa per lo Stampaggio a iniezione

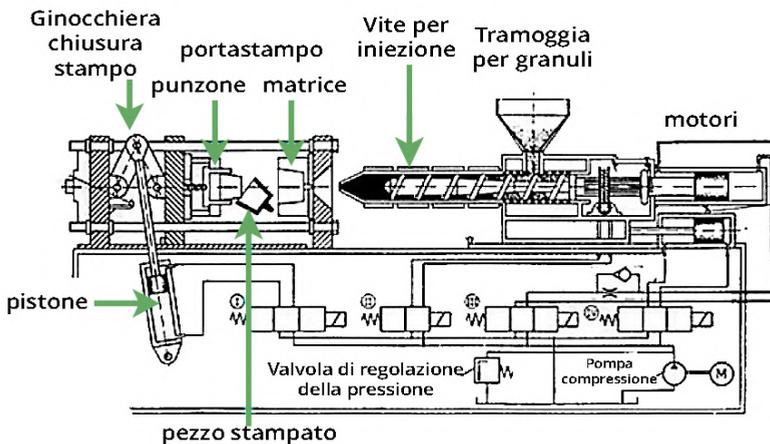


Figura 2.2 - Schema di una pressa per lo Stampaggio a iniezione.

Fonte: adattamento immagine da: Tecmatied.wordpress.com

Esistono 3 principali tipologie di presse:

- I. presse oleodinamiche o idrauliche;
- II. presse ibride;
- III. presse elettriche.

2.2.2 Presse a iniezione di tipo oleodinamico o idraulico

La pressa di tipo oleodinamico o idraulico è formata da:

- ▷ una pompa idraulica;
- ▷ un motore (solitamente elettrico) che serve per azionare la pompa;
- ▷ un serbatoio d'olio;
- ▷ una valvola a due vie;
- ▷ un fascio tubiero ad alta pressione;
- ▷ un pistone idraulico a doppio effetto;
- ▷ lo stampo che ospita il materiale da comprimere.

Il funzionamento di una pressa idraulica è il seguente: l'olio, contenuto in un serbatoio, viene messo sotto pressione, tramite la pompa idraulica, e inviato, tramite la valvola a due vie, al pistone, che è collegato a una specifica piastra e che riduce lo spazio comprimendo il materiale. A seguito della compressione, l'olio viene rimandato nella parte anteriore del pistone (grazie alla valvola) compiendo il percorso contrario. In questo modo la macchina torna in condizione di riposo. È presente una valvola di emergenza che si apre in caso di pressione eccessiva.

Sui motori delle presse oleodinamiche possono poi essere installati degli inverter che rendono tali macchinari più efficienti da un punto di vista energetico. In base a questo le presse oleodinamiche vengono a loro volta suddivise in due diverse tipologie:

- I. presse oleodinamiche senza inverter;
- II. presse oleodinamiche con inverter.

2.2.3 Presse a iniezione di tipo ibrido

Nella pressa di tipo ibrido gli azionamenti relativi alla chiusura dello stampo sono di tipo elettrico, e questo consente una maggiore efficienza energetica, rispetto alle presse idrauliche, mentre l'iniezione del materiale fuso nello stampo resta di tipo idraulico sotto accumulatore, permettendo quindi di preservare le prestazioni e la grande versatilità.

2.2.4 Presse a iniezione di tipo elettrico

Nella pressa di tipo elettrico tutti gli azionamenti, sia relativi alla chiusura dello stampo che all'iniezione del materiale fuso nello stampo, sono di tipo elettrico e questo consente quindi un notevole risparmio energetico durante i tempi morti dei cicli di stampaggio e il maggiore vantaggio si ha in caso di cicli più lunghi.

2.2.5 Estrusione

L'estrusione è un processo di produzione industriale di deformazione plastica che consente di produrre pezzi con sezione costante per tutta la loro lunghezza, come ad esempio film, tubi, barre, profilati, lastre senza saldature, ma anche guide in laminato plastico o tubi flessibili di lunghezza indefinita e generalmente avvolti su bobine.

L'estrusione consiste essenzialmente nel forzare per compressione il materiale plastico, allo stato pastoso, a passare attraverso una sagoma (detta "testa di estrusione") che riproduce la forma esterna del pezzo che si vuole ottenere. Se la sezione di questo è cava, sarà presente un'anima che riprodurrà il profilo della cavità interna.

All'uscita dalla matrice il materiale viene raffreddato, mentre la compressione del materiale a monte della matrice è ottenuta attraverso una vite senza fine semplice o doppia (vite di Archimede), che spinge il materiale verso la testa di estrusione. Il materiale plastico in ingresso è in genere sotto forma di granuli e il calore, prodotto dall'attrito con le pareti dell'estrusore e da resistenze elettriche, ne causa la fusione (nel caso di polimeri cristallini) o il rammollimento (nel caso di polimeri amorfi o semicristallini).

La linea di estrusione si compone delle seguenti parti:

- ▷ Estrusore, cioè un cilindro riscaldato da resistenze elettriche in cui ruota una vite che ha la funzione di trasportare il materiale e di contribuire alla fusione dello stesso mediante il calore prodotto per attrito.
- ▷ Testa di estrusione, che è la parte che contiene l'elemento di formatura in cui la materia fusa assume la forma desiderata.
- ▷ Raffreddatore, in genere ad acqua in cui la forma impartita viene consolidata.
- ▷ Traino, che ha la funzione di prelevare il manufatto con una velocità di avanzamento costante.

- ▷ Dispositivo di taglio, che consente di ottenere manufatti della lunghezza desiderata.

In *Figura 2.3* è mostrato lo schema del processo di estrusione.

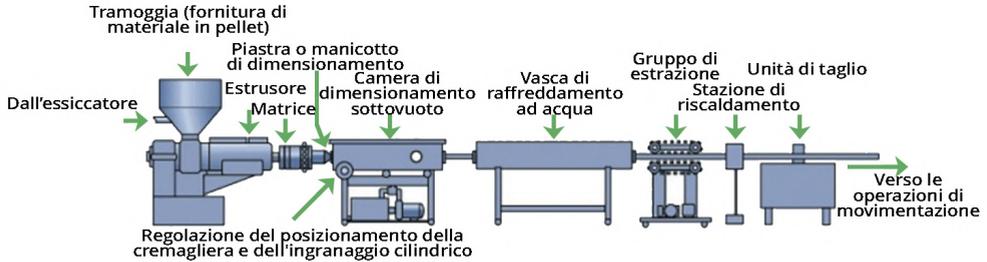


Figura 2.3 - Schema del processo di Estrusione.

Fonte: adattamento immagine da Hashemi, 2016.

L'estrusione è una tecnologia di trasformazione delle materie plastiche che può essere utilizzata per la produzione di diverse tipologie di manufatti:

- ▷ Film monostrato e multistrato utilizzati per la produzione di imballaggi alimentari e film tecnici. I film multistrato richiedono un estrusore per materiale. L'estrusione film si differenzia per le due tecnologie: cast e bolla. Nell'estrusione film cast il materiale fuso è estruso attraverso una filiera a testa piana e steso su rulli che vengono raffreddati ad acqua. Successivamente il film passa attraverso un'altra serie di rulli che determineranno le proprietà del film, incluso lo spessore. L'estrusione di film bolla prevede che i flussi di plastica fusa vengano fatti confluire nella testa di soffiaggio per formare un tubolare. All'uscita dalla trafila circolare integrata, il tubolare, ancora nello stato plastico, viene tirato verso l'alto; allo stesso tempo viene gonfiato per immissione di aria compressa, al fine di ottenere spessore e larghezza del film desiderati. Dopodiché viene investito con aria fresca che lo raffredda fino a quando nella parte superiore dell'impianto di soffiaggio può essere piegato e poi avvolto, senza che le superfici si attacchino tra loro.
- ▷ Tubi mono e multistrato.
- ▷ Lastre utilizzate principalmente nell'edilizia.
- ▷ Profilati.

2.2.6 Termoformatura

La Termoformatura è un processo di deformazione a caldo di materiale plastico a partire da film o lastre e successiva modellazione dello stesso su uno stampo. La fedele copiatura delle forme dello stampo avviene per mezzo dell'aspirazione dell'aria che rimane tra il film e la superficie dello stampo, oppure tramite iniezione di aria compressa in una campana chiusa sul lato opposto del film o lastra; a volte, per ottenere stiramenti il più possibile uniformi, si utilizzano dei contro-stampi opportunamente sagomati per migliorare i risultati nei punti più difficili.

Una delle caratteristiche intrinseche del processo di termoformatura è proprio quella che non si ha mai apporto di nuovo materiale, ma solo deformazione di una quantità predeterminata di materiale. Le difficoltà legate al processo di Termoformatura derivano proprio dal fatto che si deve deformare a caldo una materia prima che ha già subito dei processi di trasformazione, come estrusioni e calandrature e la memoria plastica del materiale, dovuta ai tensionamenti interni che ha subito nei precedenti processi di trasformazione, può causare inconvenienti nelle prestazioni e quindi nelle caratteristiche tecniche dei prodotti realizzati.

Esistono due varianti del processo di Termoformatura:

- I. la Termoformatura effettuata partendo da film cast o lastre già realizzati nel sito o in altri siti: in questo caso quindi la Termoformatura è realizzata in un macchinario separato rispetto all'Estrusione;
- II. la Termoformatura effettuata partendo da granulato plastico sottoposto ai processi di Estrusione e poi di Termoformatura in un unico macchinario; si parla in questi casi di Termoformatura "IN".

2.2.7 Granulazione o *Compounding*

La Granulazione o *Compounding* è una particolare tipologia di estrusione dedicata alla produzione di granuli di materiale plastico che sono la materia prima indispensabile per le imprese operanti nel settore della trasformazione della plastica.

Il processo di Granulazione o *Compounding* può avvenire partendo da materia prima vergine (resine e additivi) oppure da scarti dei principali impianti di trasformazione della plastica, oppure da prodotti invenduti o da rifiuti

provenienti da Raccolta Differenziata (RD).

Nel processo di granulazione la plastica fusa esce da specifici fori sotto forma di veri e propri "spaghetti" che vengono in seguito tagliati da appositi coltelli. In questo modo, in base al diametro dei fori e alla velocità di rotazione delle lame, si possono ottenere pellet con diametro e lunghezza variabili, anche in funzione delle diverse necessità del prodotto finito da ottenere.

2.2.8 Estrusione e Soffiaggio (EBM) e Stiro-Soffiaggio (IBM o ISBM)

Mediante due particolari varianti dell'Estrusione o dello Stampaggio, dette rispettivamente "Estrusione e Soffiaggio (EBM)" (in inglese *Extrusion blow molding*) o "Stampaggio e Soffiaggio o Stiro-Soffiaggio (rispettivamente IBM e ISBM)" (in inglese rispettivamente *Injection blow molding* e *Injection stretch blow molding*), vengono fabbricati contenitori in materiale plastico, come bottiglie o barattoli, contenitori, ma anche serbatoi per carburante.

In questa tipologia di processi un tubo flessibile estruso, detto "preforma" se prodotto per Stampaggio o "*parison*", se prodotto per Estrusione, viene circondato da uno stampo e soffiato con aria compressa contro la parete interna dello stampo.



LA DIAGNOSI ENERGETICA

3

3. La diagnosi energetica

Entrando nel merito della realizzazione di una Diagnosi Energetica di qualità e ai contenuti minimi da soddisfare per redigere un rapporto di diagnosi conforme ai dettami del D.lgs. 102/2014 [33], con questo documento si vogliono fornire indicazioni utili alla definizione della struttura energetica maggiormente idonea ai fini dell'analisi energetica, della strategia di monitoraggio dei consumi e degli Indici di Prestazione Energetica di riferimento relativi alla struttura adottata (IPE).

3.1 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 [35].*

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

- ▷ nell'allegato II del decreto legislativo 102/2014, aggiornato nel luglio 2020 dal D.Lgs. 73/2020 [33];
- ▷ nei chiarimenti del MISE [38];
- ▷ nella normativa tecnica, pacchetto UNI CEI EN 16247:2022 [47];
- ▷ nelle linee guida generali elaborate da ENEA [48];
- ▷ nelle linee guida settoriali pubblicate sul sito Efficienza Energetica dell'ENEA [49].

Come riportato nella norma tecnica UNI CEI EN 16247-1:2022, l'esecuzione di una diagnosi energetica può essere suddivisa nelle seguenti fasi (*Figura 3.1*):

- I. contatti preliminari;
- II. incontro di avvio;
- III. raccolta dati;
- IV. attività in campo;
- V. analisi dati ed individuazione delle opportunità di efficientamento energetico;
- VI. rapporto;
- VII. incontro finale.

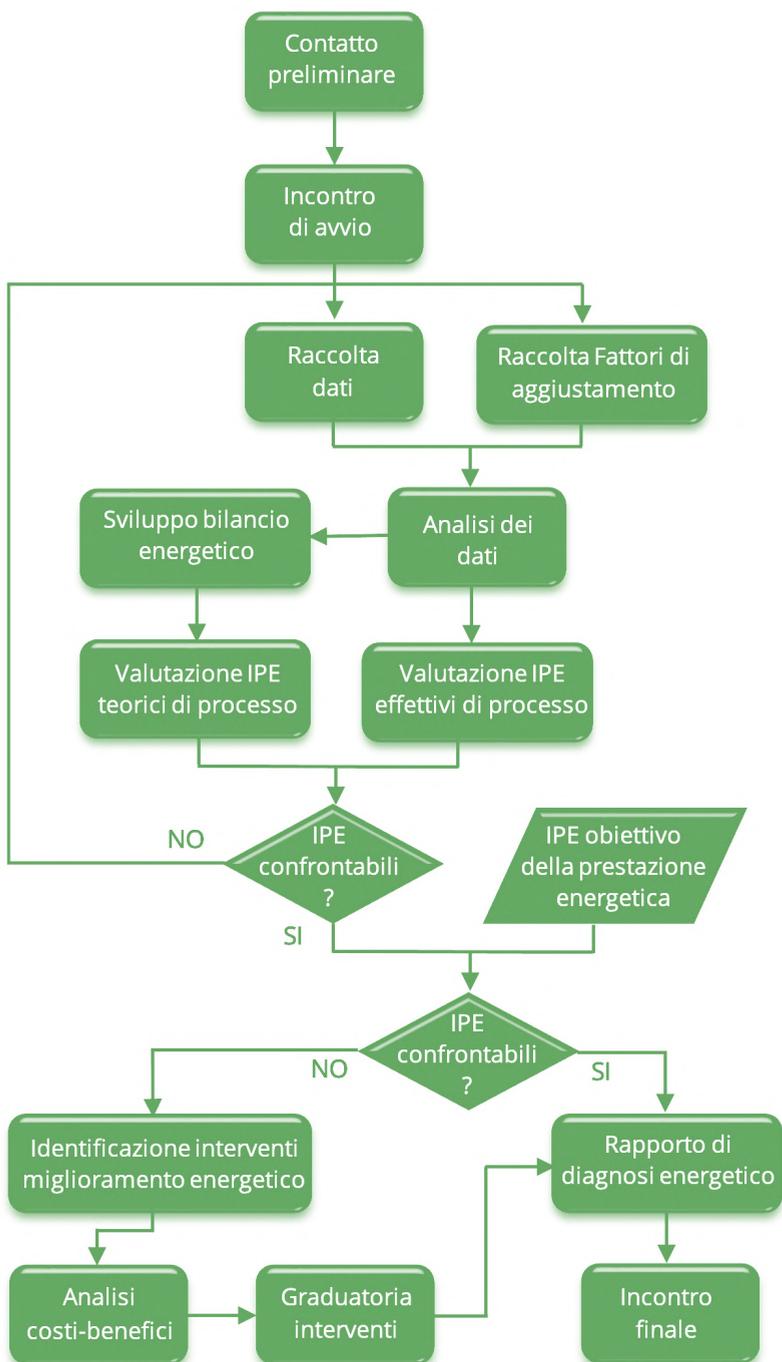


Figura 3.1 - Schema esecuzione diagnosi energetica secondo la UNI CEI EN 16247-1:2022.

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 ispezionare in campo l'oggetto della diagnosi**, valutarne gli usi energetici secondo le finalità, lo scopo ed accuratezza della diagnosi energetica, 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 [33], dai chiarimenti del MISE [38] e dalle linee guida ENEA generali [48] e settoriali [49], che siano affidabili e rappresentativi delle ordinarie condizioni di esercizio.**

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

A conclusione dell'attività di analisi, l'auditor dovrà redire un rapporto di diagnosi, che dovrà comprendere almeno:

- a. le informazioni generali necessarie a caratterizzare ed individuare il sito produttivo con una descrizione delle attività e, lì dove presenti, dei principali processi produttivi;
- b. l'alberatura energetica del sito comprendente:
 - i. una **scomposizione dei consumi energetici** suddivisi per uso e fonte. Realizzata mediante sia l'ausilio dei **profili di carico o di consumo (ad es. per l'energia elettrica curve potenza/tempo, per il gas consumi mensili o giornalieri)** rappresentativi della realtà aziendale che attraverso l'utilizzo di dati misurati e tracciati o con sistemi di monitoraggio esistenti in sito o attraverso

- campagne di misura dedicate¹ [33], [38];
- II. i **flussi energetici** ed un **bilancio energetico** del sito sottoposto a diagnosi;
 - III. i **flussi di massa** (prodotti, semilavorati, materie prime) del sito sottoposto a diagnosi;
- c. le **correlazioni tra i consumi energetici e le relative destinazioni d'uso² (o energy use)** ed il successivo calcolo degli **Indicatori di Prestazione Energetica** (IPE) generali e specifici³[50] (vedi *capitolo 3.4*);
 - d. lì dove possibile, individuazione attraverso analisi di letteratura tecnica di indici di prestazione energetica di riferimento, e confronto di questi con gli IPE generali e specifici del sito produttivo. Nel caso non siano disponibili indici di letteratura di riferimento effettuare l'analisi con gli indici dello stabilimento relativi ad anni precedenti;
 - e. le **opportunità di miglioramento** dell'efficienza energetica scaturite dall'analisi delle prestazioni energetiche del sito e/o apparato analizzato (vedi *capitolo 3.6*). Queste dovranno essere valutate attraverso un'analisi tecnico economica che tenga conto sia dei risparmi energetici ed economici ottenibili, che dei costi necessari all'implementazione e gestione dell'intervento.

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. essere in grado di spiegare i risultati.

1 Nel caso di utilizzo di dati provenienti da campagne di misura, è necessario prevedere un periodo di monitoraggio coerente con il sistema/apparato per cui viene svolta la misurazione (vedi *capitolo 3.5*).

2 Per destinazione d'uso o *Energy Use* si intende, secondo la norma UNI CEI EN 16247-1 [47] e UNI EN ISO 50001:2022 [51] il parametro quantificabile in grado di influenzare il consumo energetico (ad esempio: tonnellate prodotte, superficie utile, gradi giorno [53], etc..).

3 L'IPE assume solitamente la forma di un consumo specifico, avendo come denominatore la destinazione d'uso (o *energy use*) e come numeratore il consumo di energia.

3.2 Alberatura dei consumi energetici

Per l'analisi e la rendicontazione dei consumi energetici è necessario attenersi alla suddivisione sia per differenti vettori energetici che per differenti aree funzionali e processi e/o servizi, come illustrato nelle Linee Guida ENEA [48].

Inizialmente è necessario definire e distinguere le due entità di "Sito produttivo" e "Stabilimento" (Figura 3.2). Per "Sito produttivo" si intende una località geograficamente definita in cui viene prodotto un bene e/o fornito un servizio, entro la quale l'uso dell'energia è sotto il controllo dell'impresa [38; 40].

All'interno del "Sito produttivo" è possibile definire, ai fini della diagnosi energetica, lo "Stabilimento" come l'"Area del sito produttivo all'interno della quale l'energia viene utilizzata/consumata al fine di produrre e/o trasformare beni e/o servizi". In alcuni casi può accadere che le due entità coincidano.

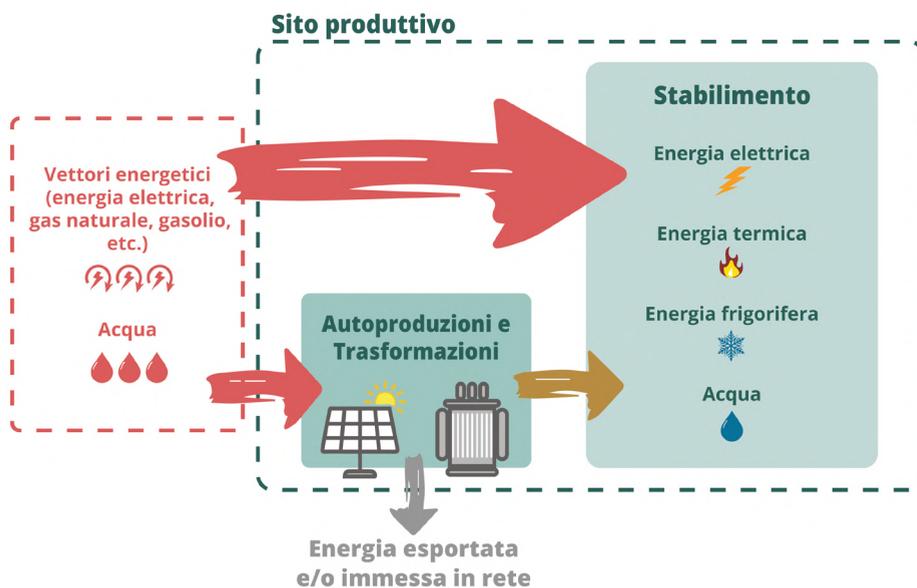


Figura 3.2 – Rappresentazione grafica del Sito produttivo.

Per la caratterizzazione del sito produttivo e per l'analisi dei consumi energetici è opportuno che si tenga conto anche delle informazioni sia generali che specifiche relative all'oggetto della diagnosi energetica. Nella Figura 3.3 è riportata la schematizzazione generale con i livelli di approfondimento dell'alberatura energetica del sito produttivo, dove sono riportate:

- ▷ indicazioni di carattere generale (necessarie per l'individuazione e la localizzazione del sito);

- ▷ **indicazioni sui vettori energetici e di carattere tipologico** (necessarie per l'individuazione degli Indicatori energetici di riferimento IPE) - Livello LA ed LA.1;
- ▷ **indicazioni sui consumi energetici del sito** (strutturati in livelli di approfondimento dal più generale al più dettagliato) - Livelli da LB a LE;
- ▷ **indicazioni sui flussi di massa del sito** (strutturati in livelli di approfondimento dal più generale al più dettagliato) - Livelli da LB a LE.

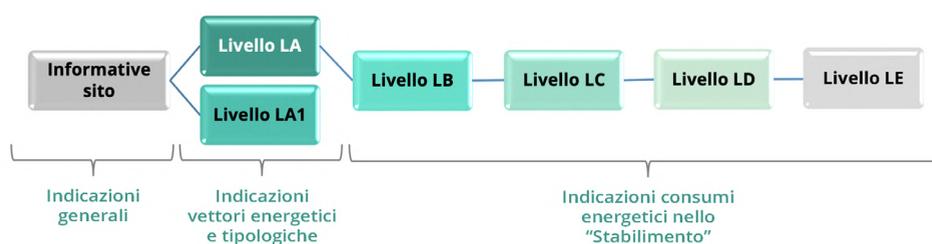


Figura 3.3 – Schematizzazione della struttura energetica.

Nella sezione **Informative sito**, vanno riportate le informazioni necessarie all'individuazione del sito e dello specifico settore merceologico di riferimento (ragione sociale, partita IVA, indirizzo, codice ATECO, anno riferimento diagnosi energetica).

Nel **Livello LA**, vanno riportati:

- Tutti gli approvvigionamenti energetici del sito produttivo, prestando anche attenzione alla natura del contratto di acquisto (energia certificata "Green", contratti di tipo "Power Purchase Agreement - PPA"), l'impiego di fonti rinnovabili di energia, indicando le quantità prodotte ed autoconsumate di rinnovabile elettrico e termico, gli approvvigionamenti energetici del sito produttivo per l'autotrazione ed anche le quantità di acqua utilizzata.
- I flussi di massa legati alla produzione del sito, in tonnellate, quali: tipologia e quantità di materie prime utilizzate, produzione totale (lì dove possibile suddivisa per tipologia di prodotto), variazione delle scorte in magazzino.
- Eventuali informazioni tipologiche e dimensionali del sito produttivo (es. superfici, volumi, etc.).

- ❑ Nel **Livello LA.1** devono essere riportate le indicazioni relative alle trasformazioni di energia all'interno del sito produttivo. In particolare, debbono essere individuati e contabilizzati sia i vettori energetici in ingresso al generico impianto di trasformazione (Cogeneratore, generatore di vapore, impianto frigorifero, etc..) che quelli in uscita; per questi ultimi deve essere specificata la quota complessiva prodotta, quella autoconsumata nello stabilimento e quella eventualmente esportata. Ad esempio, nel caso della cogenerazione deve essere quantificato il Gas Naturale in ingresso, il calore e l'energia elettrica prodotta e consumata all'interno dello stabilimento e quanta eventualmente ceduta alla rete.

Nel **Livello B** (Stabilimento) vengono riportati e quantificati i vettori energetici effettivamente consumati all'interno dello stabilimento. Si differenzia dal livello A nel caso in cui vi siano sistemi di autoproduzione o trasformazione dell'energia (es. Cogenerazione).

Per il **settore industriale**, come richiamato all'interno sia dei chiarimenti del MISE del novembre 2016 [38], che delle linee guida generali ENEA [48], dal Livello LB (Stabilimento) in poi la struttura energetica del sito produttivo (o meglio, dello stabilimento) deve essere suddivisa in tre Aree funzionali (*Figura 3.4 e 3.5*):

- ▷ **Attività Principali:** attività che caratterizzano il processo produttivo, che costituiscono il "*core business*" dell'azienda e portano alla produzione del prodotto finito. Per un'attività industriale, si tratta dei reparti o lavorazioni principali - Livello D - o lavorazioni specifiche del reparto- Livello LE - , ciascuno con le proprie linee di utenza.
- ▷ **Servizi Ausiliari:** servizi che non concorrono in maniera diretta alla produzione di prodotto finito, ma sono a servizio delle Attività Principali (es.: aria compressa, impianti di raffreddamento e sistemi di movimentazione materiale).
- ▷ **Servizi Generali:** servizi non legati alle Attività principali e che si svolgono in maniera indipendente dalle stesse; sono essenzialmente a servizio dello stabilimento e destinati a garantire le necessarie condizioni di benessere ambientale (es.: illuminazione, climatizzazione locali, etc.).

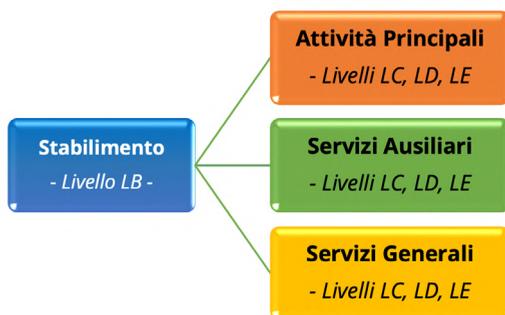


Figura 3.4 - Aree funzionali individuate ai fini della ripartizione dei consumi energetici di stabilimento.

La struttura energetica così definita (Figura 3.5) permette di caratterizzare e rendicontare con un livello di dettaglio crescente sia i flussi energetici che di massa all'interno dello stabilimento e quindi di individuare i relativi Indici di Prestazione Energetica (IPE).

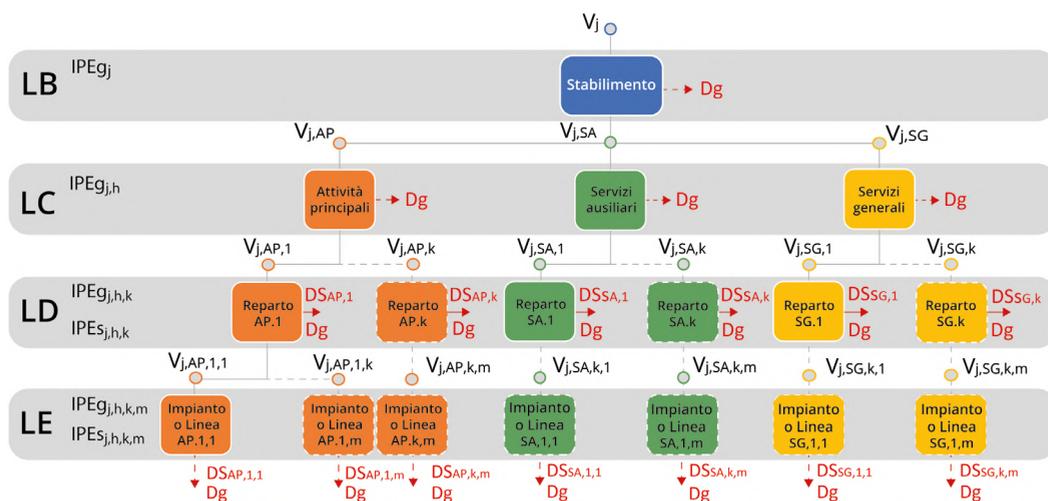


Figura 3.5 - Struttura energetica stabilimento.

In particolare:

- ▷ a Livello LC devono essere riportati i consumi dei singoli vettori energetici suddivisi per Aree Funzionali;
- ▷ a Livello LD devono essere riportati, per ciascun vettore energetico e per Area funzionale, sia i consumi energetici che gli eventuali output prodotti dei reparti o macro-processi;

- ▷ nell'eventuale Livello LE devono essere riportati, per ciascun vettore energetico e per Area funzionale e per reparto o macro-processo, i consumi ed i prodotti dell'eventuale sottoprocesso o apparato specifico. Questo livello di dettaglio non è necessariamente richiesto, ma può fornire utili informazioni in reparti composti da più tipologie di operazioni o macchine operatrici. Solitamente questo livello di dettaglio è applicabile principalmente alle attività principali.

3.3 Struttura energetica

Nel presente capitolo viene suggerita, in accordo con i criteri proposti nel documento di chiarimento sui criteri di svolgimento delle Diagnosi, pubblicati sia da ENEA che dal Ministero dello Sviluppo Economico [38; 48], la struttura energetica di un generico stabilimento Plastico.

In particolare, vengono suggerite le principali aree di consumo all'interno di ciascuna Area funzionale.

La descrizione e suddivisione qui rappresentata non è esaustiva, e dovrà essere cura dell'EGE o del Responsabile della Diagnosi Energetica (ReDE), individuare e posizionare correttamente, all'interno delle Aree Funzionali, i reparti/processi/ servizi con i relativi consumi e destinazioni d'uso o *Energy Use*.

3.3.1 Attività Principali

Nei siti in cui si svolgono i processi di trasformazione della plastica è possibile avere le seguenti Attività Principali (*Figura 3.6*):

- ▷ Stampaggio a iniezione.
- ▷ Estrusione (film cast e bolla, tubi, lastre, profilati).
- ▷ Termoformatura.
- ▷ Granulazione o *Compounding*.
- ▷ Estrusione-Soffiaggio (EBM).
- ▷ Soffiaggio o Stiro-soffiaggio di preforme (IBM o ISBM).

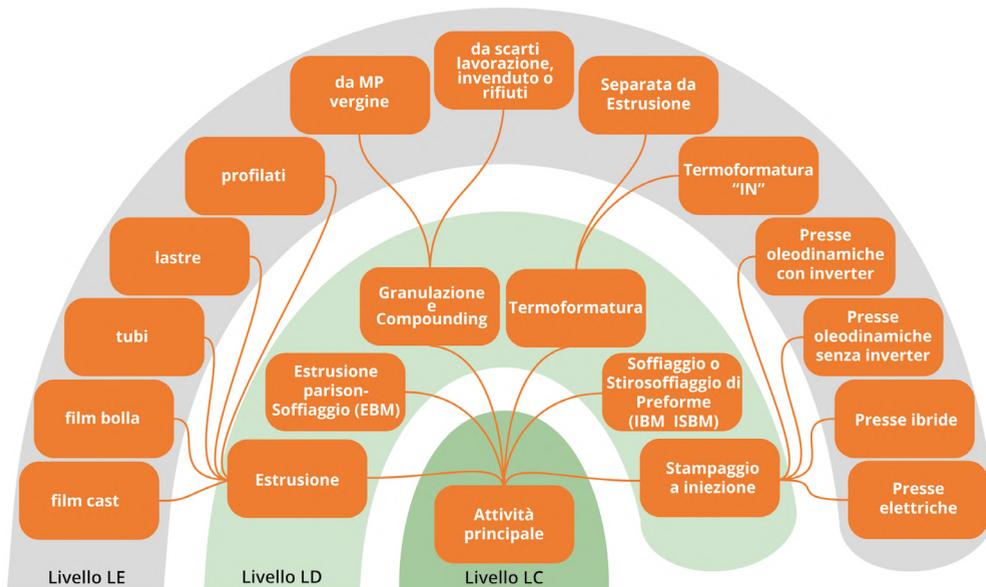


Figura 3.6 - Schema della ripartizione delle Attività Principali tra “reparti” omogenei.

Nella **Tabella 3.1** viene riportata la descrizione delle singole Attività Principali che caratterizzano la trasformazione della plastica.

Attività principale	Descrizione
<p>Stampaggio a iniezione</p>	<p>Lo Stampaggio a iniezione è un processo in cui un materiale plastico viene fuso e iniettato ad elevata pressione all’interno di uno stampo chiuso, che viene aperto dopo la solidificazione del manufatto. Lo Stampaggio a iniezione può essere effettuato tramite:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Presse oleodinamiche senza inverter. ▷ Presse oleodinamiche con inverter. ▷ Presse ibride. ▷ Presse elettriche. <p>I consumi attribuibili a questa attività sono quelli associati a:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Aspirazione, Movimentazione, Trasporto materia prima alla pressa. ▷ Miscelazione materia prima. ▷ Presse di stampaggio.

Attività principale	Descrizione
<p>Estrusione</p>	<p>L'estrusione è un processo in cui il materiale plastico viene portato allo stato pastoso e attraverso una vite senza fine spinto verso la testa di estrusione e forzato a passare attraverso una sagoma che riproduce la forma esterna del pezzo che si vuole ottenere. I processi di estrusione, in base al tipo di processo o di prodotto si distinguono in:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Estrusione film cast. ▷ Estrusione film bolla. ▷ Estrusione tubi. ▷ Estrusione lastre. ▷ Estrusione profilati. <p>I consumi attribuibili a questa attività sono quelli associati a:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Aspirazione, Movimentazione, Trasporto materia prima all'estrusore. ▷ Miscelazione materia prima. ▷ Macchinario di estrusione.
<p>Termoformatura</p>	<p>La Termoformatura è un processo di deformazione di plastica a caldo a partire da lastre o film.</p> <p>La termoformatura è sempre preceduta dal processo di Estrusione (film cast o lastre), che può essere effettuato in macchinari differenti o in un unico macchinario (Termoformatura "IN").</p> <p>I consumi attribuibili a questa attività sono quelli associati a:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Estrusione (solo nel caso di Termoformatura "IN"). ▷ Riscaldamento del semilavorato.
<p>Granulazione o Compounding</p>	<p>La Granulazione o Compounding è un processo di estrusione dedicato alla produzione di granuli di materiale plastico.</p> <p>Il prodotto in ingresso può essere rappresentato da materia prima vergine (resine e additivi) oppure da scarti dei principali impianti di trasformazione della plastica, da prodotti invenduti oppure da rifiuti provenienti da Raccolta Differenziata (RD).</p> <p>I consumi attribuibili a questa attività sono quelli associati a:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Miscelazione materia prima. ▷ Estrusione.

Attività principale	Descrizione
Estrusione-Soffiaggio (EBM)	<p>L'Estrusione-Soffiaggio (EBM) è un processo in cui la materia prima plastica viene estrusa per la produzione di un semilavorato (il parison) che poi viene circondato da uno stampo e soffiato con aria compressa contro la parete interna dello stampo.</p> <p>I consumi attribuibili a questa attività sono quelli associati a:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Estrusione del parison. ▷ Soffiaggio.
Soffiaggio o Stiro-Soffiaggio di preforme (IBM o ISBM)	<p>Il Soffiaggio o Stiro-Soffiaggio di preforme (IBM o ISBM) è un processo in cui uno stampato plastico (la preforma) viene circondato da uno stampo e soffiato con aria compressa contro la parete interna dello stampo.</p> <p>I consumi attribuibili a questa attività sono quelli associati a:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Soffiaggio o Stiro-Soffiaggio della preforma.

Tabella 3.1 - Descrizione delle Attività Principali che compongono il processo produttivo nei siti di trasformazione della plastica.

3.3.2 Servizi Ausiliari

All'interno di un sito di trasformazione della plastica è possibile trovare le seguenti aree funzionali/reparti afferenti ai Servizi Ausiliari (Figura 3.7):

- ▷ Centrale aria compressa.
- ▷ Raffreddamento dei processi.
- ▷ Aspirazione aria di processo.
- ▷ Movimentazione materie prime e prodotti all'interno del sito (tramite muletti, carrelli elevatori, etc.).

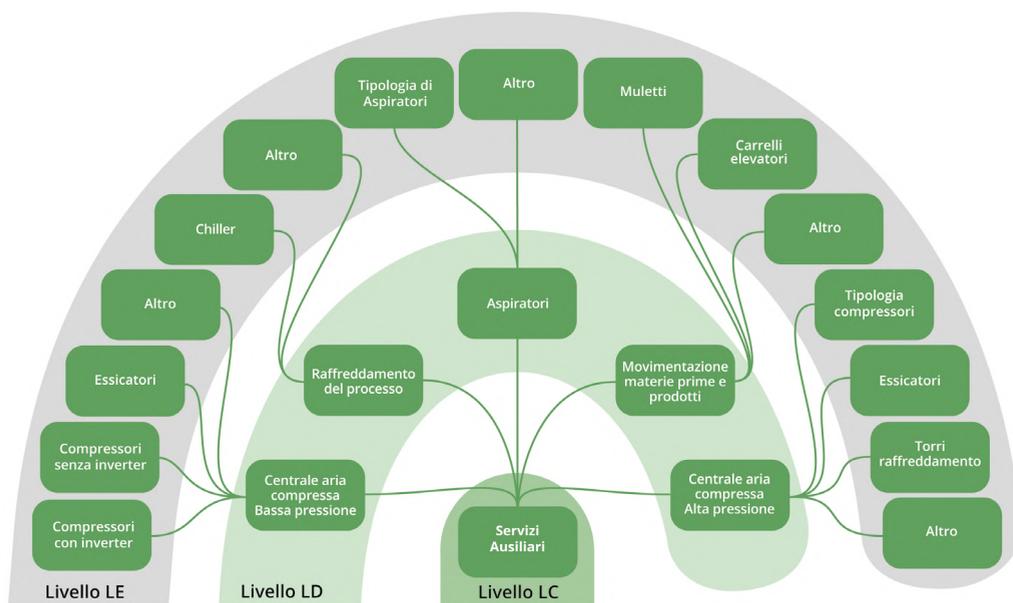


Figura 3.7 - Schema della ripartizione dei Servizi Ausiliari tra "reparti" omogenei.

Nella Tabella 3.2 viene riportata la descrizione dei singoli Servizi Ausiliari che caratterizzano il processo di trasformazione della plastica.

Servizio Ausiliario	Descrizione
<p>Centrale aria compressa bassa e altra pressione</p>	<p>I principali utilizzi di aria compressa nei processi di trasformazione della plastica sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Aspirazione materia prima. ▷ Sistemi di trasporto pneumatico. ▷ Soffiaggio e Stiro-Soffiaggio. <p>Ai fini della diagnosi è necessario suddividere i consumi tra le differenti linee di pressione presenti nello stabilimento riportando, possibilmente, il livello di pressione utilizzato.</p> <p>I consumi attribuibili a questa attività sono quelli della sala compressori, i quali possono essere suddivisi a Livello LE, per le differenti tipologie di apparati di compressione.</p>
<p>Raffreddamento del processo</p>	<p>I principali utilizzi di freddo di processo nei siti di trasformazione della plastica sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Raffreddamento stampi o prodotti estrusi. ▷ Raffreddamento olio delle presse idrauliche. <p>I consumi attribuibili a questa attività sono quelli degli impianti frigo e dei sistemi di pompaggio, che possono essere maggiormente dettagliati a Livello LE.</p>
<p>Aspirazione aria di processo</p>	<p>Gli impianti di aspirazione sono finalizzati a captare e convogliare all'esterno dell'ambiente di lavoro le emissioni che si generano durante il processo, come:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Emissioni prodotte dalla plastica fusa o allo stato pastoso. ▷ Fumi e polveri prodotte dalle attività di finitura (taglio, saldatura, ecc.). <p>I consumi attribuibili a questa attività sono quelli associati ai sistemi di aspirazione e depurazione delle emissioni (fumi e/o polveri), che possono essere maggiormente dettagliati a Livello LE.</p>
<p>Movimentazione materie prime e prodotti all'interno del sito</p>	<p>Si tratta di muletti o carrelli elevatori che possono essere ad alimentazione elettrica oppure a Gasolio o GPL. Il loro utilizzo è finalizzato al trasporto di materie prime e prodotti tra le varie aree funzionali del sito. Le differenti tipologie di sistema di movimentazione possono essere maggiormente dettagliati a Livello LE</p>

Tabella 3.2 - Descrizione dei Servizi Ausiliari caratteristici della trasformazione della plastica.

3.3.3 Servizi Generali

I Servizi Generali sono rappresentati principalmente dagli impianti di condizionamento estivo e invernale degli ambienti di lavoro e uffici e dai sistemi di illuminazione (Figura 3.8). I consumi relativi sono, per i siti in cui si svolgono i processi di trasformazione della plastica, in percentuali poco rilevanti rispetto ai consumi delle altre due Aree Principali.

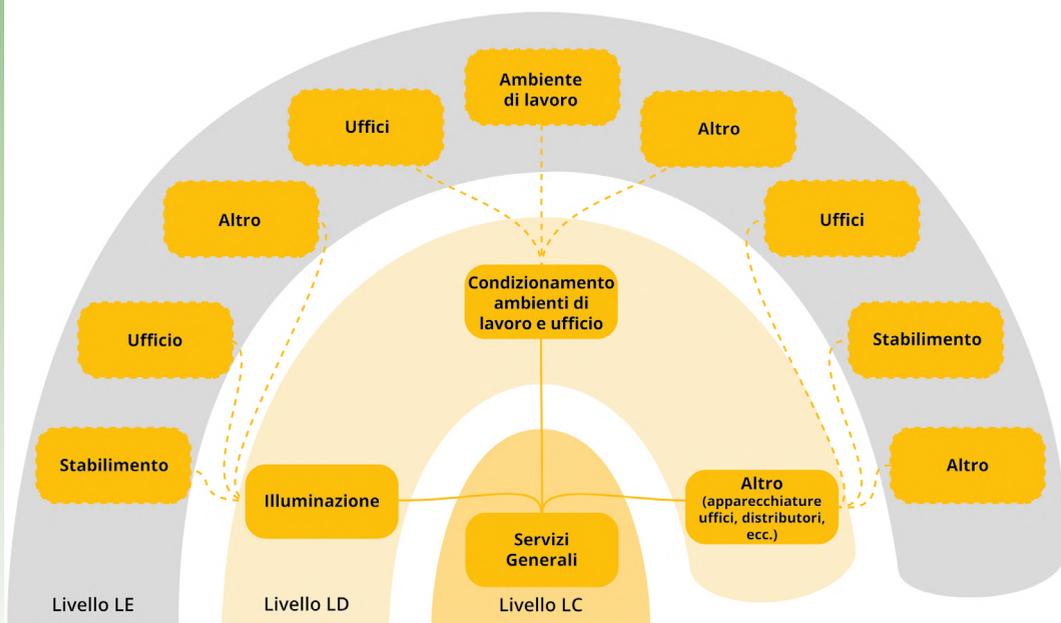


Figura 3.8 - Raffigurante lo Schema della ripartizione dei Servizi Generali tra "reparti" omogenei.

Nella *Tabella 3.3* viene riportata la descrizione dei singoli Servizi Generali dei siti di trasformazione della plastica.

Servizio Generale	Descrizione
illuminazione	I consumi attribuibili a questa attività sono quelli delle apparecchiature di illuminazione degli ambienti di lavoro e degli uffici ed eventualmente delle aree esterne. Le differenti tipologie di illuminazione, suddivise per orari di utilizzo e tipologia di apparati illuminanti possono essere maggiormente dettagliati a Livello LE.
Condizionamento ambienti di lavoro e uffici	I consumi attribuibili a questa attività sono quelli degli impianti di condizionamento ambientale estivo e invernale. Il condizionamento invernale, oltre che tramite pompe di calore, può essere effettuato anche tramite caldaie a gas naturale o altro combustibile (gasolio, GPL, ecc). I consumi afferenti ai differenti sistemi di climatizzazione o aree climatizzate possono essere maggiormente dettagliati a Livello LE.
Altro	I consumi attribuibili a questa attività sono quelli associati alle apparecchiature degli uffici (computer, stampanti, ecc), oltre che dei distributori automatici o altro.

Tabella 3.3 - Descrizione dei Servizi Generali caratteristici della trasformazione della plastica.

3.4 Indicatori di prestazione energetica

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** (*benchmarking*). 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 o di altre aziende che effettuano gli stessi processi.

La metodologia di benchmarking dell'efficienza energetica è definita nella norma UNI CEI EN 16231:2012 [52], che ne definisce i requisiti e ne fornisce raccomandazioni. La norma prevede la definizione di dati chiave e di indicatori del consumo energetico.

Il *benchmarking* del consumo energetico, sia interno (tramite analisi dello storico/*trend*) che esterno (confronto con altre imprese del settore), è un potente strumento per la valutazione delle prestazioni ed il miglioramento dell'efficienza energetica tramite l'analisi delle tendenze del consumo energetico, dei costi dell'energia e del consumo energetico specifico.

Tra gli strumenti maggiormente utilizzati per il *benchmarking* prestazionale troviamo gli *Energy Performance Indicators* (EnPI) o **Indici di Prestazione Energetica (IPE)**.

Lo scopo di definire gli indici di prestazione energetica è quello di individuare valori di riferimento tali da permettere alle aziende di pianificare in modo appropriato la propria politica energetica, in linea con i dettami previsti dalla normativa di riferimento e successivi chiarimenti [33; 38]. Tali valori possono essere relativi all'intero sito produttivo allo stabilimento (livello LB), ad un singolo processo produttivo, ad un'area/reparto aziendale, ad una singola fase del processo produttivo. L'IPE assume solitamente la forma di un consumo specifico, avendo come denominatore la destinazione d'uso (o energy use) e come numeratore il consumo di energia:

$$IPE \left[\frac{\text{u. m. energia}}{\text{u. m. destinazione d'uso}} \right] = \frac{\text{Consumo [u. m. (es.: kWh, MJ, tep)]}}{\text{Destinazione d'uso [u. m. (es.: t, kg, m}^2, \text{etc)]}}$$

Dove, per destinazione d'uso o *Energy Use* si intende, secondo la norma UNI CEI EN 16247-1:2022 [47] e UNI EN ISO 50001:2018 [51], il parametro quantificabile in grado di influenzare il consumo energetico (ad esempio: tonnellate prodotte, superficie utile, gradi giorno [53], etc.).

Il benchmarking delle prestazioni energetiche consente di:

- ▷ quantificare le tendenze dei consumi energetici (fissi e variabili) rispetto ai livelli di produzione o servizio;
- ▷ confrontare le prestazioni energetiche del settore rispetto a vari livelli di produzione o servizi;
- ▷ identificare le buone pratiche di settore;
- ▷ quantificare in maniera oggettiva eventuali margini disponibili per la riduzione dei costi energetici.

Esso inoltre costituisce la base per impostare il piano di monitoraggio e i target energetici da raggiungere.

Sulla base di quanto detto l'individuazione e l'analisi degli IPE deve essere coerente con l'alberatura o struttura energetica del sito analizzato.

Solitamente è possibile definire due categorie di IPE:

- I. **Indicatori di Prestazione Energetica di tipo generale (IPEg)** che normalizzano i consumi di sito (sia relativamente ai singoli vettori energetici che totali) rispetto alla destinazione d'uso di riferimento del sito oggetto di analisi.

II. **Indicatori di Prestazione Energetica di tipo specifico (IPE_s)** che normalizzano i consumi (sia relativamente ai singoli vettori energetici che totali) delle Aree Funzionali (Livello LC), reparti (Livello LD) o utenze (Livello LE) rispetto alla destinazione d'uso associata. Ad esempio:

- ❑ per l'IPE di un reparto di estrusione il consumo energetico andrebbe correlato con le tonnellate sia nette che lorde di Plastica estrusa;
- ❑ per l'IPE di una centrale per la produzione di aria compressa sarebbe opportuno correlare il consumo energetico alla quantità di aria compressa prodotta;
- ❑ per l'IPE relativo all'illuminazione dei locali sarebbe opportuno correlare il consumo energetico alla superficie dei locali illuminati.

È importante sottolineare che resta alla professionalità del REDE e alla conoscenza dettagliata dell'*Energy Manager* di sito (qualora presente), la valutazione libera anche di ulteriori destinazioni d'uso a cui riferire i consumi energetici.

Lo scopo di definire degli IPE è quello di individuare valori di riferimento tali da permettere ai siti di trasformazione della plastica di pianificare in modo appropriato la propria politica energetica ed i propri investimenti in efficienza energetica.

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

- ▷ *benchmark* interni: mirati a valutare l'andamento delle proprie prestazioni energetiche rispetto ad un periodo di riferimento;
- ▷ *benchmark* esterni: mirati a verificare le proprie prestazioni energetiche rispetto alla media di mercato.

I siti in cui si effettuano i processi di trasformazione della plastica sono siti in cui molteplici macchinari, a volte con caratteristiche tecnologiche differenti tra loro, effettuano lo stesso processo.

Nella *Tabella 3.4* sono riassunte, per i siti di trasformazione della plastica, le destinazioni d'uso specifiche definibili per ciascuna delle aree funzionali (Livello LD). Come già indicato per le Attività Principali la destinazione d'uso è sempre identificata con la produzione, sia netta che possibilmente anche lorda espressa in tonnellate.

Attività Principali		
Processo	Destinazione d'uso specifica	Unità di misura
Stampaggio a iniezione	Produzione netta e lorda	Tonnellate [t]
Estrusione (<i>film cast</i> e bolla, tubi, lastre, profilati)	Produzione netta e lorda	Tonnellate [t]
Termoformatura	Produzione netta e lorda	Tonnellate [t]
Granulazione o <i>Compounding</i>	Produzione netta e lorda	Tonnellate [t]
Estrusione-Soffiaggio (EBM)	Produzione netta e lorda	Tonnellate [t]
Soffiaggio o Stiro-Soffiaggio di preforme (IBM o ISBM)	Produzione netta e lorda	Tonnellate [t]
Servizi Ausiliari		
Processo	Destinazione d'uso specifica	Unità di misura
Produzione aria compressa	Aria compressa prodotta	Metri cubi [m ³]
Impianti di raffreddamento	Energia frigorifera fornita	Kilowattora frigo [kWh _{frigo}]
Impianti di aspirazione	Portata di aria aspirata x ore di funzionamento	Normal metri cubi/ secondo x ora [Nm ³ /s x h]
Movimentazione interne materie prime e prodotti	Quantità materie prime e prodotti movimentati	Tonnellate [t]
Servizi Generali		
Processo	Destinazione d'uso specifica	Unità di misura
Condizionamento invernale ed estivo di ambienti di lavoro e uffici	Superficie	Metri cubi [m ³]
	Gradi giorno	Gradi centigradi [°C]
Illuminazione	Superficie	Metri quadri [m ²]
	Flusso luminoso	Lumen [lm]

Tabella 3.4 - Destinazioni d'uso specifiche per ciascuna delle aree funzionali a Livello LD per i siti di trasformazione della plastica.

3.5 Il piano di monitoraggio dei consumi energetici

Secondo quanto prescritto dall'Art. 8 del D.lgs. 102/2014 [33], la Diagnosi Energetica deve essere eseguita in conformità ai "Criteri Minimi" contenuti nell'Allegato II 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" [38]) che, ai fini della conformità della Diagnosi Energetica, non è necessario misurare tutti i consumi energetici, ma è possibile definire ed implementare un **"Piano di Monitoraggio"** che includa quelli associati alle aree funzionali, opportunamente identificate, che contribuiscono in maniera significativa al Consumo complessivo dello Stabilimento. In questo capitolo verranno descritte le procedure per implementare un piano di monitoraggio dei consumi energetici, in riferimento al settore di trasformazione della plastica.

3.5.1 Modalità di misurazione

Di seguito è riportato, integralmente, il testo del paragrafo 7. 5 della pubblicazione *"La Diagnosi Energetiche ai sensi dell'art 8 del D.Lgs. 102/2014 e s.m.i - Linee Guida e Manuale Operativo - La Clusterizzazione dei siti, il rapporto di diagnosi ed il piano di monitoraggio"*, ENEA, 2021 [48].

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.
- ▷ **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.).

Nel caso di misure indirette è fatta salva la possibilità di adoperare metodologie di calcolo ampiamente consolidate presenti nella letteratura tecnica corrente.

3.5.2 Fasi per la progettazione di un piano di monitoraggio

Di seguito, nella *Tabella 3.5* è riportata una descrizione sintetica delle fasi per la progettazione del Piano di Monitoraggio proposto da ENEA ed il risultato della applicazione dei criteri descritti al caso di un sito in cui si effettuano i processi di trasformazione della plastica.

Fase operativa	Descrizione
Determinare il consumo del sito	Sommare i dati di consumo del sito (rilevabili dai contatori generali o dalle fatture di acquisto nel caso, ad esempio, del gasolio) relativi a ciascun vettore energetico impiegato dopo averli convertiti in unità di misura omogenee (es. tep, MJ, kWh). Il consumo di sito è costituito anche dai vettori energetici autoprodotti (tramite fonti energetiche rinnovabili) ed auto consumati.
Escludere dal monitoraggio i vettori energetici che hanno un contributo sul consumo del sito <10%	Valutare il contributo di ciascun vettore energetico sul consumo complessivo del sito e determinare quelli che hanno un contributo complessivo < 10%. Il vettore energetico che, nei siti in cui si effettua la trasformazione della plastica, contribuisce per la quasi totalità dei consumi energetici è, in genere l'energia elettrica, affiancata spesso dal gas naturale che però, nella maggior parte dei casi, è utilizzato solo per il riscaldamento degli ambienti e la produzione di ACS.
Escludere le macroaree al livello LC che hanno un contributo al consumo di ciascun vettore <10%	Valutare il contributo di ciascuna Area funzionale al Livello LC della Struttura Energetica Aziendale (Attività Principali, Servizi Ausiliari e Servizi Generali) e determinare quelle che hanno un contributo complessivo, su ciascun vettore energetico, inferiore al 10%. Nel caso di un sito tipico di trasformazione della plastica è possibile, generalmente escludere dalle analisi successive i Servizi Generali.

Fase operativa	Descrizione				
Determinare il livello di copertura minima garantito dal piano di monitoraggio	<p>Nota il consumo del sito è possibile determinare, utilizzando la Tabella seguente, il livello di copertura minima dei consumi che il Piano di monitoraggio dovrà garantire per i vettori energetici al Livello LC non esclusi nella fase precedente.</p>				
	Consumo anno di riferimento (tep/anno)		Attività principali	Servizi Ausiliari	Servizi Generali
	>10.000		85%	50%	20%
	8.900	10.000	80%	45%	20%
	7.800	8.899	75%	40%	20%
	6.700	7.799	70%	35%	20%
	5.600	6.699	65%	30%	20%
	4.500	5.599	60%	25%	10%
	3.400	4.499	55%	20%	10%
	2.300	3.399	50%	15%	10%
	1.200	2.299	45%	10%	5%
100	1.199	40%	5%	5%	
<p>Nel caso, ad esempio, di un sito di trasformazione della plastica con consumo pari a 5.250 tep, il Monitoraggio deve garantire, per ciascun vettore energetico significativo, una copertura del 60% dei consumi afferenti alle Attività Principali, del 25% di quelli dei Servizi Ausiliari e del 10% dei consumi afferenti ai Servizi Generali.</p> <p>Se il sito di trasformazione della plastica utilizza solo energia elettrica, oppure gli altri vettori energetici utilizzati hanno un contributo < del 10%, il Piano di Monitoraggio riguarderà solo l'energia elettrica, diversamente dovrà riguardare anche gli altri vettori energetici.</p>					
Determinare le aree di consumo e gli impianti da includere nel piano di monitoraggio	<p>Nota la copertura minima dei consumi che il Piano di Monitoraggio dovrà garantire, è possibile determinare le aree di consumo e gli impianti da includere nel Piano. A tale scopo ci si deve riferire al Livello LD della Struttura Energetica Aziendale. I consumi da includere nel Piano di Monitoraggio saranno quelli delle aree di consumo ed impianti la cui somma garantisce le coperture definite.</p>				

Tabella 3.5 – Fasi per il processo di progettazione di un Piano di Monitoraggio.

3.5.3 Esempio pratico e verifica percentuale copertura dei consumi

In *Figura 3.9* è riportata la distribuzione dei consumi energetici ed il consumo annuo di energia primaria calcolato in tep, che permette di individuare la percentuale di copertura da soddisfare con il piano di monitoraggio. Nel caso specifico a fronte di **3.594 tep di consumo annuo** di tipo solo Elettrico (pari a 19.219.000 kWh) la percentuale di copertura prevista dalle Linee Guida Enea è del **55%** dei consumi afferenti alle Attività Principali e del **20%** e **10%** dei consumi afferenti rispettivamente ai Servizi Ausiliari e Generali.

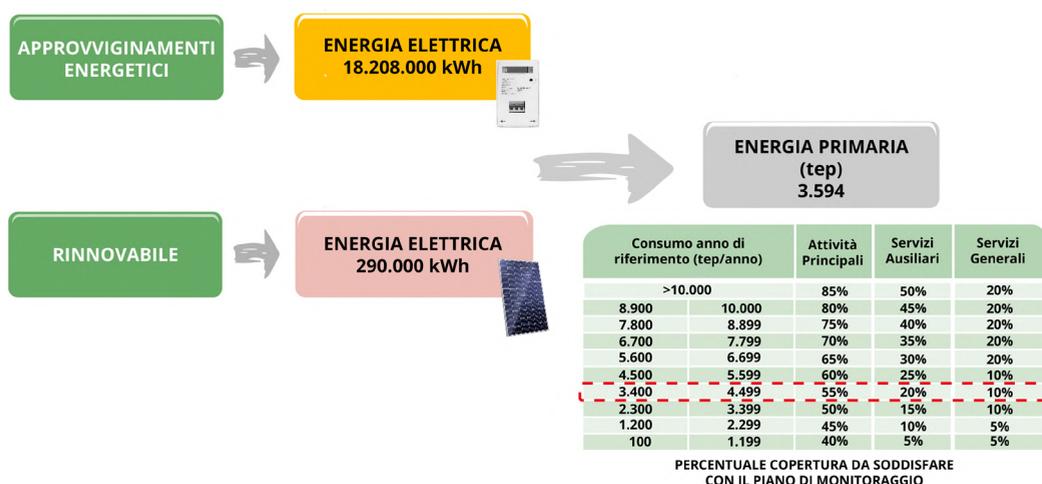


Figura 3.9 – Distribuzione consumi energetici e individuazione percentuale copertura da soddisfare.

In *Figura 3.10* viene valutato il rispetto della percentuale di copertura dei consumi totali associati alle aree funzionali omogenee (Livello LC) identificate nel *capitolo 3.3*. Nel calcolo della copertura dei consumi totali, viene attribuita una quota del **100%**, ai consumi della singola utenza presente in una delle aree funzionali omogenee, qualora questi siano monitorati da strumentazione fissa o attraverso misure indirette (campionamenti, campagne di misura, ecc.) in un intervallo temporale minimo significativo (almeno 30 giorni per ogni stagione termica oppure 15 giorni ogni quadrimestre).

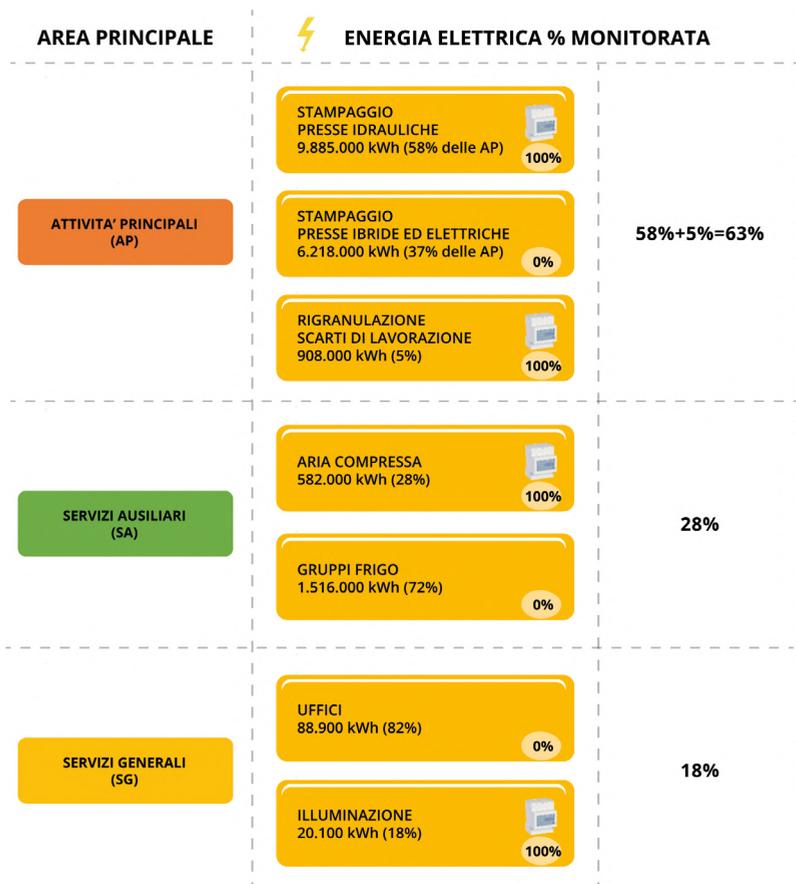


Figura 3.10 – Esempio di implementazione e verifica di un sistema di monitoraggio.

Con il monitoraggio descritto la percentuale di copertura minima dei consumi nelle 3 Aree funzionali risulta soddisfatta.

La diagnosi deve riportare i criteri di significatività per la selezione del campione adottato. I restanti consumi energetici devono essere stimati.

In *Tabella 3.6* vengono riportati i principali centri di consumo che potrebbero essere sottoposti a monitoraggio con i relativi:

- ▷ Indici di Prestazione Energetica specifico (IPEs) o di secondo livello;
- ▷ parametro monitorato (vettore energetico; destinazione d'uso specifica) con relativa unità di misura;
- ▷ tipologia di strumento di misura utilizzabile per il monitoraggio;
- ▷ note generali per l'attuazione e messa in opera del sistema di monitoraggio.

ATTIVITA' PRINCIPALI					
Area funzionale	IPEs	Misura	UdM	Strumento	Note
Processo/i principale/i (Stampaggio a iniezione; Estrusione; Granulazione, ecc.)	IPEs = kWh/t	Energia elettrica	kWh	Multimetro digitale	La misura del consumo energetico può essere implementata installando lo strumento sul singolo macchinario oppure su un insieme di macchinari con tecnologia simile (es. presse ad iniezione tutte idrauliche senza inverter, o tutte elettriche, oppure estrusori tutti film cast, ecc.). Indicare la soluzione adottata in diagnosi. Per ogni macchinario indicare la tipologia tecnologica (ad es. indicare se si tratta di pressa idraulica con o senza inverter, elettrica o ibrida, estrusore film, o tubi, ecc) Periodo minimo monitoraggio: è consigliato l'utilizzo permanente per gli impianti più energivori. Frequenza di acquisizione: almeno mensile. In caso di strumentazione removibile, almeno 30 giorni per ogni stagione termica (oppure 15 giorni ogni quadrimestre).
		Produzione	t	Gestionale di produzione	
Processi secondari (Mov/Trasp/Aspir materia prima; Miscelazione materia prima, Granulazione scarti di lavorazione)	IPEs = kWh/t	Energia elettrica	kWh	Multimetro digitale	La misura del consumo energetico può essere implementata installando lo strumento sul macchinario (soprattutto in relazione alla granulazione di scarti di lavorazione che è il processo secondario più energivoro). Oppure è possibile effettuare una campagna di misura con strumentazione removibile almeno 30 giorni per ogni stagione termica (oppure 15 giorni ogni quadrimestre). Negli altri casi la misura è opzionale.
		Produzione	t	Gestionale di produzione	

ATTIVITA' PRINCIPALI					
Area funzionale	IPEs	Misura	UdM	Strumento	Note
Consumi di gas naturale per il processo (es.: avviamenti Termocombustione, <i>Sleevers</i> , ecc.)	IPEs = Sm^3/t	Gas naturale	m^3	Quantometro	Misura opzionale. La misura del consumo energetico può essere implementata installando un quantometro che misuri il consumo di gas alle effettive condizioni di esercizio (P e T). Al quantometro deve essere applicato un convertitore in Sm^3 . La misura della produzione andrebbe riferita al particolare processo (ad es. alla quantità di prodotto etichettata nel caso di <i>sleevers</i>).
			Sm^3	Convertitore	
		Produzione	t	Gestionale di produzione	

SERVIZI AUSILIARI					
Area funzionale	IPEs	Misura	UdM	Strumento	Note
Produzione aria compressa	IPEs = kWh/Nm^3 di aria prodotta	Energia elettrica	kWh	Multimetro digitale	La misura del consumo energetico può essere implementata installando lo strumento sul quadro elettrico di alimentazione del compressore. Nel caso di più compressori è possibile prevedere la misura del consumo di ogni singolo compressore o della sala compressori. Indicare la soluzione adottata e se il consumo include anche il consumo degli essiccatori o di altri ausiliari. Specificare la pressione di esercizio di ogni compressore (in bar). La misura della portata di aria prodotta deve essere effettuata a valle del compressore o della sala compressori. Periodo minimo di monitoraggio suggerito: 1 mese.
		Aria prodotta	Nm^3	Misuratore di portata	

SERVIZI AUSILIARI					
Area funzionale	IPEs	Misura	UdM	Strumento	Note
Aspirazione aria di processo	IPEs = kWh/ Nm ³ di aria aspirata	Energia elettrica	kWh	Multimetro digitale	<p>Misura opzionale. La misura del consumo energetico può essere implementata installando lo strumento sul quadro elettrico di alimentazione dell'impianto di aspirazione.</p> <p>La misura della portata di aria aspirata e trattata può risultare difficile e costosa. Nel caso in cui il rapporto costi/benefici sia svantaggioso economicamente è possibile limitarsi al monitoraggio del solo consumo energetico.</p> <p>Se disponibili, è possibile usare i dati relativi alla portata misurata periodicamente per pratica ambientale relativa alle emissioni.</p>
		Portata aria x ore funzionam	Nm ³ /s x h	Misuratore di portata	
Raffreddamento processo	IPEs = kWh/ kWh _{frigo}	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.</p> <p>La misura dell'energia frigorifera prodotta in continuo può risultare difficile e costosa. Nel caso in cui il rapporto costi/benefici sia svantaggioso economicamente è possibile limitarsi al monitoraggio del solo consumo energetico.</p>
		Energia termica	kWh _{frigo}	Contacalorie	

Tabella 3.6 – Esempio di un sistema di Monitoraggio dei consumi e strumentazione idonea per il settore di trasformazione dalla plastica.

3.6 Identificazione delle opportunità di risparmio energetico

L'identificazione delle opportunità di risparmio energetico all'interno della struttura energetica aziendale rappresenta un obiettivo fondamentale della diagnosi energetica.

In particolare, si possono considerare quattro linee principali di intervento:

- I. La **valutazione di vettori energetici** alternativi: identificare i vettori energetici più adeguati all'utilizzo che se ne deve fare.
- II. I **sistemi di conversione dell'energia**: identificare le opportunità di miglioramento dell'efficienza di conversione dei principali trasformatori di energia (es. caldaie, trasformatori elettrici, gruppi frigoriferi, cogeneratori etc.).
- III. La **distribuzione dell'energia**: identificare le opportunità di efficientamento nei trasformatori, cavi, commutatori e il possibile miglioramento del fattore di potenza in impianti elettrici e acqua refrigerata, nel raffreddamento dell'acqua, nell'aria compressa, etc..
- IV. Gli **utilizzatori di energia**: insieme ai sistemi di trasformazione di energetica rivestono un ruolo chiave nell'individuazione delle opportunità di efficientamento energetico (es. illuminazione, motori elettrici, apparati di processo etc.).

Gli interventi di efficientamento che si possono individuare sono di due tipologie: quelli di carattere gestionale, ad esempio correggendo o migliorando la modalità di utilizzo dell'energia e quelli tecnici/impiantistici, come ad esempio la sostituzione di apparati.

La fattibilità tecnico-economica degli interventi di risparmio energetico identificati rappresenta il parametro chiave per la loro successiva realizzazione.

Dal punto di vista tecnico la fattibilità deve considerare il cosiddetto dimensionamento tecnico:

- ▷ La disponibilità della tecnologia, lo spazio di installazione, l'eventuale manodopera qualificata necessaria, l'affidabilità, etc..
- ▷ L'impatto delle misure di efficientamento energetico sulla sicurezza, sulla qualità, sul processo o servizio.
- ▷ La necessità di manutenzione e la disponibilità dei pezzi di ricambio.
- ▷ L'evoluzione dei consumi e i vincoli tecnico/normativi.

L'analisi economica, invece, è la valutazione che l'impresa è chiamata ad effettuare per confrontare e poter scegliere la convenienza di possibili alternative di interventi di efficienza energetica. Questo studio deve essere fatto tenendo conto di tutti i costi associati all'intervento durante la sua vita operativa (come richiesto anche dalla Direttiva 2010/31/UE). La convenienza delle differenti alternative progettuali può variare in ragione di:

- ▷ Investimenti necessari (CAPEX⁴).
- ▷ Costi operativi (OPEX⁵).
- ▷ Risparmi conseguibili.
- ▷ Sensibilità alle variazioni.
- ▷ Rischi.

Pertanto, per poter valutare correttamente un investimento è necessario che l'analisi riporti le seguenti informazioni:

- ▷ L'investimento complessivo necessario per il progetto (CAPEX).
- ▷ L'andamento dei costi operativi (OPEX), nascenti e cessanti.
- ▷ Proposte per fonti e costi di finanziamento.
- ▷ Valutazioni in merito alla redditività del progetto.
- ▷ Analisi dei possibili rischi.

Le variabili principali che debbono essere prese in considerazione per la valutazione della redditività del progetto sono:

- ▷ Il **Valore Attuale Netto (VAN)**, cioè, la somma algebrica dei flussi di cassa originati da un progetto, attualizzati ad un determinato tasso di attualizzazione (esempio: WACC⁶), in un arco di tempo definito.

$$VAN = \sum_{t=1}^N \frac{FC_t}{(1+r)^t} - I_0$$

4 CAPEX (dal termine inglese *CAPital Expenditure*) sono gli investimenti in capitali.

5 OPEX (dal termine inglese *OPerative EXpense*) è il costo necessario per gestire un prodotto, business o sistema altrimenti detti costi di O&M (*Operation and Maintenance*) ovvero costi operativi o di gestione.

6 WACC (dall'inglese *Weighted Average Cost of Capital*) o Costo Medio Ponderato del capitale è calcolato come la media ponderata tra il costo del debito ed il costo del capitale proprio, sintetizza il costo (dividendi e interessi) che l'azienda paga per finanziarsi.

Dove:

FC_t è il flusso di cassa al tempo t

r è il tasso d'attualizzazione

I_0 è l'investimento iniziale

N la vita utile del progetto, o periodo d'attualizzazione.

Chiaramente, valori positivi del VAN indicano che l'intervento è conveniente, mentre valori negativi dicono che non è conveniente.

- ▷ **L'Indice di profitto (IP)**, il rapporto tra il VAN e l'investimento (I_0). È un parametro utile per stabilire una graduatoria di merito di più interventi con VAN positivi, quando, per esempio, non si ha sufficiente copertura finanziaria per realizzarli tutti.

$$IP = \frac{VAN}{I_0}$$

- ▷ Il **TIR (Tasso Interno di Rendimento)**, o **IRR (Internal Rate of Return)**, rappresenta la redditività del progetto che si sta valutando, in pratica è il rendimento % del progetto. Analiticamente, il TIR è il tasso d'attualizzazione che rende il VAN pari a zero:

$$\sum_{t=1}^N \frac{FC_t}{(1 + TIR)^t} - I_0 = 0$$

- ▷ Il **Tempo di Ritorno o pay back period (PBP: periodo di recupero)** indica il tempo impiegato per recuperare il capitale investito in un determinato progetto. Il concetto di tempo di recupero è limitato al solo capitale investito distinto, pertanto, dagli interessi e dagli utili dell'investimento. Sostanzialmente, indica il periodo necessario affinché la somma dei flussi di cassa previsti eguagliano l'investimento iniziale.

Può essere quindi valutato in due differenti modi:

- I. Tempo di ritorno semplice: Attraverso l'analisi dei flussi di cassa semplici NON attualizzati;
- II. Tempo di ritorno attualizzato: Attraverso l'analisi dei flussi di cassa attualizzati.

Il Tempo di Ritorno Semplice dà indicazioni semplificate, sul tempo di ritorno di un investimento, poiché, non tiene conto del

tasso di interesse/attualizzazione, non tiene conto della vita utile dell'investimento e solitamente è calcolato sui flussi di cassa medi.

Si calcola come semplice rapporto tra investimento e flusso di cassa medio lungo il periodo di vita dell'investimento.

Il Tempo di Ritorno Attualizzato (o semplicemente tempo di ritorno) dà indicazioni sul tempo di ritorno di un investimento utilizzando i flussi di cassa attualizzati. Viene calcolato utilizzando la seguente formula:

$$\sum_{t=1}^{PBP} \frac{FC_t}{(1+r)^t} - I_0 = 0$$

Dove:

FC_t è il flusso di cassa al tempo t ;

r : è il tasso d'attualizzazione;

I_0 : è l'investimento iniziale;

N : la vita utile del progetto, o periodo d'attualizzazione.

Quanto più il tempo di ritorno attualizzato è inferiore alla vita utile del progetto, tanto più è conveniente l'investimento.

Il calcolo degli indici sopra elencati permette una prima valutazione sulla bontà o meno del progetto analizzato, ma per garantire maggiori certezze all'investitore è necessario che questa analisi sia corredata da una analisi dei rischi. L'analisi dei rischi risponde alla tipica domanda «ma cosa accadrebbe se...?» (*what is analysis*) Attraverso questa analisi si devono quantificare, valutare, pesare gli effetti sui Flussi di Cassa delle variazioni delle variabili critiche (o *driver*) di progetto (es. il prezzo dell'energia).

4. Analisi dei consumi energetici

Uno degli aspetti qualificanti di una diagnosi energetica di qualità è l'analisi dei consumi energetici che dovrebbe essere caratterizzata anche attraverso il confronto dei consumi energetici del sito analizzato con quello di siti che abbiano processi e prodotti simili.

In particolare, è necessario analizzare e confrontare gli indici di prestazione energetica del sito analizzato con indici di riferimento o *benchmark* [52].

I parametri di riferimento per il settore specifico considerato sono stati determinati attraverso le analisi settoriali dei consumi energetici condotte da ENEA considerando la popolazione di diagnosi energetiche obbligatorie caricate a portale ENEA ai sensi del D.Lgs. 102/2014 ed estrapolando un campione sufficientemente rappresentativo sul quale procedere. È evidente che, trattandosi di analisi di tipo statistico, tali parametri potrebbero però non rappresentare pienamente tutte le casistiche particolari che potrebbero essere riscontrate all'interno di un processo produttivo che siano documentatamente significative e dirimenti nella eventualmente differente analisi dei consumi.

4.1 Campione analizzato

Il campione di siti, utilizzato ai fini del presente lavoro, è stato superiore alle 600 unità distribuite su quasi la totalità del territorio nazionale.

In *Figura 4.1* è riportata la distribuzione geografica dei siti utilizzati per la determinazione degli indici di riferimento. Come si può osservare la maggior parte dei siti è concentrata al Nord Italia (72% circa), mentre al Centro e Sud Italia sono localizzati rispettivamente il 17% e l'11% dei siti.

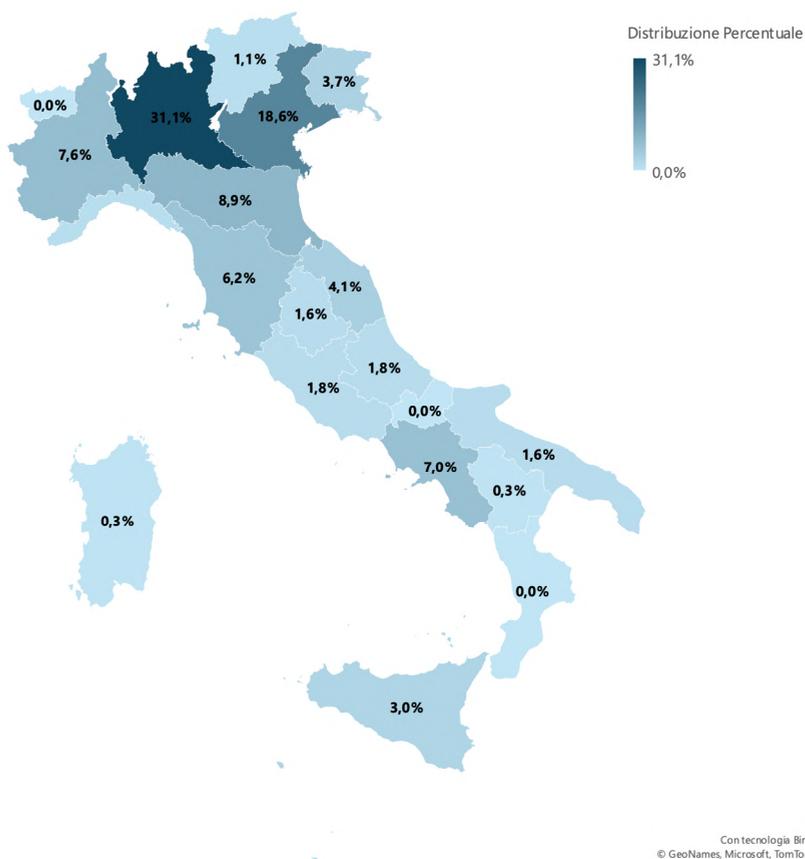


Figura 4.1 - Distribuzione geografica dei siti analizzati.

Al fine di rendere il più esaustivo e completo il lavoro, esclusivamente per la tecnologia di trasformazione della plastica rappresentata dalla Granulazione o Compounding, oltre ai siti relativi al Codice ATECO 22.2 – Fabbricazione di articoli in materie plastiche, sono stati considerati anche i siti appartenenti ai Codici ATECO all'interno dei quali sono effettuate le medesime lavorazioni, di produzione di granulato plastico partendo da materia prima vergine (resine e additivi) oppure da scarti di lavorazione e prodotti invenduti, e/o dalla Raccolta Differenziata (RD) dei rifiuti:

- ▷ ATECO 20.16.00 – Fabbricazione di materie plastiche in forme primarie;
- ▷ ATECO 38.32.20 - Recupero e preparazione per il riciclaggio di materiale plastico per produzione di materie prime plastiche, resine sintetiche.

4.2 Distribuzione dei consumi energetici nel settore della plastica

Il vettore energetico maggiormente utilizzato nel settore di trasformazione della plastica è rappresentato dall'energia elettrica, che in molti casi risulta essere l'unico vettore energetico utilizzato nel sito.

Il gas naturale viene utilizzato normalmente per il condizionamento invernale di ambienti di lavoro e uffici e produzione di acqua calda sanitaria (ACS), in alcuni casi per l'autoproduzione di energia elettrica e calore/freddo attraverso impianti di Cogenerazione/Trigenerazione, e raramente per finalità di processo. Ai consumi di energia elettrica e gas naturale si affiancano minimi consumi di gasolio e GPL che riguardano quasi sempre o il trasporto interno delle merci (tramite muletti o carrelli elevatori), o il condizionamento invernale degli ambienti di lavoro e degli uffici e la Produzione di acqua calda sanitaria e che sono in genere trascurabili. I consumi di gasolio, benzina e GPL utilizzati per l'autotrazione non sono presi in considerazione nei risultati di seguito presentati. Nel presente lavoro i consumi relativi ai combustibili fossili e comunque in genere legati alla produzione di calore verranno definiti come consumi termici.

Per tutte le distribuzioni dei consumi si è fatto riferimento ai MJ.

In *Figura 4.2* è mostrata la distribuzione di tutti i vettori energetici acquistati dai siti in cui si effettuano i processi di trasformazione della plastica, comprese quindi, solo in questo caso, anche le quantità di GPL e Gasolio destinate all'autotrazione. Come si può osservare dalla figura, i vettori energetici acquistati sono rappresentati da energia elettrica, gas naturale, GPL e Gasolio. In particolare, l'energia elettrica rappresenta il 75% dei vettori acquistati, mentre il 24,4% è rappresentato dal gas naturale. Piccole percentuali sono invece quelle relativi agli acquisti di GPL e Gasolio, pari rispettivamente allo 0,4% e allo 0,2% del totale.

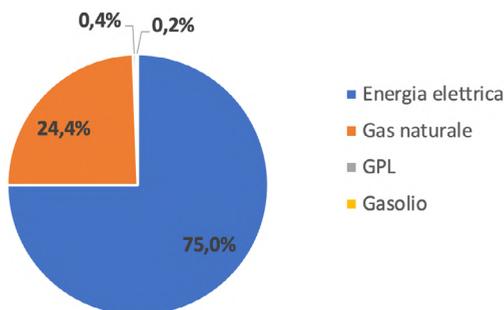


Figura 4.2 - Distribuzione % dei vettori energetici acquistati.

In *Figura 4.3* è mostrata la distribuzione dei consumi tra Elettrico e Termico per i siti afferenti al Codice ATECO 22.2. Va precisato che dal consumo Termico sono stati esclusi i consumi di gas naturale inviato agli impianti di cogenerazione o trigenerazione (che, quando presenti, sono dedicati a produrre elettricità, calore e freddo di processo) e, come già specificato, i consumi dei carburanti utilizzati per l'autotrazione. Il consumo Elettrico comprende invece i contributi derivanti dalle autoproduzioni presenti nel sito (cogenerazione o trigenerazione e fotovoltaico). Come si può osservare dalla figura, circa l'85% dei consumi di sito riguarda il vettore energia elettrica, mentre il restante 15% circa è un consumo di energia termica (che comprende tutti i vettori fossili tranne il gas naturale in cogenerazione e i carburanti utilizzati per l'autotrazione).

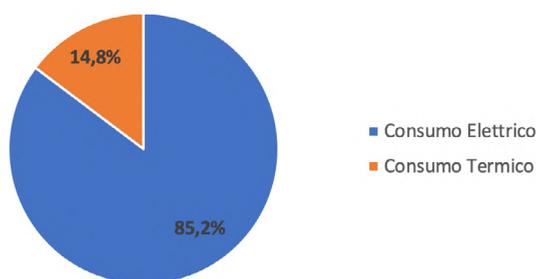


Figura 4.3 - Distribuzione % dei consumi tra Elettrico e Termico.

In *Figura 4.4* è mostrata la distribuzione del consumo Termico tra i vari vettori energetici. Come si può osservare l'80% circa del consumo Termico è attribuibile al gas naturale (sempre escludendo i quantitativi destinati agli impianti di cogenerazione), il 12% e il 3,5% circa sono rispettivamente di freddo e calore da Cogenerazione o Trigenerazione, mentre il gasolio e il GPL ricoprono rispettivamente le percentuali dell'1,6% e del 2,7% circa.

Gli usi di gasolio (esclusa l'autotrazione) sono dovuti principalmente a: riscaldamento ambienti, trasporti interni (muletti e carrelli elevatori), gruppi antincendio, verniciature.

Gli usi di GPL (esclusa l'autotrazione) sono invece dovuti principalmente a: riscaldamento ambienti, trasporti interni (muletti e carrelli elevatori), flexografia, serigrafia, taglio, processi di stampa dei prodotti plastici.

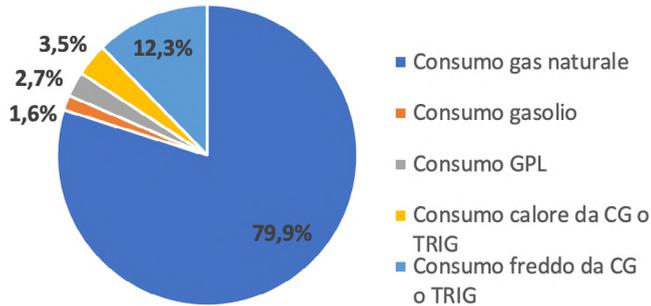


Figura 4.4 - Distribuzione % del consumo Termico tra i vari vettori energetici.

Nella *Figura 4.5* è mostrata la distribuzione percentuale dei consumi del vettore gas naturale tra Cogenerazione o Trigenerazione, usi "di processo" (comprendenti sia le Attività Principali che i Servizi Ausiliari) e Servizi Generali (Riscaldamento ambienti e produzione di ACS).

Come si può osservare dalla figura, il 56% del gas naturale acquistato è destinato alla Cogenerazione o Trigenerazione, quasi il 28% ad usi di processo, mentre il restante 16% circa è utilizzato nelle caldaie per il Riscaldamento ambienti e la produzione di ACS.

Gli usi di gas naturale per il processo riguardano soprattutto: avviamenti degli impianti di Post-combustione, processo di *sleeper*, essiccazione della materia prima, processi di stampa dei prodotti plastici, flexografia e serigrafia, pulizia impianti e rari utilizzi per Estrusione (riscaldamento teste di estrusione) e Termoformatura.

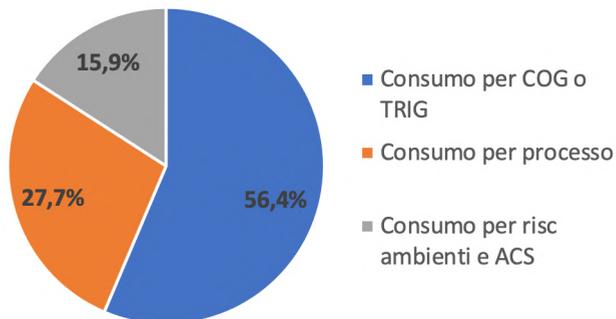


Figura 4.5 - Distribuzione % del consumo di gas naturale.

Per il settore di trasformazione della plastica, le tre Aree Principali della struttura energetica comprendono i processi/aree funzionali indicate di seguito:

- a. **Attività Principali:** processi strettamente correlati alla destinazione d'uso generale dell'azienda e che costituiscono il "core business" del sito, quindi nel caso specifico, i processi di: Stampaggio a iniezione, Estrusione, Termoformatura, Granulazione o Compounding, Estrusione-Soffiaggio, Soffiaggio e Stiro-Soffiaggio, ma anche tutti gli altri impianti ad essi connessi, come Movimentazione/Trasporto/Aspirazione materia prima, Miscelazione, Essiccazione materia prima, Macinazione e Ri-granulazione degli scarti di lavorazione, ecc.
- b. **Servizi Ausiliari:** comprendono le attività caratterizzate dalla trasformazione del vettore energetico in ingresso in altrettanti vettori energetici utilizzati nelle Attività principali, quindi nel caso specifico: gli impianti di produzione di aria compressa e del freddo di processo, gli impianti di aspirazione dell'aria di processo e di ventilazione, sistemi di pompaggio, Movimentazione materiali all'interno dello stabilimento tramite muletti e carrelli elevatori, ecc.
- c. **Servizi Generali:** comprendono le attività collegate alle Attività Principali, i cui consumi non sono però ad esse strettamente correlati, quindi nel caso specifico: gli impianti di Illuminazione, gli impianti di Condizionamento degli ambienti di lavoro e degli uffici.

Nella *Figura 4.6* è mostrata la distribuzione dei consumi del vettore energia elettrica nelle 3 Aree Principali per il settore di trasformazione della plastica. Come si può osservare dalla figura, il 71% circa dei consumi elettrici è concentrato nelle Attività Principali, i Servizi Ausiliari coprono il 23%, circa mentre il restante 6% circa dei consumi elettrici è da attribuire ai Servizi Generali.

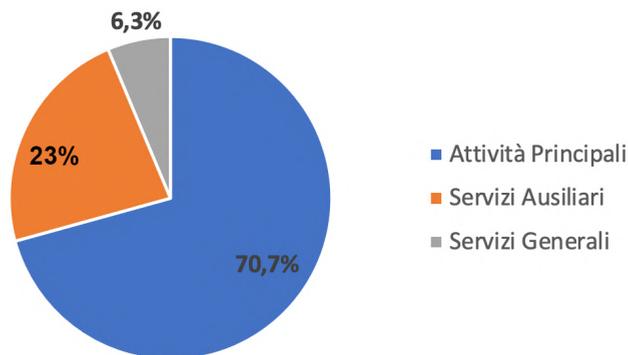


Figura 4.6 - Distribuzione % del consumo Elettrico nelle 3 Aree Principali.

Sempre in riferimento al consumo Elettrico, la *Figura 4.7* mostra la distribuzione dei consumi di energia elettrica tra energia acquistata da rete, energia prodotta da Fotovoltaico ed energia prodotta da Cogenerazione o Trigenerazione. Come si può osservare dalla figura, il 93% circa dell'energia elettrica consumata da tutti i siti di trasformazione delle materie plastiche è acquistata dalla rete, il 6,3% è prodotta da impianti di Cogenerazione o Trigenerazione presenti nei siti, mentre il restante 0,9% è prodotta da impianti fotovoltaici.

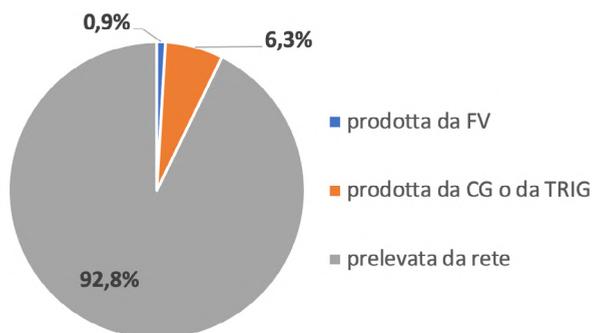


Figura 4.7- Distribuzione % del consumo Elettrico in funzione della provenienza.

In relazione agli impianti Fotovoltaici, si specifica che questi sono presenti nel 18% circa dei siti analizzati, ed in questi siti forniscono mediamente per circa il 6% dell'energia elettrica consumata.

In relazione agli impianti di Cogenerazione o trigenerazione invece, si specifica che sono presenti nel 4% circa dei siti, in cui producono una media del 41% circa dell'energia elettrica consumata.

4.3 Indici di Prestazione Energetica (IPE)

In questo paragrafo vengono riportati i risultati ottenuti per la determinazione degli IPE dei processi tipici della trasformazione della plastica. In particolare, sono stati determinati gli IPE dei seguenti processi:

- ▷ Stampaggio a iniezione.
- ▷ Estrusione (film cast e bolla, tubi, lastre e profilati).
- ▷ Termoformatura.
- ▷ Granulazione o *Compounding*.
- ▷ Estrusione-Soffiaggio.
- ▷ Soffiaggio o Stiro-Soffiaggio di preforme.

Come destinazione d'uso è stata considerata la produzione netta annua, espressa in tonnellate.

Si precisa che, in relazione al fatto che in uno stesso sito di trasformazione della plastica spesso sono presenti più di uno dei diversi processi elencati, nelle elaborazioni effettuate in questo quaderno, ove non diversamente indicato, si è fatto riferimento ai dati di consumo energetico e di produzione del singolo macchinario. Quindi per un corretto confronto delle proprie prestazioni energetiche è opportuno considerare il consumo energetico e la produzione di ogni proprio singolo macchinario e non quelli dell'intero stabilimento o dei singoli diversi processi presenti considerati in maniera cumulata.

4.4. IPE per lo Stampaggio a iniezione

Gli IPE per il processo di Stampaggio a iniezione sono stati determinati riferendosi alle 4 tipologie di presse presenti nei siti e cioè:

- ▷ Presse di tipo idraulico senza inverter.
- ▷ Presse di tipo idraulico con inverter.
- ▷ Presse di tipo ibrido.
- ▷ Presse di tipo elettrico.

4.4.1 IPE specifico presse a iniezione idrauliche senza inverter

In *Tabella 4.1* è riportato l'IPE medio Elettrico della pressa idraulico senza inverter per 4 intervalli di produzione.

IPE specifico presse a iniezione idrauliche senza inverter			
Campo di variazione destinazione d'uso [t]		IPE [kWh/t]	Coefficiente di variazione [%]
10	50	2.164 ± 860	40%
51	150	1.289 ± 470	36%
151	2.000	755 ± 371	49%
2.001	4.000	336 ± 35	10%

Tabella 4.1 - IPE medio del consumo della pressa idraulica senza inverter in funzione della produzione.

4.4.2 IPE specifico presse a iniezione idrauliche con inverter

In *Tabella 4.2* è riportato l'IPE medio Elettrico della pressa idraulica con inverter per 4 intervalli di produzione.

IPE specifico presse a iniezione idrauliche con inverter			
Campo di variazione destinazione d'uso [t]		IPE [kWh/t]	Coefficiente di variazione [%]
10	50	NON AFFIDABILE	-
51	150	851 ± 485	57%
151	2.000	628 ± 187	30%
2.001	4.600	314 ± 53	17%

Tabella 4.2 - IPE specifico medio del consumo della pressa idraulica con inverter in funzione della produzione.

4.4.3 Confronto tra presse idrauliche senza e con inverter

Andando a confrontare le due tipologie di presse idrauliche (con e senza inverter), si osserva che, in caso di presenza di inverter sulle presse, gli IPE sono minori per ogni intervallo di produzione (a parte il primo intervallo, non confrontabile in quanto l'IPE delle presse con inverter non è affidabile).

In particolare, come si può osservare dalla *Tabella 4.3*, l'installazione di inverter sulle presse idrauliche risulta essere maggiormente conveniente per l'intervallo di produzione da 50 a 150 t annue, quindi per presse di dimensioni minori, dove raggiunge una percentuale di risparmio di energia elettrica del 34%, mentre scende con l'aumentare della quantità di produzione annua e quindi delle dimensioni della pressa.

Confronto IPE Presse a iniezione idrauliche CON e SENZA inverter				
Campo di variazione destinazione d'uso [t]		IPE Pressa SENZA Inverter [kWh/t]	IPE Pressa CON Inverter [kWh/t]	Variazione % IPE
10	50	2.164 ± 860	NON AFFIDABILE	-
51	150	1.289 ± 470	851 ± 485	34%
151	2.000	755 ± 371	628 ± 187	17%
2.001	4.600	336 ± 35	314 ± 53	6%

Tabella 4.3 - Confronto IPE tra presse idrauliche con e senza inverter.

4.4.4 IPE specifico presse a iniezione ibride

In *Tabella 4.4* è riportato l'IPE medio Elettrico della pressa ibrida per l'intero intervallo di produzione.

In questo caso viene fornito un unico intervallo di produzione in quanto l'IPE medio riscontrato dall'analisi dei dati a disposizione è risultato mantenersi pressoché costante al variare della produzione.

IPE specifico presse a iniezione ibride			
Campo di variazione destinazione d'uso [t]		IPE [kWh/t]	Coefficiente di variazione [%]
10	1.000	723 ± 224	31%

Tabella 4.4 - IPE specifico medio del consumo della pressa ibrida in funzione della produzione.

4.4.5 IPE specifico presse ad iniezione elettriche

In *Tabella 4.5* è riportato l'IPE medio Elettrico della pressa elettrica per 3 intervalli di produzione.

Come si può osservare dalla tabella le presse elettriche dimostrano un netto miglioramento delle loro prestazioni energetiche per tonnellata di prodotto (IPEs) all'aumentare della "taglia di produzione". Questo è dovuto al fatto che le presse più piccole sono in genere dedicate a prodotti elettrici ed elettronici o per l'industria farmaceutica, cioè a prodotti di piccola dimensione e di basso peso che richiedono, per la loro realizzazione, un più elevato numero di cicli della pressa. All'aumentare del numero di cicli, infatti, diminuiscono i cosiddetti "tempi morti", la cui maggior durata durante i cicli rende più conveniente, dal punto di vista dei consumi energetici, l'utilizzo della pressa elettrica. Inoltre, spesso, in caso di presse piccole, il consumo Elettrico comprende anche quello del minichiller ad essa dedicato, con conseguente aumento dell'IPEs rispetto alle altre tipologie di presse.

IPE specifico presse elettriche			
Campo di variazione destinazione d'uso [t]		IPE [kWh/t]	Coefficiente di variazione [%]
10	50	1.239 ± 472	38%
51	150	827 ± 324	39%
151	1.000	331 ± 116	35%

Tabella 4.5 - IPE specifico medio del consumo della pressa elettrica in funzione della produzione.

4.4.6 Confronto IPE tra le 4 tipologie di presse a iniezione

Nella *Tabella 4.6* viene presentato un confronto dell'IPE medio delle 4 tipologie di presse a iniezione per due intervalli omogenei di taglia produttiva: tra 50 e 150 t/anno e tra 151 e 1.000 t/anno.

Confronto IPE tra le 4 tipologie di presse a iniezione		
Tipo Pressa	Intervallo produzione 51 – 150 t	Intervallo produzione 151 – 1000 t
Idraulica SENZA inverter	1.289 ± 470	755 ± 371
Idraulica CON inverter	851 ± 485	628 ± 187
Ibrida	723 ± 224	723 ± 224
Elettrica	827 ± 324	331 ± 116

Tabella 4.6 - Confronto IPE specifico medio delle 4 tipologie di presse a iniezione.

Nel confronto tra presse idrauliche ed ibride emerge che le presse ibride presentano performance energetiche migliori di quelle idrauliche senza inverter.

Nel caso invece di confronto tra ibride e idrauliche con inverter emerge che le ibride risultino essere più efficienti per livelli di produzione annua maggiori ($t > 150$ e quindi presse più grandi), mentre per produzioni minori di 150 t/anno (e quindi per presse più piccole) risultano più performanti le presse idrauliche con inverter.

Infine, riguardo le presse elettriche risulta una maggiore convenienza, in termini di minore consumo energetico per tonnellata prodotta, per le presse di più grandi dimensioni (produzione annua maggiore di 150 t), raggiungendo infatti risparmi energetici per tonnellata di prodotto, rispetto ad una pressa idraulica o ibrida, di circa il 50%. Tali vantaggi, dalle analisi svolte non risultano invece così evidenti per presse elettriche di piccole dimensioni, come già evidenziato nel paragrafo dedicato.

4.5 IPE specifico Estrusione

In relazione al processo di Estrusione vengono forniti separatamente i dati relativi agli estrusori dedicati alla produzione di:

- ▷ film cast;
- ▷ film bolla;

- ▷ tubi;
- ▷ lastre;
- ▷ profilati.

4.5.1 IPE specifico Estrusione “film cast”

In *Tabella 4.7* è riportato, suddiviso per due livelli di produzione annua, l'IPE specifico medio relativo al consumo Elettrico per il processo di estrusione “film cast”.

IPE specifico Estrusione “film cast”			
Campo di variazione destinazione d'uso [t]		IPE [kWh/t]	Coefficiente di variazione [%]
130	4.000	596 ± 291	49%
4.001	8.500	524 ± 171	33%

Tabella 4.7 - IPE specifico medio del consumo Elettrico in funzione della produzione per il processo di Estrusione “film cast”.

4.13 IPE specifico Estrusione “film bolla”

In *Tabella 4.8* è riportato l'IPE specifico medio Elettrico per il processo di estrusione “film bolla”.

IPE specifico Estrusione “film bolla”			
Campo di variazione destinazione d'uso [t]		IPE [kWh/t]	Coefficiente di variazione [%]
130	4.000	427 ± 142	33%

Tabella 4.8 - IPE specifico medio del consumo Elettrico in funzione della produzione per il processo di Estrusione “film bolla”.

4.5.3 Confronto IPE specifico Estrusione “film cast” e “film bolla”

In *Tabella 4.9* è riportato il confronto dell'IPE specifico medio tra Estrusione “film cast” e “film bolla” nell'intervallo di produzione tra 130 e 4.000 t. Come si può osservare dalla tabella l'Estrusione “film bolla” risulta richiedere circa il 28% di energia elettrica in meno rispetto al corrispondente processo “film cast”.

Confronto IPE Estrusione “film cast” e “film bolla”				
Campo di variazione destinazione d'uso [t]		IPE Estrusione “film cast” [kWh/t]	IPE Estrusione “film bolla” [kWh/t]	Variazione % IPE
130	4.000	596 ± 291	427 ± 142	28%

Tabella 4.9 – Confronto dell'IPE medio per Estrusione “film cast” e “film bolla”.

4.5.4 IPE specifico Estrusione tubi

In *Tabella 4.10* è riportato l'IPE specifico medio Elettrico per l'estrusione di tubi. Si specifica che per i siti in cui si realizza l'estrusione di tubi in plastica, a differenza delle altre elaborazioni, l'IPE medio è riferito ad una linea di produzione che può comprendere o un solo estrusore, oppure 2 o più estrusori rispettivamente se la linea stessa è dedicata alla produzione di tubi monostrato o corrugati, oppure di tubi multistrato.

IPE specifico Estrusione tubi			
Campo di variazione destinazione d'uso [t]		IPE [kWh/t]	Coefficiente di variazione [%]
100	5.000	384 ± 172	45%

Tabella 4.10 – IPE specifico medio del consumo Elettrico in funzione della produzione per l'estrusione dei tubi.

4.5.5 IPE specifico Estrusione lastre

In *Tabella 4.11* è riportato l'IPE specifico medio Elettrico per l'estrusione di lastre.

IPE specifico Estrusione lastre			
Campo di variazione destinazione d'uso [t]		IPE [kWh/t]	Coefficiente di variazione [%]
100	5.000	638 ± 301	47%

Tabella 4.11 - IPE specifico medio del consumo Elettrico in funzione della produzione per l'estrusione delle lastre.

4.5.6 IPE specifico Estrusione profilati

In *Tabella 4.12* è riportato l'IPE specifico medio Elettrico per l'estrusione di profilati.

IPE specifico Estrusione profilati			
Campo di variazione destinazione d'uso [t]		IPE [kWh/t]	Coefficiente di variazione [%]
100	5.000	739 ± 414	56%

Tabella 4.12 - IPE specifico medio del consumo Elettrico in funzione della produzione per l'estrusione dei profilati.

4.5.7 Confronto IPE specifico Estrusione tubi, lastre e profilati

In *Tabella 4.13* è riportato il confronto dell'IPE specifico medio del consumo Elettrico per l'estrusione rispettivamente di tubi, lastre e profilati. Il confronto è effettuato per un medesimo livello di produzione (tra 100 e 5.000 t). Come si può osservare dalla tabella l'IPE medio è crescente passando per le 3 tipologie di produzioni ed in caso di profilati è quasi doppio rispetto all'estrusione di tubi.

Confronto IPE tra le tre tipologie di processo di estrusione	
Tipologia di processo/prodotto di estrusione	IPE [kWh/t]
	Intervallo produzione 100 - 5.000 t
Tubi	384 ± 172
Lastre	638 ± 301
Profilati	739 ± 414

Tabella 4.13 - Confronto dell'IPE specifico medio del consumo Elettrico in funzione della produzione per l'estrusione di tubi, lastre e profilati.

4.6 IPE per la Termoformatura

In questo capitolo vengono riportati gli IPE individuati per il processo di Termoformatura. Va evidenziato che il processo può essere effettuato:

- ▷ partendo da film cast oppure da lastre già realizzati nel sito o in altri siti: in questo caso quindi la Termoformatura è realizzata in un macchinario separato rispetto all'Estrusione;
- ▷ partendo da granulato plastico sottoposto ai processi di Estrusione e poi di Termoformatura in un unico macchinario; si parla in questi casi di Termoformatura "IN".

Per entrambe le tipologie di processo sono forniti gli IPE estrapolati dal campione analizzato.

4.6.1 IPE specifico Termoformatura separata da Estrusione

In *Tabella 4.14* è riportato l'IPE specifico medio Elettrico per la Termoformatura separata dall'Estrusione per due intervalli di produzione.

IPE specifico processo Termoformatura separata da Estrusione			
Campo di variazione destinazione d'uso [t]		IPE [kWh/t]	Coefficiente di variazione [%]
400	1.200	589 ± 219	37%
1.201	10.000	458 ± 201	44%

Tabella 4.14 - IPE specifico medio del consumo Elettrico in funzione della produzione per la Termoformatura separata da Estrusione.

4.6.2 IPE specifico Estrusione e Termoformatura in unico macchinario (Termoformatura "IN")

In *Tabella 4.15* è riportato l'IPE specifico medio Elettrico per la Termoformatura ed Estrusione realizzati in unico macchinario per due intervalli di produzione.

IPE specifico processo Estrusione e Termoformatura in unico macchinario (Termoformatura "IN")			
Campo di variazione destinazione d'uso [t]		IPE [kWh/t]	Coefficiente di variazione [%]
100	1.200	1.116 ± 363	33%
1.201	10.000	725 ± 258	36%

Tabella 4.15 - IPE specifico medio del consumo Elettrico in funzione della produzione per il processo di Estrusione e Termoformatura in unico macchinario ("Termoformatura "IN").

4.6.3 Confronto IPE specifico medio tra Termoformatura separata da Estrusione e Termoformatura "IN".

In *Tabella 4.16* è riportato il confronto tra l'IPE specifico medio Elettrico per il processo di Termoformatura separata da Estrusione e per la Termoformatura "IN". Per effettuare il confronto si sono considerati gli IPE medi dei vari processi per l'intero intervallo di produzione, senza suddividere in sotto intervalli. In particolare:

- ▷ per il processo di Estrusione film cast è stato considerato l'IPE specifico medio riferito all'intero intervallo di produzione di cui alla precedente *Tabella 4.7* (cioè, da 130 a 8.500 t), pari a 573 ± 259 kWh/t;
- ▷ per il processo di Estrusione lastre è stato considerato l'IPE specifico medio riferito all'intero intervallo di produzione di cui alla precedente *Tabella 4.11* (cioè, da 100 a 5.000 t), pari a 638 ± 301 kWh/t;
- ▷ per il processo di Termoformatura è stato considerato l'IPE medio riferito all'intero intervallo di produzione di cui alla precedente *Tabella 4.14* (cioè, da 400 a 10.000 t), pari a 492 ± 201 kWh/t;
- ▷ per la Termoformatura "IN" è stato considerato l'IPE medio riferito all'intero intervallo di produzione di cui alla precedente *Tabella 4.15* (cioè, da 100 a 10.000 t), pari a 934 ± 372 kWh/t.

Quindi l'IPE medio relativo al processo di Termoformatura è stato sommato rispettivamente agli IPE medi relativi alle fasi di Estrusione film cast e lastre, ed è quindi stato effettuato il confronto con l'IPE medio della Termoformatura "IN".

Come si può osservare dalla *Tabella 4.16*, in caso di processo in un'unica macchina l'efficienza aumenta del 12% circa se il semilavorato di partenza è un film plastico e del 17% circa se invece il semilavorato di partenza è costituito da lastre.

Confronto IPE tra differenti tipologie di Termoformatura				
Tipologia Processo	Estrusione "E"	Termoformatura "T"	"E" + "T"	Termoformatura "IN"
	IPE [kWh/t]	IPE [kWh/t]	IPE [kWh/t]	IPE [kWh/t]
film cast	573 ± 259	492 ± 210	1.065 ± 469	934 ± 372
lastre	638 ± 301	492 ± 210	1.130 ± 511	934 ± 372

Tabella 4.16 – Confronto dell'IPE medio Elettrico in funzione della produzione per Estrusione e Termoformatura separate ed il processo "IN".

4.7 IPE processo di Granulazione o Compounding

Gli IPE relativi al processo di Granulazione o *Compounding* qui presentati sono stati calcolati considerando sia i siti in cui si producono granuli plastici partendo o da materia prima vergine sia i siti in cui i granuli plastici vengono prodotti da scarti di lavorazione o prodotti invenduti e/o rifiuti provenienti da Raccolta Differenziata (RD). I differenti processi di produzione sono stati suddivisi tra:

- ▷ produzione del granulato plastico partendo da materia prima vergine (resine e additivi);
- ▷ produzione del granulato plastico partendo da scarti di lavorazione, da prodotti invenduti e/o rifiuti da RD.

Per il processo di Granulazione o *Compounding* ci si è riferiti al consumo Elettrico e alla produzione dell'intero sito, in quanto non erano disponibili dati relativi al singolo estrusore. Quindi per il confronto ci si può riferire ai dati cumulativi di tutti i macchinari di Granulazione presenti sul sito, e alla rispettiva produzione totale.

4.7.1 IPE processo di Granulazione o Compounding da materia prima vergine

In *Tabella 4.17* è riportato l'IPE specifico medio Elettrico per il processo di Granulazione a partire da materia prima vergine.

IPE specifico processo Granulazione o Compounding da materia prima vergine			
Campo di variazione destinazione d'uso [t]		IPE [kWh/t]	Coefficiente di variazione [%]
100	10.000	286 +/- 92	32%

Tabella 4.17 - IPE specifico medio del consumo Elettrico in funzione della produzione per il processo di Granulazione o Compounding da materia prima vergine.

Nota: per questo nel calcolo dell'IPE specifico non è stato considerato il consumo energetico connesso con la produzione delle materie prime di partenza (resine e additivi).

4.7.2 IPE processo di Granulazione o Compounding da scarti lavorazione o rifiuti da RD

In *Tabella 4.18* è riportato l'IPE specifico medio Elettrico per il processo di Granulazione a partire da scarti di lavorazione o prodotti invenduti o da rifiuti da Raccolta Differenziata (RD).

IPE specifico processo Granulazione o Compounding da scarti lavorazione o rifiuti da RD			
Campo di variazione destinazione d'uso [t]		IPE [kWh/t]	Coefficiente di variazione [%]
100	10.000	375 ± 113	30%

Tabella 4.18 - IPE specifico medio del consumo Elettrico in funzione della produzione per il processo di Granulazione o Compoundig da scarti di lavorazione e/o rifiuti da RD.

Si deve considerare che, in caso di materia prima di partenza costituita da scarti di lavorazione o prodotti invenduti o da rifiuti da RD, ai consumi del processo principale di estrusione granuli vanno aggiunti:

- ▷ i consumi delle fasi di Tranciatura, Triturazione e Macinazione degli scarti o rifiuti, che portano ad un incremento dei consumi stimato attorno al 15%;
- ▷ i consumi della eventuale fase di Lavaggio (presente soprattutto nel caso in cui si parte da RD) che possono arrivare al 50% dei consumi della fase di Estrusione;
- ▷ consumi della eventuale fase di Densificazione, necessaria solo per alcune tipologie di materia prima di partenza, come ad esempio Polietilene (PE) in film e nylon.

4.7.3 Confronto IPE medio tra Granulazione da materia prima vergine o da scarti lavorazione e/o rifiuti da RD

In *Tabella 4.19* è riportato il confronto degli IPE specifici medi Elettrici tra il processo di Granulazione che parte da materia vergine e quello che parte da scarti di lavorazione o prodotti invenduti e/o rifiuti provenienti da RD. Come, si può osservare dalla tabella in caso di partenza da scarti di lavorazione, prodotti invenduti e/o rifiuti da RD, l'IPE medio è del 24% circa più elevato, ma in relazione all'intero ciclo di vita, nel caso in cui si parta da materia prima vergine (resine e additivi), va considerato anche il costo/consumo di tale materia prima, assente in caso di utilizzo scarti di lavorazione prodotti invenduti e/o rifiuti da RD.

Confronto IPE tra processo di granulazione da materia prima vergine e quello da scarti e/o rifiuti	
Tipologia di materia prima di partenza	IPE [kWh/t]
	Intervallo produzione 100 - 10.000 [t]
resine e additivi	286 ± 92
scarti di lavorazione o rifiuti da RD	375 ± 113

Tabella 4.19 – Confronto IPE specifico medio tra Granulazione da materia prima vergine o da scarti o rifiuti.

4.8 IPE specifico processo di Estrusione-Soffiaggio (EBM)

Per questo tipo di processo, come riportato in letteratura e confermato nelle interviste con i referenti aziendali incontrati, l'IPE specifico medio dipende fortemente dalla forma e dallo spessore del manufatto. Pertanto, verranno forniti due IPE specifici medi distinti:

- ▷ un IPE specifico medio riferito alla produzione di manufatti di spessori e dimensioni "minori" (contenitori/flaconi/taniche/innaffiato, ecc., fino ad una capienza di 5 l);
- ▷ un IPE specifico medio riferito alla produzione di manufatti di spessori e dimensioni "maggiori" (contenitori/tanche/fusti, ecc., con capienza maggiore di 5 l).

L'IPE specifico medio Elettrico fornito è relativo all'insieme dei due processi di Estrusione e di Soffiaggio.

In *Tabella 4.20* è riportato l'IPE specifico medio per le due tipologie di produzione sopra citate.

Confronto IPE per il processo di Estrusione-Soffiaggio (EBM)		
Tipologia Manufatto	IPE [kWh/t]	Coefficiente di variazione [%]
Capienza fino a 5 litri	666 ± 184	28%
Capienza superiore a 5 litri	1.349 ± 203	15%

Tabella 4.20 – IPE specifico medio del complesso Estrusione-Soffiaggio.

4.9 IPE specifico processo di Soffiaggio o Stiro-soffiaggio di preforme (IBM o ISBM)

L'IPE specifico medio del consumo Elettrico presentato in questo capitolo (*Tabella 4.21*) è relativo al processo di produzione di bottiglie attraverso macchine per Soffiaggio o Stiro-soffiaggio, partendo da preforme prodotte tramite un precedente processo di Stampaggio a iniezione.

Si precisa che l'IPE specifico non comprende, i consumi della fase precedente di Stampaggio a iniezione per la produzione della preforma, ma solo i consumi della fase di Soffiaggio o Stiro-Soffiaggio.

IPE specifico processo Soffiaggio o Stiro-soffiaggio di preforme			
Campo di variazione destinazione d'uso [t]		IPE [kWh/t]	Coefficiente di variazione [%]
20	2.500	459 ± 173	38%

Tabella 4.21 - IPE specifico medio del consumo Elettrico in funzione della produzione per il processo di Soffiaggio o Stiro-soffiaggio di preforme.

4.10 IPE Produzione di aria compressa

Nei siti in cui si effettua la trasformazione di materie plastiche, il consumo Elettrico per la Produzione di aria compressa costituisce circa il 9% del consumo totale Elettrico di sito e l'aria compressa è utilizzata di solito alla pressione di 7/9 bar, tranne che per i siti in cui si effettua il Soffiaggio, in cui si può arrivare fino a pressioni di 35 bar.

In questo capitolo, per mancanza di dati ed informazioni sufficienti, viene fornito il valore dell'IPE specifico per la produzione di aria compressa solamente per impianti con pressione di esercizio di 7/9 bar.

In particolare, per avere uniformità nei dati forniti, il consumo Elettrico del processo di compressione è stato sempre ricondotto alla pressione di esercizio di 7 bar, utilizzando l'indicazione contenuta nel BREF "Energy Efficiency", paragrafo 3.7.9, in cui viene indicato che, per ogni decremento di 1 bar della pressione di esercizio del compressore, si ha un risparmio energetico del 6-8%. Quindi, in caso di pressione di esercizio del compressore diversa da 7 bar, il consumo elettrico dello stesso è stato interpolato considerando un incremento/decremento del 7% (pari al valore medio tra 6 e 8%) per ogni bar di aumento/diminuzione della pressione di esercizio.

In *Tabella 4.23* è riportato l'IPE specifico medio Elettrico per la Produzione di aria compressa per due intervalli di quantità di aria compressa prodotta.

IPE specifico produzione Aria compressa			
Campo di variazione destinazione d'uso [Nm ³]		IPE [kWh/Nm ³]	Coefficiente di variazione [%]
3.000	500.000	0,121 ± 0,036	30%
500.001	13.000.000	0,102 ± 0,017	17%

Tabella 4.23 - IPE specifico medio del consumo Elettrico in funzione della quantità di aria compressa prodotta.

4.11 Emissioni di CO₂ del settore della plastica

Nel presente capitolo viene fornita una indicazione relativa alle emissioni di CO₂ relativamente a tre processi principali:

- I. Stampaggio a Iniezione.
- II. Estrusione.
- III. Granulazione o Compoundig.

Per il calcolo delle emissioni di CO₂ si è presa in considerazione la quantità dei vettori acquistati (energia elettrica, gas naturale, GPL e Gasolio). Pertanto l'energia elettrica non comprende i contributi da Fotovoltaico e Cogenerazione o Trigenerazione, mentre il gas naturale comprende anche la quantità destinata a Cogenerazione o Trigenerazione e infine le quantità di GPL e Gasolio comprendono anche l'utilizzo per l'autotrazione. Tali quantità acquistate sono state moltiplicate per i relativi fattori di emissione [54] e normalizzate attraverso la produzione.

In *Tabella 24* sono riassunti i valori medi di sito di Emissione di CO₂.

Valore medio di Emissioni di CO ₂ in funzione della quantità di prodotto		
Tipologia di processo	Emissioni di CO ₂ [Kg_CO ₂ /t]	Coefficiente di variazione [%]
Stampaggio a iniezione	389 ± 224	58%
Estrusione	299 ± 178	59%
Granulazione o Compoundig	157 ± 60	38%

Tabella 4.24 - Valore medio di Emissioni di CO₂, espresse in Kg, in funzione della quantità di prodotto per i tre processi principali effettuati.



OPPORTUNITÀ DI EFFICIENTAMENTO ENERGETICO

5

5. Opportunità di efficientamento energetico

Come chiarito nel *capitolo 3*, scopo fondamentale di una diagnosi energetica di qualità è l'individuazione, a seguito di un'accurata analisi costo-beneficio che tenga conto anche del ciclo di vita dell'intervento [33], delle principali opportunità di efficientamento energetico potenzialmente implementabili sul sito analizzato.

In questo capitolo, vengono riportate, ovviamente in maniera non esaustiva, le principali opportunità di efficientamento energetico implementabile in un generico sito produttivo nel settore della trasformazione della Plastica.

Le soluzioni qui proposte sono frutto sia di un'analisi di letteratura dello stato dell'arte del settore, che delle soluzioni individuate e riportate nelle numerose diagnosi energetiche obbligatorie [33] pervenute ad ENEA negli ultimi anni.

Scopo del capitolo è, quindi, quello di fornire spunti utili al redattore della diagnosi energetica nell'individuazione delle principali opportunità di efficientamento energetico. Le opportunità di efficientamento energetico vengono riportate suddivise per macroarea di appartenenza e rappresentate in tabelle all'interno delle quali ciascuna macroarea viene suddivisa ulteriormente in "Aree di intervento" omogenee, tipologia o oggetto dell'intervento "Oggetto della soluzione" e intervento specifico proposto "Soluzione". Per ogni intervento o soluzione vengono riportati eventuali riferimenti bibliografici utili ad eventuali approfondimenti "Riferimenti", qualora l'intervento suggerito sia frutto dell'analisi delle diagnosi energetiche obbligatorie il campo dei riferimenti riporterà il valore [D.E.]

5.1 Le Macroaree di intervento

Per semplificare l'individuazione delle principali opportunità di efficientamento energetiche, queste sono state suddivise in 4 macroaree di riferimento:

- I. Autoproduzione energetica e fonti Rinnovabili;
- II. Attività Principali.
- III. Servizi Ausiliari.
- IV. Servizi Generali.

5.1.1 Autoproduzione energetica e Fonti rinnovabili

In *Tabella 5.1* sono riportate le possibili soluzioni relative all'autoproduzione di energia, differenziate tra Cogenerazione e trigenerazione e l'utilizzo di soluzioni di autoproduzione da fonte rinnovabile.

Area Intervento	Oggetto della soluzione	Soluzione	Rif Bibl.
Cogenerazione e trigenerazione	Installazione/sostituzione	Installazione di un sistema di cogenerazione e/o trigenerazione per la produzione combinata di Energia elettrica, calore per riscaldamento e ACS e raffrescamento	[D.E.]
	Soluzioni migliorative	Integrazione del sistema trigenerativo con sistema a pompa di calore e impianti da fonte rinnovabile	[D.E.]
	Gestione e Controllo	Sistema di gestione dei carichi e costi energetici per la produzione energetica in sistemi trigenerativo integrati a pompa di calore e impianti da fonte rinnovabile	[D.E.]
Fotovoltaico	Installazione	Installazione di impianti Fotovoltaici sulla copertura dello stabilimento, parcheggi e a terra	[D.E.]
	Installazione	Installazione di un accumulatore di energia per l'energia autoprodotta	[D.E.]
Geotermia	Installazione	Installazione di un impianto che utilizza l'energia geotermica per raffrescare l'acqua di processo	[55]

Tabella 5.1 – Elenco opportunità efficientamento energetico: Autoproduzione energetica e Fonti rinnovabili.

5.1.2 Attività principali

Riprendendo quanto riportato nella descrizione della struttura energetica al *capitolo 3.3* e accorpando o dettagliando, li dove necessario, i principali processi per le Attività Principali vengono suddivise in:

- ▷ Estrusione e Trafilatura.
- ▷ Stampaggio.
- ▷ Soffiaggio o Stiro-soffiaggio.
- ▷ Termoformatura.

5.1.2.1 Estrusione e Trafilatura

In Tabella 5.2 sono riportate le principali opportunità di efficientamento energetico individuate per i processi di Estrusione e Trafilatura. Le soluzioni proposte provengono sia da letteratura scientifica che dall'analisi degli interventi proposti o individuati all'interno delle diagnosi energetiche obbligatorie ai sensi del D.Lgs. 102/2014.

Area Intervento	Oggetto della soluzione	Soluzione	Rif Bibl.
Estrusione	Soluzioni migliorative	Coibentazione della testa di estrusione per ridurre la dispersione di calore	[56]
	Installazione/sostituzione	Sostituzione delle resistenze elettriche tradizionali con resistenze ceramiche o al quarzo	[D.E]
	Installazione/sostituzione	Installazione di estrusori ad alta efficienza	[D.E]
	Installazione/sostituzione	Installazione di un sistema di riscaldamento ad induzione	[57]
	Gestione e controllo	Accensione programmata degli estrusori	[D.E]
Vite	Installazione/sostituzione	Installazione di viti e bussole più efficienti	[D.E]
	Installazione/sostituzione	Installazione di viti scanalate per materiale plastico fuso (grooved plasticated extrusion)	[58]
Pressa ad iniezione	Soluzioni migliorative	Coibentazione del cilindro della pressa ad iniezione	[56]
	Installazione/sostituzione	Installazione di un sistema di riscaldamento ad infrarossi	[D.E]
	Installazione/sostituzione	Sostituzione delle resistenze elettriche tradizionali con resistenze ceramiche	[D.E]
	Gestione e controllo	Ridurre la temperatura di esercizio di 10-20 °C rispetto alla temperatura di transizione vetrosa del polimero	[59]

Area Intervento	Oggetto della soluzione	Soluzione	Rif Bibl.
Pressa ad iniezione	Installazione/sostituzione	Installazione di un sistema di riscaldamento ad induzione	[D.E]
	Gestione e controllo	Installazione di un sistema integrato di controllo tra pressa e stampi	[60]
Estrusore Trafilatrice	Installazione/sostituzione	Installazione di un sistema di raffreddamento ad aria	[61]
Matrice Estrusore Trafilatrice	Ottimizzazione	Utilizzare simulazioni software per ottimizzare la matrice di estrusione dell'estrusore in modo da evitare scarti di produzione e perdite energetiche	[56]

Tabella 5.2 – Elenco opportunità efficientamento energetico: Estrusione e Trafilatura.

5.1.2.2 Stampaggio

In *Tabella 5.3* sono riportate le principali soluzioni di efficientamento energetico per il processo di stampaggio. Le soluzioni individuate provengono principalmente dall'analisi della letteratura tecnica e scientifica.

Area Intervento	Oggetto della soluzione	Soluzione	Rif Bibl.
Pressa ad iniezione	Installazione/sostituzione	Sostituzione delle presse idrauliche con presse elettriche	[56],[62]
	Installazione/sostituzione	Installazione di un sistema di raffreddamento ad impulsi	[56]
	Installazione/sostituzione	Installazione di recupero di energia per le presse idrauliche	[63]
	Installazione/sostituzione	Installazione di sistemi di raffreddamento con configurazioni in serie	[62]
	Installazione/sostituzione	Installazione di stampi a cavità fluttuante	[64]

Area Intervento	Oggetto della soluzione	Soluzione	Rif Bibl.
Pressa ad iniezione	Installazione/sostituzione	Installazione di un sistema di raffreddamento/riscaldamento integrato	[65]
	Installazione/sostituzione	Installazione di un sistema di iniezione a camera calda	[66]
	Installazione/sostituzione	Installazione di stampi pluri-impronta	[D.E.]
Roto-stampatrice	Installazione/sostituzione	Installazione di uno stampo creato per elettroformatura con riscaldamento diretto ad olio	[67]
	Installazione/sostituzione	Installazione di un sistema di riscaldamento a contatto elettrico nello stampo	[68]

Tabella 5.3 – Elenco opportunità efficientamento energetico: Stampaggio

5.1.2.3 Soffiaggio o Stiro-soffiaggio

In *Tabella 5.4* sono riportate le principali soluzioni di efficientamento energetico per i processi di Soffiaggio e Stiro-soffiaggio.

Area Intervento	Oggetto della soluzione	Soluzione	Rif Bibl.
Pressa ad iniezione	Installazione/sostituzione	Installazione di soffiatrici ad alta efficienza	[D.E.]
	Installazione/sostituzione	Sostituzione soffiatrici idrauliche con soffiatrici elettriche	[D.E.]
	Installazione/sostituzione	Installazione di un sistema di raffreddamento a impulsi	[55]
Ugelli	Installazione/sostituzione	Installazione di ugelli ad alta efficienza o "energy-saving"	[69]

5.1.2.4 Termoformatura

In *Tabella 5.5* sono riportate le principali soluzioni di efficientamento energetico per il processo di Termoformatura. In questo caso, le opportunità di efficientamento energetico proposte provengono principalmente dall'analisi della letteratura e solo per l'installazione di barriere per il contenimento del calore da soluzioni proposte all'interno delle diagnosi energetiche obbligatorie.

Area Intervento	Oggetto della soluzione	Soluzione	Rif Bibl.
Termoformatrice	Soluzioni migliorative	Installazione di barriere di contenimento per il calore	[D.E]
	Installazione/sostituzione	Installazione di un sistema di riscaldamento con tecnologia a infrarossi	[70]
	Installazione/sostituzione	Installazione di un sistema di riscaldamento con lampade alogene	[71]
	Installazione/sostituzione	Installazione di un sistema di riscaldamento retro-riflettente	[71]
	Installazione/sostituzione	Utilizzare quarzo e ceramica per i sistemi di riscaldamento	[56]

Tabella 5.5 – Elenco opportunità efficientamento energetico: Termoformatura.

5.1.3. Servizi Ausiliari

Nel presente capitolo vengono riportate le possibili soluzioni di efficientamento energetico relativamente ai Servizi Ausiliari, tra questi oltre agli interventi relativi a impianti di elettrici e motori (*Tabella 5.6*), generazione di aria compressa (*Tabella 5.7*) e trasformazioni energetiche per la generazione e recupero calore e generazione freddo (*Tabella 5.8*), vengono ricompresi tutti quegli interventi relativi a processi e/o attività di supporto alle attività principali (*Tabella 5.9*). Le opportunità di efficientamento energetico qui riportate sono frutto sia dell'analisi di letteratura tecnica e scientifica che di quanto riportato all'interno delle diagnosi energetiche obbligatorie.

Area Intervento	Oggetto della soluzione	Soluzione	Rif Bibl.
Motori	Installazione e/o sostituzione	Installare motori elettrici ad alta efficienza (IE2, IE3, IE4)	[56]
	Installazione e/o sostituzione	Installare motori a velocità variabile con inverter	[82]
	Installazione e/o sostituzione	Sostituzione motori CC con motori AC	[83]
Trasformatori e impianto elettrico	Installazione e/o sostituzione	Installazione di trasformatori ad alta efficienza	[D.E]
	Installazione e/o sostituzione	Adozione sistema power quality e rifasamento carichi	[D.E]

Tabella 5.6 - Elenco opportunità efficientamento energetico: impianti elettrici e motori.

Area Intervento	Oggetto della soluzione	Soluzione	Rif Bibl.
Sistemi ad aria compressa, compressori e pompe	Gestionale	Interventi di ricerca e riparazione delle fughe (<i>leak management</i>)	[56]
	Gestionale	Riduzione della pressione di esercizio	[56]
	Installazione e/o sostituzione	Installazione di un accumulatore efficiente per aria compressa	[D.E]
	Installazione e/o sostituzione	Installazione di inverter su compressori, pompe o ventole	[56]
	Installazione e/o sostituzione	Installazione di pompe e compressori ad alta efficienza	[56]

Tabella 5.7 - Elenco opportunità efficientamento energetico: generazione aria compressa.

Area Intervento	Oggetto della soluzione	Soluzione	Rif Bibl.
Impianto di raffreddamento	Installazione e/o sostituzione	Installazione di un sistema di raffreddamento free cooling	[D.E]
	Installazione e/o sostituzione	Installazione di gruppi frigo ad alta efficienza	[D.E]
	Installazione e/o sostituzione	Installazione di un sistema di raffreddamento dry cooling	[D.E]
	Installazione e/o sostituzione	Sostituzione chiller aria/acqua con chiller acqua/acqua	[D.E]
	Installazione e/o sostituzione	Sostituzione chiller a vite con chiller centrifughi	[D.E]
	Installazione e/o sostituzione	Coibentazione delle tubazioni	[56]
	Installazione e/o sostituzione	Installazione di torri di evaporazione ad alta efficienza	[56]
Generazione Vapore	Installazione e/o sostituzione	Installazione di un generatore di vapore ad alto rendimento	[D.E]
Recupero di calore	Installazione e/o sostituzione	Installazione di un impianto per il recupero di calore dai compressori	[D.E]
	Installazione e/o sostituzione	Installazione di un impianto per il recupero di calore dalla linea di estrusione	[D.E]
	Installazione e/o sostituzione	Installazione di un impianto per il recupero di calore dai gruppi frigoriferi	[D.E]
	Installazione e/o sostituzione	Installazione di un impianto per il recupero di calore dai fumi di combustione del cogeneratore	[D.E]
	Installazione e/o sostituzione	Installazione di un impianto per il recupero di calore dalla turbina di scarico	[D.E]
	Installazione e/o sostituzione	Installazione di un impianto per il recupero di calore dopo il combustore	[D.E]
	Installazione e/o sostituzione	Installazione di un impianto per il recupero di calore dai fumi della caldaia	[56]
	Installazione e/o sostituzione	Installazione di un impianto per il recupero di calore dalla climatizzazione	[56]

Tabella 5.8 - Elenco opportunità efficientamento energetico: Trasformazioni energetiche (generazione calore/vapore e raffreddamento).

Area Intervento		Oggetto della soluzione	Soluzione	Rif. Bibl.
Movimentazione materie	Sistema di trasporto pneumatico	Installazione e/o sostituzione	Installazione di un sistema di trasporto pneumatico per il convogliamento delle materie prime alle macchine di processo	[72]
	Pompaggio granuli	Installazione e/o sostituzione	Installazione di un sistema di pompaggio a vuoto e sistema di caduta per il materiale in granuli	[D.E]
	Muletti	Installazione e/o sostituzione	Sostituzione di muletti a gasolio con muletti elettrici	[D.E]
		Installazione e/o sostituzione	Installazione di carica batterie per i muletti elettrici ad alta efficienza	[D.E]
Essiccazione	Essiccatori	Installazione e/o sostituzione	Installazione di essiccatori a ruote rotanti	[56]
		Installazione e/o sostituzione	Installazione di essiccatori a bassa pressione	[56]
		Installazione e/o sostituzione	Installazione di essiccatori con deumidificazione controllata	[D.E]
		Installazione e/o sostituzione	Installazione di essiccatori ad infrarossi	[56]
		Installazione e/o sostituzione	Installazione di essiccatori a tecnologia zeolitica	[73]
		Installazione e/o sostituzione	Installazione di essiccatori a riscaldamento solare termico	[74]
		Installazione e/o sostituzione	Installazione di essiccatori elettrici a resina	[D.E]
		Installazione e/o sostituzione	Installazione di essiccatori ad aria rigenerata	[D.E]
		Installazione e/o sostituzione	Installazione di essiccatori a vapore	[D.E]
	Posizionamento essiccatori	Soluzioni migliorative	Posizionare il riscaldamento dell'aria di essiccazione vicino alla camera di essiccazione, in modo da perdere meno calore possibile durante il trasporto	[73]

Area Intervento		Oggetto della soluzione	Soluzione	Rif. Bibl.
Miscelazione	Miscelatore	Installazione e/o sostituzione	Installazione di miscelatori con rotori controrotanti	[75]
Preriscaldamento	Forno per Stampaggio rotazionale	Soluzioni migliorative	Utilizzo di pinne distributrici per il forno	[76]
	Forno per Stirosoffiaggio	Installazione e/o sostituzione	Installazione di un forno con tecnologia a microonde	[77]
	Luci alogene per Stirosoffiaggio	Ottimizzazione e Gestione e controllo	Installazione di un sistema di intelligenza artificiale (e.g., rete neurale) per l'ottimizzazione del settaggio delle luci di riscaldamento	[78]
Triturazione	Trituratore	Installazione e/o sostituzione	Sostituzione di taglierine con granulatori	[D.E]
		Installazione e/o sostituzione	Installazione di un tritatore a doppio ingresso	[79]
		Installazione e/o sostituzione	Sostituzione del tritatore a cesoia con un tritatore a cesoia a singolo stadio ad alta velocità	[80]
Giunzione	Saldatrice	Installazione e/o sostituzione	Installazione di saldatrici ad ultrasuoni	[80]
		Installazione e/o sostituzione	Installazione di saldatrici ad ultrasuoni con servomotore	[81]
	Lame	Installazione e/o sostituzione	Sostituzione delle vecchie lame in alluminio con lame in alluminio moderne ad alta conducibilità	[D.E]

Tabella 5.9 - Elenco opportunità efficientamento energetico: processi e/o attività di supporto alle attività principali.

5.1.4. Servizi Generali

Nel presente capitolo vengono riportate le possibili soluzioni di efficientamento energetico relativamente ai Servizi Generali (*Tabella 5.10*). In questo caso la maggior parte delle soluzioni di efficientamento energetico sono state estrapolate dalle diagnosi energetiche obbligatorie.

Area Intervento	Oggetto della soluzione	Soluzione	Rif Bibl.
Illuminazione	Installazione e/o sostituzione	Sostituzione dell'attuale impianto di illuminazione con un impianto costituito da corpi illuminanti a LED	[56]
	Installazione e/o sostituzione	Installazione di sensori di presenza per le lampade led	[56]
Climatizzazione e riscaldamento	Installazione e/o sostituzione	Installazione di sistema free cooling	[D.E]
	Installazione e/o sostituzione	Sostituzione caldaia a gasolio con caldaia a GPL	[D.E]
	Installazione e/o sostituzione	Installazione caldaia a condensazione	[D.E]
	Installazione e/o sostituzione	Sostituzione caldaia a gas con pompe di calore	[D.E]
Gestione e monitoraggio	Gestionale	Implementazione di un sistema di gestione dell'energia ISO 50001:2018	[D.E]
	Gestionale	Installazione di misuratori in numero e caratteristiche idonei al monitoraggio, costruire una base di dati utile per lo studio di azioni di miglioramento (gestionali, tecnologiche o produttive) dei consumi energetici	[D.E]
Infissi	Installazione e/o sostituzione	Coibentazione degli infissi	[D.E]

Tabella 5.10 – Elenco opportunità efficientamento energetico: Servizi Generali.



ANALISI DEGLI INTERVENTI

6

6. Analisi degli interventi

Questo capitolo conclusivo ha lo scopo di mettere a fattor comune le soluzioni che esperti del settore hanno individuato per efficientare i siti del settore plastica. Viene pertanto riportata un'analisi degli interventi di efficientamento energetico realizzati o proposti (individuati) all'interno delle diagnosi energetiche suddivisi per aree di intervento.

6.1 Metodologia di analisi

Per l'organizzazione e l'analisi dei dati, inerenti sia gli interventi realizzati che proposti, presenti nelle diagnosi energetiche è stata messa a punto una metodologia replicabile per ogni ATECO e aggiornabile nel tempo [84]. Tale approccio è diretto a monitorare i risparmi conseguiti e potenziali e fornire informazioni utili agli operatori del settore e ai decisori politici.

Per una migliore comprensione delle informazioni presenti nel capitolo si forniscono le seguenti descrizioni:

- ▷ **Area di intervento.** È una famiglia omogenea all'interno della quale sono presenti una serie di tipologie di interventi afferenti a diverse tipologie (sotto-aree). In particolare, sono state definite 17 Aree di Intervento o famiglie di intervento. In *Tabella 6.1* è riportata una loro descrizione con la relativa ripartizione in sotto aree di intervento, fornendo inoltre alcuni esempi¹.
- ▷ **Risparmi energetici.** I risparmi di energia sono riportati sia in energia primaria che, a seconda dell'area di intervento, anche in energia finale. Infatti, i risparmi energetici complessivi, relativi a tutte e 17 le aree di intervento, vengono riportati in energia primaria in modo da poter elaborare grafici, tabelle e mappe di sintesi. In aggiunta, per tutte le aree tranne "*Produzione da fonti rinnovabili*" e "*Cogenerazione/Trigenerazione*" i risparmi sono forniti anche in termini di energia finale. Per gli interventi che prevedono un'autoproduzione di energia, appartenenti alle due aree citate, si preferisce riferirsi unicamente a risparmi di energia primaria.

¹ 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. A seconda del settore ATECO, per aree di particolare importanza sono state definite delle sotto aree per poi esaminarle con indicatori quantitativi e grafici.

▷ **Indicatori di interesse.** Per la rappresentazione delle informazioni utili alla valutazione degli interventi sono stati individuati degli indicatori di interesse così elencabili (se contrassegnati con asterisco disponibili solo per interventi individuati):

- Risparmio totale di energia finale [tep/anno].
- Risparmio totale di energia primaria [tep/anno].
- Risparmi per tipologia: Risparmi di energia elettrica [kWh/anno e tep/anno], Risparmi di energia termica [kWh/anno e tep/anno], Risparmi di carburante [tep/anno], Altri risparmi [tep/anno].
- Investimento [€].
- Tempo di ritorno semplice [anni]*.
- Tasso di attualizzazione [%]*.
- Valore attuale netto [€]*.
- Emissioni di CO₂ [t].
- Costo efficacia, definito come Investimento/Risparmio di energia finale o primaria [€/tep] e Investimento/Risparmio di emissioni [€/t CO₂].
- Risparmio energetico e di emissioni per intervento.
- Risparmi elettrici e termici totali e medi per area di intervento.
- Risparmi totali di energia primaria rapportati ai consumi totali di energia primaria, risparmi totali di energia elettrica e termica rapportati rispettivamente i consumi totali elettrici e termici.
- Risparmi medi di energia finale per area di intervento rapportati ai consumi medi finali di sito, risparmi medi di energia elettrica e termica per area di intervento rapportati rispettivamente i consumi medi elettrici e termici di sito.
- Ove pertinente, calcolo di alcuni degli indicatori sopra descritti per sotto area.
- Ove pertinente, calcolo dei risparmi di energia elettrica e termica medi per sotto area e zona climatica.
- Ove pertinente, calcolo dei risparmi totali medi per superficie e volume riscaldati.

Area di intervento	Sotto aree	Esempi
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	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ricerca ed eliminazione perdite, prove di tenuta 2. Ottimizzazione/ Regolazione 3. Installazione o sostituzione compressore 4. Recupero termico da compressore 5. Riduzione pressione 6. Installazione o sostituzione inverter 7. Essiccatore ad adsorbimento 8. Monitoraggio & centralina 9. Manutenzione 10. Riqualificazione integrata compressori 	<ul style="list-style-type: none"> ▷ Sostituzione di compressori ▷ Ricerca ed eliminazione delle perdite ▷ Installazione di sistemi di misura ▷ Ottimizzazione degli impianti ▷ Installazione di inverter
Aspirazione	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inverter 2. Installazione o sostituzione aspiratore 3. Recupero termico da aspiratori 4. Ottimizzazione/Regolazione 5. Motori ad alta efficienza 6. Riqualificazione 	<ul style="list-style-type: none"> ▷ Sostituzione di motori usati per aspirazione con nuovi di categoria più efficiente (IE3 o superiore) ▷ Installazione di inverter ▷ Ottimizzazione degli impianti
Centrale termica e/o Recupero termico	<ol style="list-style-type: none"> 1. Recupero termico da centrale termica 2. Installazione o sostituzione caldaia 3. Scaricatori di condensa 4. Coibentazioni 5. Inverter 6. Ottimizzazione/Regolazione 7. Economizzatori 8. Bruciatori 9. Monitoraggio & controllo 10. Riqualificazione 11. Teleriscaldamento/ Teleraffrescamento 12. Osmosi inversa 13. ORC 14. Teleriscaldamento 	<ul style="list-style-type: none"> ▷ Sostituzione dell'impianto di generazione calore con modelli più efficienti ▷ Recupero termico, tra cui anche sistemi ORC ▷ Sostituzione dei bruciatori

Area di intervento	Sotto aree	Esempi
Climatizzazione	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Free cooling</i> 2. Inverter 3. Sostituzione UTA 4. Regolazione/Ottimizzazione/BMS 5. VRV/VRF/portata variabile 6. Campagna di sensibilizzazione 7. Manutenzione 8. Filtri 	<ul style="list-style-type: none"> ▷ Sostituzione dell'impianto di riscaldamento e/o raffreddamento con modelli più efficienti
Cogenerazione e/o Trigenerazione	<ol style="list-style-type: none"> 1. Installazione o sostituzione impianto 2. Rifacimento impianto esistente 3. Micro-cogeneratore 4. Ottimizzazione/Regolazione 5. Assorbitori 6. Recupero termico da cogenerazione 7. Manutenzione 	<ul style="list-style-type: none"> ▷ Installazione di un impianto di cogenerazione o trigenerazione ▷ Miglioramento di impianti esistenti
Freddo di processo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Recupero termico da gruppi frigo 2. Sostituzione gruppi frigo 3. Ottimizzazione/Regolazione 4. Riqualificazione 5. Monitoraggio & controllo 6. Installazione o sostituzione inverter 	<ul style="list-style-type: none"> ▷ Sostituzione di gruppi frigo ▷ Sostituzione di ventilatori di raffreddamento ▷ Ottimizzazione della gestione
Generale e/o Gestionale	<ol style="list-style-type: none"> 1. Adozione ISO 50001 2. Monitoraggio 3. Formazione 4. SGE 5. BEMS 	<ul style="list-style-type: none"> ▷ Introduzione o miglioramento del sistema di monitoraggio ▷ Interventi di tipo organizzativo, come lo spegnimento programmato nelle ore notturne o nei periodi di minore attività ▷ Corsi di formazione in ambito efficienza energetica ▷ Adozione della certificazione ISO 50001 ▷ Adozione di nuovi strumenti software ▷ Interventi di natura comportamentale

Area di intervento	Sotto aree	Esempi
illuminazione	<ol style="list-style-type: none"> 1. LED 2. Ottimizzazione/Regolazione 	<ul style="list-style-type: none"> ▷ Introduzione di LED in aree specifiche ▷ <i>Relamping</i> dello stabilimento ▷ Installazione di rilevatori di presenza
Impianti elettrici	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Power quality/E-power</i> 2. Trasformatori 3. Cabina 4. UPS 5. Filtri passivi 6. Stabilizzatori/armoniche 7. Ottimizzazione/Regolazione 8. Raddrizzatori 9. Energia reattiva 	<ul style="list-style-type: none"> ▷ Installazione di un sistema <i>power quality</i> ▷ Sostituzione di trasformatori ▷ Installazione di economizzatori di rete
Involucro edilizio	<ol style="list-style-type: none"> 1. Schermature solari 2. Infissi 3. Cappotto 	<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, ad esempio:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Sostituzione del forno fusorio ▷ Revamping dello stabilimento ▷ Ottimizzazione della gestione dei forni ▷ Interventi sui nastri trasportatori ▷ Sostituzione dei carica batteria muletti
Motori elettrici/ Inverter	<ol style="list-style-type: none"> 1. Motori ad alta efficienza 2. Inverter 3. Ottimizzazione/Regolazione 	<ul style="list-style-type: none"> ▷ Sostituzione di motori elettrici con nuovi di categoria più efficiente (IE3 o superiori) ▷ Installazione di inverter

Area di intervento	Sotto aree	Esempi
Produzione da fonti rinnovabili	<ol style="list-style-type: none"> 1. Installazione o rifacimento/ ampliamento impianto fotovoltaico 2. Installazione o rifacimento/ ampliamento impianto eolico 3. Installazione o rifacimento/ ampliamento solare termico 4. Installazione o rifacimento/ ampliamento impianto a biomassa 5. Ottimizzazione/Regolazione 6. Manutenzione 	<ul style="list-style-type: none"> ▷ Installazione di un impianto fotovoltaico, solare termico o di una centrale a biomassa
Rifasamento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rifasamento localizzato 2. Installazione nuovo rifasatore 3. Verifica impianto 	<ul style="list-style-type: none"> ▷ Rifasamento degli impianti ▷ Installazione di nuovi rifasatori
Trasporti	<ol style="list-style-type: none"> 1. Carica batterie muletti 2. Carrelli elevatori 3. Sostituzione mezzi a gasolio/ benzina con mezzi a metano/ elettrici 4. Introduzione veicoli elettrici 5. Biocarburanti 6. Ottimizzazione 7. Corso di formazione <i>eco driving</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ▷ 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	<ol style="list-style-type: none"> 1. Interventi su reti distribuzione vapore 	<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

Tabella 6.1 - Aree di classificazione degli interventi, relative sotto aree ed esempi.

6.2 Principali risultati per il settore plastica

Sulla base dell'analisi degli interventi, relativi al settore in esame, presenti nelle diagnosi energetiche pervenute ad ENEA vengono fornite i risultati relativi ai principali indicatori, elencati nel paragrafo precedente.

Attraverso una rappresentazione detta "a quattro quadranti" può essere fornita una rappresentazione combinata di investimento e risparmio energetico, suddividendo i punti, rappresentativi dei singoli interventi. 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.

In *Figura 6.1* vengono rappresentati gli interventi individuati ed effettuati nell'area Linee produttive suddividendoli per sotto area. Nel codice ATECO esaminato, gli interventi effettuati nelle linee produttive rappresentano un quinto del totale e circa un terzo del risparmio di energia finale conseguito. L'area ha una rilevanza leggermente inferiore per gli interventi individuati, rappresentando il 7% del totale e il 16% del risparmio potenziale. A causa della sua importanza, l'area è stata suddivisa in 8 sotto aree:

- I. Estrusione - coibentazione: interventi di coibentazione degli estrusori.
- II. Estrusione - sostituzione: interventi di sostituzione degli estrusori con modelli a maggiore efficienza.
- III. Gestionale: interventi relativi alle Linee produttive di natura gestionale.
- IV. Soffiaggio: interventi di sostituzione/efficientamento delle soffiatrici.
- V. Stampaggio - coibentazione: interventi di coibentazione delle presse.
- VI. Stampaggio - sostituzione: interventi di sostituzione delle presse con modelli a maggiore efficienza, per esempio dotate di inverter.
- VII. Stampaggio - sostituzione con modelli ibridi/*full electric*: interventi di sostituzione delle presse con modelli ibridi/*full electric*.
- VIII. Altro: interventi non altrove classificabili².

Sia per gli interventi effettuati che per quelli individuati, il quadrante in alto a sinistra (interventi con migliore costo efficacia) risulta abbastanza popolato, e anche quello in alto a destra (interventi efficaci) contiene diversi interventi

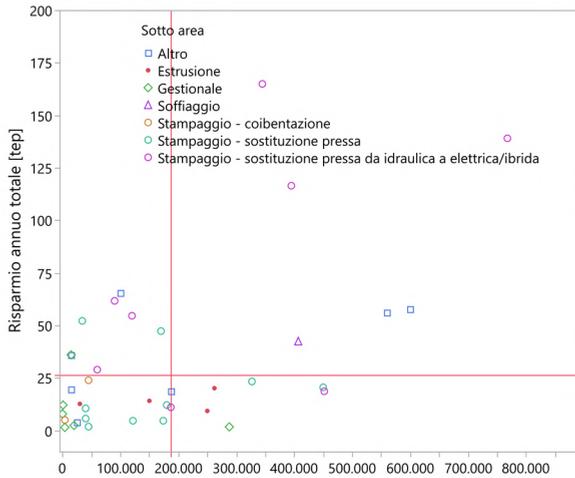
2 Si è scelto di non riportare questa categoria residuale nelle successive tabelle.

appartenenti a diverse sotto aree. In particolare, in entrambi i grafici si osserva una presenza degli interventi nell'area Stampaggio - sostituzione pressa da idraulica a elettrica/ibrida nel quadrante degli interventi efficaci. Risultano presenti diversi interventi individuati nell'area Gestionale nel quadrante con migliore costo efficacia, con risparmi elevati a fronte di investimenti relativamente bassi.

Interventi Effettuati

Linee produttive - Risparmio annuo totale [tep] vs Investimento [€]

Interventi Individuati



Linee Produttive - Risparmio annuo totale [tep] vs Investimento [€]

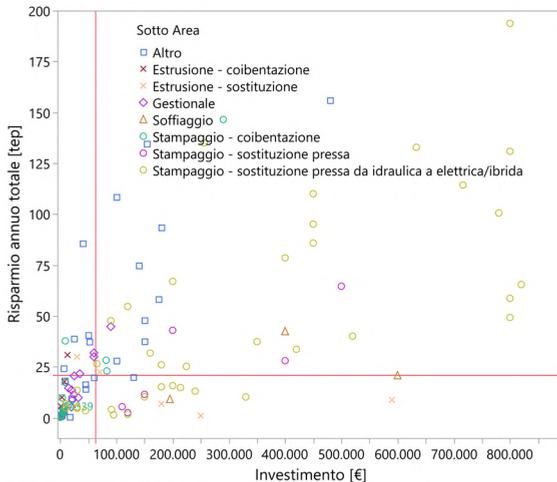


Figura 6.1 – Costo efficacia degli interventi effettuati e individuati nell'area Linee produttive.

Di seguito sono proposti due ulteriori grafici sul costo efficacia degli interventi individuati. La *Figura 6.2*, relativa agli interventi nell'area Generale/Gestionale mostra un quadrante di interventi a migliore costo efficacia abbastanza popolato, in particolare da interventi che a parità di costo di investimento forniscono risparmi di energia finale variabili a seconda della dimensione e delle caratteristiche del sito esaminato. Anche il quadrante in alto a destra (interventi efficaci) risulta popolato da diversi interventi, con prevalenza delle sotto aree Monitoraggio e Sistema di Gestione dell'Energia (SGE).

**Interventi Individuati:
GENERALE/GESTIONALE Risparmio annuo totale [tep] vs Investimento [€]**

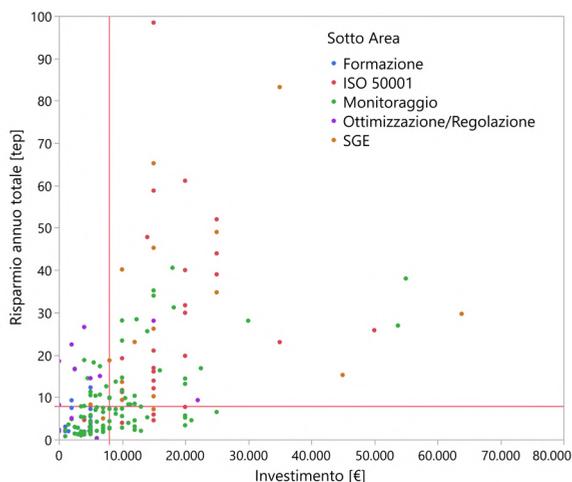


Figura 6.2 – Costo efficacia degli interventi individuati nell'area Generale/Gestionale.

La *Figura 6.3* rappresenta i risparmi di energia primaria associati agli interventi individuati nell'area Produzione da fonti rinnovabili, e mostra un andamento con una certa linearità rispetto al costo di investimento.

**Interventi Individuati:
 PRODUZIONE DA FONTI RINNOVABILI - Risparmio annuo totale [tep] vs
 Investimento [€]**

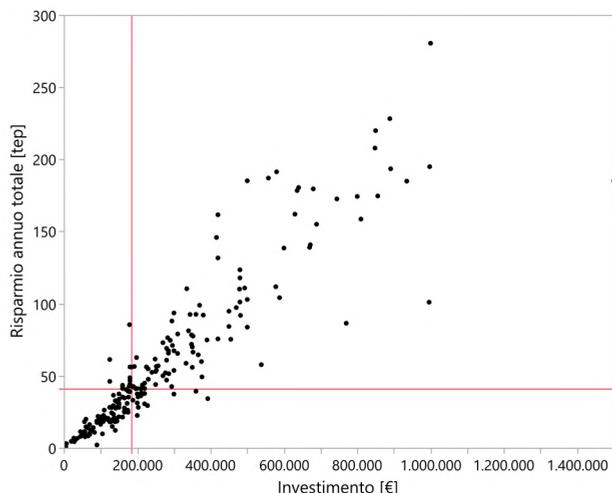


Figura 6.3 – Costo efficacia degli interventi individuati nell'area Produzione da fonti rinnovabili.

Dopo aver esaminato il costo efficacia per alcune aree selezionate nelle figure precedenti, la **Figura 6.4** descrive i dati medi di costo efficacia relativamente alle diverse aree di intervento. In particolare, viene confrontato il costo efficacia medio del risparmio potenziale di energia primaria (asse y) e delle emissioni di CO₂ (asse x), rappresentando attraverso la dimensione della bolla il tempo di ritorno medio.

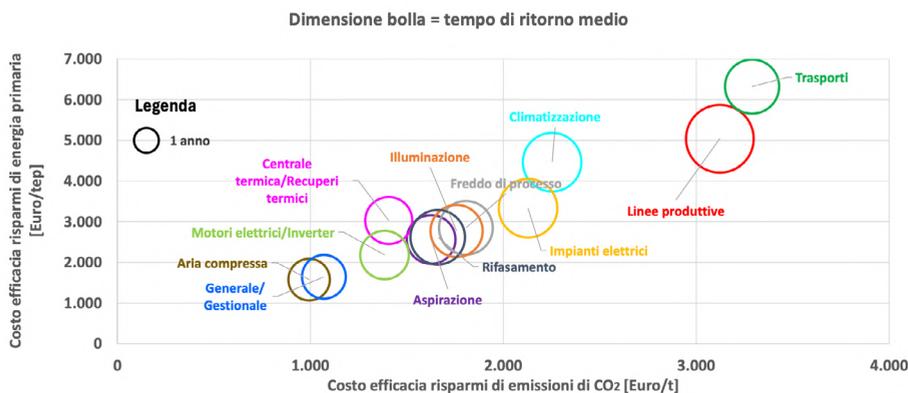


Figura 6.4 – Diagramma a bolle di Costo efficacia dei risparmi totali di energia primaria e di emissioni, Investimento e Tempo di Ritorno.

Nei paragrafi successivi le risultanze relative agli interventi effettuati e individuati sono analizzate in maniera maggiormente esaustiva. In *Figura 6.5* sono riportati gli interventi più ricorrenti nelle aree di intervento caratteristiche del settore: Aria compressa, Motori elettrici/Inverter, Generale/Gestionale, Produzione da fonti rinnovabili, Freddo di processo. Si è preferito sostituire l'area Illuminazione, con interventi di installazione di LED nelle aree produttive, esterne e ad uso ufficio, con l'area Freddo di processo, rappresentativa anche dal punto di vista degli interventi effettuati. L'area Linee produttive è invece esaminata per sotto area nei paragrafi seguenti.

ARIA COMPRESSA	MOTORI ELETTRICI / INVERTER	GENERALE/ GESTIONALE	PRODUZIONE DA FONTI RINNOVABILI	FREDDO DI PROCESSO
Sostituzione compressori con modelli più efficienti (giri variabili o con inverter)	Sostituzione motori elettrici (presse, estrusori, miscelatori, forni d sintetizzazione, pompe vuoto,..)	Introduzione / Miglioramento sistema di monitoraggio dei consumi	Installazione impianto fotovoltaico	Sostituzione gruppo frigo di processo con modelli più efficienti (giri variabili o con inverter)
Ricerca e riparazione perdite	Installazione di inverter su motori (presse, estrusori, soffianti, pompe pozzo, mulino, torre evaporativa, nastro trasportatore, ...)	Adozione certificazione ISO 50001	Installazione impianto solare termico	Ottimizzazione e sistema di controllo del sistema di raffreddamento
Recupero termico su compressori		Installazione di strumenti di misura su impianti	Ottimizzazione per impianto fotovoltaico esistente	Installazione di inverter su pompe circuito raffreddamento presse o torre di raffreddamento
Installazione centralina di controllo		Regolazione impianti (presse, trigeneratore, gruppi frigo, pompe, ...)		Raffreddamento circuito presse con acqua di pozzo
Ottimizzazione e regolazione		Formazione		Installazione raffreddatore adiabatico

Figura 6.5 – Casistica dei principali interventi individuati per area.

6.2.1 Interventi effettuati

Nel presente paragrafo si riportano i risultati, in termini di risparmi conseguiti, dell'analisi degli interventi effettuati.

In *Tabella 6.2* sono sintetizzati i risultati, in termini di risparmi di energia primaria e di CO₂ risparmiata, associati all'implementazione degli interventi di efficientamento energetico riportati nelle diagnosi energetiche del settore.

Risparmio medio di energia primaria per intervento [tep]		28,4
Risparmio medio di CO ₂ per intervento [t]		45,2
Risparmio annuo di energia primaria/ Consumo totale [%]	Risparmio annuo di energia elettrica/ Consumo elettrico totale [%]	Risparmio annuo di energia termica/Consumo termico totale [%]
0,9%	0,4%	0,8%

Tabella 6.2 - Quadro generale interventi individuati.

Circa l'11% dei risparmi di energia primaria è dovuto all'implementazione di impianti di autoproduzione dell'energia da fonti rinnovabili (*Tabella 6.3*). A fronte di un risparmio medio di energia primaria per intervento pari a quasi 30 tep, le due aree Cogenerazione/Trigenerazione e Produzione da fonti rinnovabili hanno un valore superiore, in particolare la prima.

Area di intervento	Risparmio totale medio [tep/anno]	Risparmio medio di energia elettrica [tep/anno]	Risparmio medio di energia termica [tep/anno]	Risparmio medio di carburante [tep/anno]	Altri risparmi medi [tep/anno]
Cogenerazione/ Trigenerazione	128,6	0,0	0,0	0,0	128,6
Produzione da fonti rinnovabili	51,0	51,0	0,0	0,0	0,0

Tabella 6.3 - Risparmi conseguiti di energia primaria per area: risparmio totale medio e risparmio medio per tipologia.

Analizzando i risparmi di energia finale, *Tabella 6.4*, è possibile notare come gli interventi legati all'area Centrale Termica/Recupero termico presenti un risparmio medio molto elevato, seguita dalle aree Trasporti e Linee produttive. La frequenza di interventi risulta maggiore, nell'ordine, nelle

aree Illuminazione, Linee produttive, Aria compressa e Generale/Gestionale. Nel settore esaminato, quest'ultima area comprende in misura maggiore interventi sul sistema di monitoraggio, in termini di adozione o miglioramento di quello esistente, e secondariamente adozione della certificazione ISO 50001 e interventi di formazione in gestione dell'energia.

Area di intervento	Risparmio totale medio [tep/anno]	Risparmio medio di energia elettrica [tep/anno]	Risparmio medio di energia termica [tep/anno]	Risparmio medio di carburante [tep/anno]	Altri risparmi medi [tep/anno]
Aria compressa	12,3	11,2	1,1	0,0	0,0
Centrale termica/ Recupero termico	76,9	0,0	76,9	0,0	0,0
Climatizzazione	1,8	0,3	1,5	0,0	0,0
Freddo di processo	18,6	18,6	0,0	0,0	0,0
Generale/ Gestionale	7,8	7,8	0,0	0,0	0,0
Illuminazione	6,8	6,8	0,0	0,0	0,0
Impianti elettrici	14,0	14,0	0,0	0,0	0,0
Involucro edilizio	2,8	0,1	2,7	0,0	0,0
Linee produttive	23,0	23,0	0,0	0,0	0,0
Motori elettrici/ Inverter	5,2	5,2	0,0	0,0	0,0
Rifasamento	6,3	6,3	0,0	0,0	0,0
Trasporti	25,1	23,6	0,0	1,5	0,0

Tabella 6.4 - Risparmi conseguiti di energia finale per area: risparmio totale medio e risparmio medio per tipologia.

In *Tabella 6.5* si fornisce un'analisi di maggior dettaglio relativamente ai risparmi di energia finale conseguiti dagli interventi effettuati per area. In particolare, la tabella mostra la quota dei valori medi dei risparmi totali, elettrici e termici di ogni area di intervento rispetto al consumo medio totale, elettrico o termico per sito. In *Tabella 6.6* è fornita un'analoga informazione per le due aree associate a risparmi di energia primaria. Per l'area Cogenerazione/ Trigenerazione è calcolato il risparmio complessivo e non è quindi disponibile la disaggregazione tra risparmi elettrici e termici.

Area di intervento	Risparmi Totali [%]	Risparmi Elettrici [%]	Risparmi Termici [%]
Aria compressa	1,67%	1,77%	1,30%
Centrale termica/Recupero termico	0,91%	0,00%	7,68%
Climatizzazione	0,25%	0,05%	1,72%
Freddo di processo	2,51%	2,94%	-
Generale/Gestionale	1,06%	1,24%	-
Illuminazione	0,93%	1,08%	-
Impianti elettrici	1,89%	2,21%	-
Involucro edilizio	0,38%	0,02%	3,08%
Linee produttive	3,12%	3,64%	-
<i>Linee produttive: Estrusione</i>	2,15%	2,51%	-
<i>Linee produttive: Gestionale</i>	0,59%	0,67%	-
<i>Linee produttive: Soffiaggio</i>	2,64%	3,09%	-
<i>Linee produttive: Stampaggio - coibentazione</i>	0,90%	1,05%	-
<i>Linee produttive: Stampaggio - sostituzione presse</i>	2,99%	3,50%	-
<i>Linee produttive: Stampaggio - sostituzione presse da idrauliche a ibride/elettriche</i>	5,50%	6,42%	-
Motori elettrici/Inverter	0,75%	0,82%	-
Rifasamento	0,86%	1,00%	-
Trasporti	3,40%	3,74%	-

Tabella 6.5 – Risparmi di energia finale totali, elettrici e termici da interventi effettuati (% dei consumi totali, elettrici e termici).

Area di intervento	Risparmi Totali [%]	Risparmi Elettrici [%]	Risparmi Termici [%]
Cogenerazione/Trigenerazione	8,69%	-	-
Produzione da fonti rinnovabili	3,45%	3,71%	-

Tabella 6.6 – Risparmi di energia primaria totali, elettrici e termici da interventi effettuati (% dei consumi totali, elettrici e termici).

La riduzione dei consumi energetici o il passaggio ad altro vettore energetico ha una diretta conseguenza nella riduzione delle emissioni climalteranti. In [Tabella 6.7](#) è riportata un'analisi del risparmio medio di emissioni conseguito per area di intervento.

Area di intervento	Risparmio medio [t CO ₂ /anno]
Aria compressa	41,0
Centrale termica/Recupero termico	15,8
Climatizzazione	4,7
Cogenerazione/Trigenerazione	-
Freddo di processo	63,7
Generale/Gestionale	26,9
Illuminazione	23,5
Impianti elettrici	48,0
Involucro edilizio	6,8
Linee produttive	78,9
Motori elettrici/Inverter	17,9
Produzione da fonti rinnovabili	80,5
Rifasamento	21,8
Trasporti	81,0

Tabella 6.7 - Risparmi medi di emissioni di CO₂ per intervento.

Infine, viene rappresentato l'indicatore di costo efficacia per ciascuna area di intervento, sulla base degli investimenti effettuati e dei relativi risultati ottenuti in termini di riduzione dei consumi energetici e delle emissioni climalteranti.

In particolare, in *Tabella 6.8*, sono riportati i valori dell'indicatore relativo al risparmio di energia finale e primaria per tutte le aree di intervento ed in *Tabella 6.9* il costo efficacia rispetto all'energia finale delle sotto aree di intervento relative alle attività principali.

Area di intervento	Investimento medio [€]	Costo efficacia medio [€/tep di energia finale]	Costo efficacia medio [€/tep di energia primaria]	Costo efficacia medio [€/t CO ₂]
Aria compressa	52.006	7.364	3.518	2.181
Centrale termica/ Recupero termico	129.742	2.121	2.121	728
Climatizzazione	26.904	19.009	10.635	6.013
Cogenerazione/ Trigenerazione	2.035.875	-	3.266	-
Freddo di processo	90.898	8.941	4.112	2.607
Generale/ Gestionale	15.609	2.523	1.161	736
Illuminazione	30.471	7.339	8.760	2.140
Impianti elettrici	80.049	9.039	4.157	2.635
Involucro edilizio	101.560	53.397	31.808	17.370
Linee produttive	583.200	23.278	10.706	6.787
Motori elettrici/ Inverter	16.036	3.042	1.406	904
Produzione da fonti rinnovabili	273.765	-	11.450	7.258
Rifasamento	22.631	4.524	2.080	1.319
Trasporti	578.796	20.580	10.735	10.628

Tabella 6.8 - Costo efficacia medio degli interventi effettuati per area: Euro per tep di energia primaria e finale e Euro per tonnellate di CO₂.

Sotto area	Risparmi medi di energia finale [tep/anno]	Investimento medio [€]	Costo efficacia medio [€/tep di energia finale]
Estrusione	22,2	422.147	19.152
Gestionale	16,5	901.788	28.263
Soffiaggio	4,9	41.287	4.994
Stampaggio - coibentazione	19,5	476.000	20.852
Stampaggio - sostituzione presse	6,7	24.530	2.918
Stampaggio - sostituzione presse da idrauliche a ibride/elettriche	22,1	656.297	37.225

Tabella 6.9 - Interventi effettuati per sotto aree delle Linee produttive: risparmi di energia finale medi totali e per tipologia, investimento e costo efficacia medi.

6.2.2 Interventi individuati

Nel presente paragrafo è proposta un'analisi per gli interventi individuati nel settore esaminato: è importante ricordare i dati di risparmio e investimento potenziale rappresentano una soglia massima, in quanto gli interventi proposti in diagnosi energetica possono essere alternativi uno all'altro e per questa ragione alcuni non vedranno un'effettiva attuazione.

L'analisi per gli interventi individuati è di maggior dettaglio rispetto a quella presentata per gli interventi effettuati. È infatti fornita un'ulteriore informazione di carattere economico finanziario rappresentata dal tempo di ritorno degli investimenti. In *Tabella 6.10* è riportata una sintesi dei possibili risultati, in termini di risparmi di energia primaria e di CO₂ risparmiata, associati dall'implementazione degli interventi di efficientamento energetico riportati in diagnosi energetica.

Risparmio medio di energia primaria per intervento [tep]	39,2	
Risparmio medio di CO ₂ per intervento [t]	44,4	
Risparmio annuo di energia primaria/ Consumo totale [%]	Risparmio annuo di energia elettrica/ Consumo elettrico totale [%]	Risparmio annuo di energia termica/Consumo termico totale [%]
7,3%	4,8%	2,0%

Tabella 6.10 - Quadro generale degli interventi individuati.

Rispetto a un valor medio generale per intervento di circa 40 tep di energia primaria, la *Tabella 6.11* mostra un risparmio medio associato all'area Cogenerazione/Trigenerazione di gran lunga maggiore. Il risparmio medio per intervento è superiore alla media complessiva anche per l'area Produzione da fonti rinnovabili.

Area di intervento	Risparmio totale medio [tep/anno]	Risparmio medio di energia elettrica [tep/anno]	Risparmio medio di energia termica [tep/anno]	Risparmio medio di carburante [tep/anno]	Altri risparmi medi [tep/anno]
Cogenerazione/Trigenerazione	445,8	0,0	0,0	0,0	445,8
Produzione da fonti rinnovabili	66,3	66,3	0,0	0,0	0,0

Tabella 6.11 - Risparmi conseguiti di energia primaria per area: risparmio totale medio risparmio medio per tipologia.

Analizzando i risparmi potenziali di energia finale, *Tabella 6.12*, analogamente a quanto osservato nel paragrafo precedente relativo agli interventi effettuati, è possibile notare come gli interventi legati all'area Freddo di processo presentino i risparmi potenziali medi più elevati, insieme alle aree Centrale termica/Recupero termico e Linee produttive. Come quota sul totale, in maniera simile agli interventi effettuati, troviamo l'area Illuminazione in prima posizione, seguita da Aria compressa, e poi da Generale/Gestionale e Produzione da fonti rinnovabili.

Area di intervento	Risparmio totale medio [tep/anno]	Risparmio medio di energia elettrica [tep/anno]	Risparmio medio di energia termica [tep/anno]	Risparmio medio di carburante [tep/anno]	Altri risparmi medi [tep/anno]
Aria compressa	5,8	5,0	0,8	0,0	0,0
Aspirazione	3,8	3,8	0,0	0,0	0,0
Centrale termica/Recupero termico	21,6	2,2	17,3	0,0	2,1
Climatizzazione	13,4	12,0	1,0	0,0	0,3
Freddo di processo	25,2	25,2	0,0	0,0	0,0
Generale/Gestionale	9,0	5,2	0,2	0,0	3,7

Area di intervento	Risparmio totale medio [tep/anno]	Risparmio medio di energia elettrica [tep/anno]	Risparmio medio di energia termica [tep/anno]	Risparmio medio di carburante [tep/anno]	Altri risparmi medi [tep/anno]
Illuminazione	7,1	7,1	0,0	0,0	0,0
Impianti elettrici	15,0	15,0	0,0	0,0	0,0
Involucro edilizio	2,5	1,3	1,2	0,0	0,0
Linee produttive	20,1	19,6	0,5	0,0	0,0
Motori elettrici/ Inverter	7,5	7,5	0,0	0,0	0,0
Rifasamento	12,1	12,1	0,0	0,0	0,0
Trasporti	1,5	1,4	0,0	0,0	0,1

Tabella 6.12 - Risparmi conseguiti di energia finale per area: risparmio totale medio e risparmio medio per tipologia.

I risparmi potenziali di energia finale associati agli interventi individuati sono esaminati in [Tabella 6.13](#) per area di intervento e rispetto ai consumi. In particolare, la tabella mostra la quota dei valori medi dei risparmi totali, elettrici e termici di ogni area di intervento rispetto al consumo medio totale, elettrico o termico per sito.

Area di intervento	Risparmi medi Totali [%]	Risparmi medi Elettrici [%]	Risparmi medi Termici [%]
Aria compressa	0,78%	0,79%	0,85%
Aspirazione	0,51%	0,60%	-
Centrale termica/Recupero termico	2,92%	0,36%	19,70%
Climatizzazione	1,81%	1,90%	1,20%
Freddo di processo	3,42%	3,99%	-
Generale/Gestionale	1,22%	0,82%	0,20%
Illuminazione	0,96%	1,12%	-
Impianti elettrici	2,03%	2,37%	0,02%
Involucro edilizio	0,33%	0,20%	1,32%

Area di intervento	Risparmi medi Totali [%]	Risparmi medi Elettrici [%]	Risparmi medi Termici [%]
Linee produttive	2,72%	3,10%	0,56%
<i>Linee produttive: Estrusione - coibentazione</i>	0,72%	0,84%	-
<i>Linee produttive: Estrusione - sostituzione</i>	6,13%	7,16%	-
<i>Linee produttive: Gestionale</i>	0,94%	1,10%	-
<i>Linee produttive: Soffiaggio</i>	1,50%	1,76%	-
<i>Linee produttive: Stampaggio - coibentazione</i>	0,97%	1,13%	-
<i>Linee produttive: Stampaggio - sostituzione presse</i>	1,48%	1,73%	-
<i>Linee produttive: Stampaggio - sostituzione presse da idrauliche a ibride/elettriche</i>	3,32%	3,88%	-
Motori elettrici/Inverter	1,02%	1,19%	-
Rifasamento	1,63%	1,84%	-
Trasporti	0,21%	0,23%	-

Tabella 6.13 – Risparmi di energia finale totali, elettrici e termici da interventi individuati (% dei consumi totali, elettrici e termici).

Analogamente agli interventi effettuati, in *Tabella 6.14* è fornita l'informazione per gli interventi individuati nelle due le aree associate a risparmi di energia primaria.

Area di intervento	Risparmi Totali [%]	Risparmi Elettrici [%]	Risparmi Termici [%]
Cogenerazione/Trigenerazione	30,11%	-	-
Produzione da fonti rinnovabili	4,48%	4,82%	-

Tabella 6.14 – Risparmi di energia primaria totali, elettrici e termici da interventi individuati (% dei consumi totali, elettrici e termici).

In *Tabella 6.15* è riportata un'analisi del risparmio potenziale medio di emissioni associato a ciascuna area dove sono stati proposti interventi. Produzione da fonti rinnovabili è l'area con il maggiore risparmio medio, seguita da Freddo di processo e Linee produttive, in linea con i dati osservati sul risparmio energetico.

Area di intervento	Risparmio annuo medio [t CO ₂ /anno]
Aria compressa	19,0
Aspirazione	12,9
Centrale termica/Recupero termico	49,3
Climatizzazione	46,1
Cogenerazione/Trigenerazione	-
Freddo di processo	86,5
Generale/Gestionale	24,0
Illuminazione	23,9
Impianti elettrici	51,8
Involucro edilizio	7,2
Linee produttive	68,4
Motori elettrici/Inverter	25,8
Produzione da fonti rinnovabili	104,6
Rifasamento	41,3
Trasporti	5,1

Tabella 6.15 - Risparmi medi per intervento di emissioni di CO₂.

Analogamente alla valutazione elaborata per gli interventi effettuati, investimento, costo efficacia e tempo di ritorno medi per ciascuna area di intervento sono analizzati per gli interventi individuati. In particolare, la *Tabella 6.16* riporta l'analisi rispetto al risparmio di energia finale e primaria, e al risparmio di emissioni.

Area di intervento	Investimento medio [€]	Costo efficacia medio [€/tep di energia finale]	Costo efficacia medio [€/tep di energia primaria]	Costo efficacia medio [€/t CO ₂]	Tempo di ritorno medio [anni]
Aria compressa	14.279	3.393	1.577	993	2,6
Aspirazione	14.955	5.577	2.565	1.626	3,5
Centrale termica/ Recupero termico	57.077	3.300	3.031	1.406	3,3
Climatizzazione	61.143	6.730	4.463	2.253	5,1
Cogenerazione/ Trigenerazione	1.254.292	-	5.154	-	6,4
Freddo di processo	111.337	6.194	2.849	1.806	4,3
Generale/ Gestionale	12.526	3.000	1.647	1.070	2,9
Illuminazione	26.344	6.015	2.772	1.758	4,0
Impianti elettrici	87.451	7.245	3.332	2.128	5,1
Involucro edilizio	26.762	14.784	11.117	5.458	9,1
Linee produttive	235.411	10.545	5.040	3.122	6,7
Motori elettrici/ Inverter	41.109	4.748	2.184	1.384	3,5
Produzione da fonti rinnovabili	305.314	-	5.324	3.387	8,3
Rifasamento	9.646	5.694	2.619	1.660	4,4
Trasporti	12.091	12.126	6.323	3.289	4,4

*Tabella 6.16 - Costo efficacia medio degli interventi individuati per area:
Euro per tep di energia finale e Euro per tonnellata di CO₂.*

Per l'area Linee produttive, in [Tabella 6.17](#) viene riportata un'analisi economica di maggior dettaglio rispetto alle sotto aree di intervento presenti negli interventi individuati.

Sotto area di Linee produttive	Risparmi medi di energia finale [tep/anno]	Investimento medio [€]	Costo efficacia medio [€/anno]	PBT medio [anni]
Estrusione - coibentazione	5,3	148.639	10.434	5,3
Estrusione - sostituzione	45,3	5.017	1.269	1,2
Gestionale	6,9	892.600	79.526	9,9
Soffiaggio	11,1	28.214	4.257	3,4
Stampaggio - coibentazione	7,2	398.333	43.247	14,0
Stampaggio - sostituzione presse	10,9	27.997	3.379	2,7
Stampaggio - sostituzione presse da idrauliche a ibride/elettriche	24,5	214.857	33.942	12,3

Tabella 6.17 - Interventi individuati per sotto aree della Climatizzazione: risparmi di energia finale medi totali e per tipologia, investimento, costo efficacia e PBT medi.

Nelle figure seguenti vengono riportati dei diagrammi a bolla che rappresentano, in maniera congiunta e per ciascuna area di intervento, l'investimento, il tempo di ritorno e il costo efficacia dei risparmi di energia (Figura 6.6) e di emissioni di CO₂ (Figura 6.7).

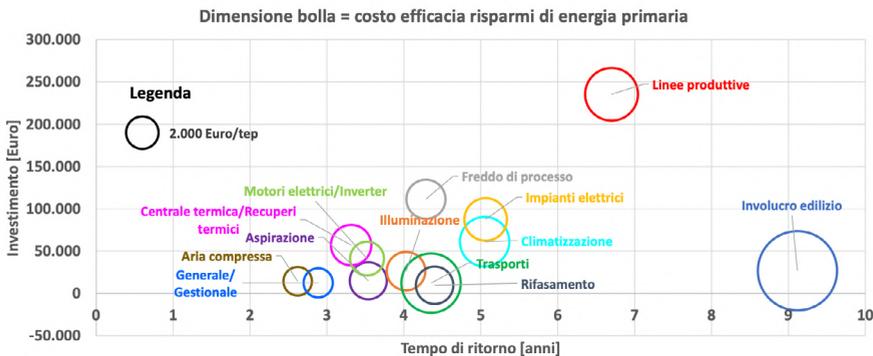


Figura 6.6 – Risparmi potenziali totali di energia primaria: diagramma a bolle con costo efficacia del risparmio energetico, investimento e tempo di ritorno.

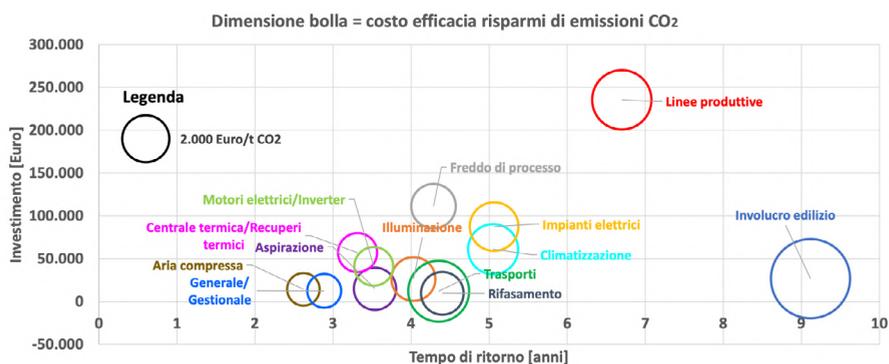


Figura 6.7 – Risparmi potenziali di emissioni di CO₂: diagramma a bolle con costo efficacia del risparmio di emissioni, investimento e tempo di ritorno.

A completamento dell'analisi, in *Figura 6.8* è riportata la distribuzione regionale dei risparmi potenziali totali di energia primaria, rappresentativa della distribuzione sul territorio nazionale degli interventi di efficientamento energetico proposti in diagnosi energetica per il settore analizzato.

Interventi Individuati - Risparmio totale di energia primaria

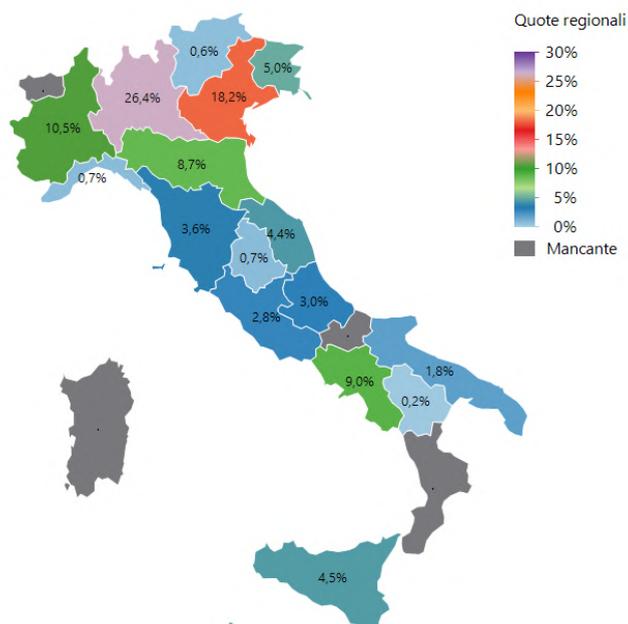


Figura 6.8 – Distribuzione regionale dei risparmi potenziali totali di energia primaria.

7. Bibliografia

- [1] L'UE e le Nazioni Unite - obiettivi comuni per un futuro sostenibile:
https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/sustainable-development-goals/eu-and-united-nations-common-goals-sustainable-future_it
- [2] Nazioni Unite, Dipartimento degli affari economici e sociali Sviluppo sostenibile, "L'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile":
<https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>
- [3] Nazioni Unite, Dipartimento degli affari economici e sociali Sviluppo sostenibile, "I 17 Go!": <https://sustainabledevelopment.un.org/sdgs>
- [4] *European Commission, National energy and climate plans:*
https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/national-energy-and-climate-plans-necps_en?prefLang=it
- [5] *European Commission, Green Deal europeo:*
<https://www.consilium.europa.eu/it/policies/green-deal/>
- [6] Consiglio dell'Unione europea, infografica, "Pronti per il 55%":
<https://www.consilium.europa.eu/it/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>
- [7] Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni "Pronti per il 55 %": realizzare l'obiettivo climatico dell'UE per il 2030 lungo il cammino verso la neutralità climatica: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0550&qid=1707044781956>
- [8] Consiglio dell'Unione europea, infografica, "Pronti per il 55%: riforma del sistema di scambio di quote di emissione dell'UE": <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/fit-for-55-eu-emissions-trading-system/>
- [9] Consiglio dell'Unione europea, infografica, "Pronti per il 55%: un fondo per sostenere i cittadini e le imprese più colpite": <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/fit-for-55-social-climate-fund/>
- [10] Consiglio dell'Unione europea, infografica, "Pronti per il 55%: come l'UE intende trattare le emissioni al di fuori del suo territorio": <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/fit-for-55-cbam-carbon-border-adjustment-mechanism/>
- [11] Consiglio dell'Unione europea, infografica, "Pronti per il 55%: riduzione

delle emissioni risultanti da trasporti, edifici, agricoltura e rifiuti": <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/fit-for-55-effort-sharing-regulation/>

- [12] Consiglio dell'Unione europea, infografica, "Pronti per il 55%: realizzazione degli obiettivi climatici nei settori dell'uso del suolo e della silvicoltura": <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/fit-for-55-lulucf-land-use-land-use-change-and-forestry/>
- [13] Consiglio dell'Unione europea, infografica, "Pronti per il 55%: perché l'UE sta inasprendo le norme in materia di emissioni di CO2 per auto e furgoni": <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/fit-for-55-emissions-cars-and-vans/>
- [14] Consiglio dell'Unione europea, infografica, "Pronti per il 55%: ridurre le emissioni di metano nel settore dei combustibili fossili": <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/fit-for-55-cutting-methane-emissions-in-fossil-fuels/>
- [15] Consiglio dell'Unione europea, infografica, "Pronti per il 55%: aumentare la diffusione di carburanti più ecologici nei settori del trasporto aereo e marittimo": www.consilium.europa.eu/it/infographics/fit-for-55-refueleu-and-fueleu/
- [16] Consiglio dell'Unione europea, infografica, "Pronti per il 55%: per trasporti più sostenibili": <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/fit-for-55-afir-alternative-fuels-infrastructure-regulation/>
- [17] Consiglio dell'Unione europea, infografica, "Pacchetto Pronti per il 55%: in che modo l'UE intende promuovere le energie rinnovabili": <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/fit-for-55-how-the-eu-plans-to-boost-renewable-energy/>
- [18] Consiglio dell'Unione europea, infografica, "Pacchetto Pronti per il 55%: in che modo l'UE diventerà più efficiente sotto il profilo energetico": <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/fit-for-55-how-the-eu-will-become-more-energy-efficient/>
- [19] Consiglio dell'Unione europea, infografica, "Pronti per il 55%: per edifici più verdi nell'UE": <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/fit-for-55-making-buildings-in-the-eu-greener/>
- [20] Consiglio dell'Unione europea, infografica, "Pronti per il 55%: passare dal gas di origine fossile ai gas rinnovabili e a basse emissioni di carbonio": <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/fit-for-55-hydrogen-and-decarbonised-gas-market-package-explained/>

- [21] Consiglio dell'Unione europea, infografica, *"Pronti per il 55%: in che modo l'UE intende rivedere la tassazione dei prodotti energetici"*: <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/fit-for-55-energy-taxation/>
- [22] EUR-Lex, Regolamento (UE) 2020/852 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 18 giugno 2020 relativo all'istituzione di un quadro che favorisce gli investimenti sostenibili e recante modifica del regolamento (UE) 2019/2088: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF?uri=CELEX:32020R0852>
- [23] EUR-Lex, Regolamento (UE) 2023/2485 della Commissione Europea del 27 giugno 2023 modifica il regolamento (UE) 2021/2139 per definire criteri tecnici aggiuntivi per valutare se certe attività economiche contribuiscano significativamente alla mitigazione o all'adattamento ai cambiamenti climatici, senza danneggiare altri obiettivi ambientali: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32023R2485>
- [24] EUR-Lex, Regolamento delegato (UE) 2023/2486 della Commissione Europea del 27 giugno 2023 che integra il regolamento (UE) 2020/852 del Parlamento europeo e del Consiglio definendo criteri tecnici per valutare se un'attività economica contribuisce in modo significativo all'uso sostenibile delle risorse marine, alla transizione verso un'economia circolare, alla prevenzione dell'inquinamento, alla protezione della biodiversità e degli ecosistemi, senza danneggiare altri obiettivi ambientali. Questo regolamento modifica anche il regolamento delegato (UE) 2021/2178 per quanto riguarda la comunicazione al pubblico di informazioni specifiche su tali attività economiche: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32023R2486>
- [25] Commissione Europea, *"Corporate sustainability reporting"*: https://finance.ec.europa.eu/capital-markets-union-and-financial-markets/company-reporting-and-auditing/company-reporting/corporate-sustainability-reporting_en
- [26] Parlamento Europeo, *"Non-financial Reporting Directive"*: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/654213/EPRS_BRI\(2021\)654213_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/654213/EPRS_BRI(2021)654213_EN.pdf)
- [27] Regolamento (UE) 2019/2088 del Parlamento europeo e del Consiglio del 27 novembre 2019 relativo all'informativa sulla sostenibilità nel settore dei servizi finanziari: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/it/ALL/?uri=CELEX%3A32019R2088>

- [28] Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, Comunicato Stampa, "Clima-Energia: il MASE ha trasmesso la proposta di PNIEC alla Commissione Ue": <https://www.mase.gov.it/comunicati/clima-energia-il-mase-ha-trasmesso-la-proposta-di-pniec-alla-commissione-ue>
- [29] Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, "PIANO NAZIONALE INTEGRATO PER L'ENERGIA E IL CLIMA (PNIEC)", giugno 2023: https://www.mase.gov.it/sites/default/files/PNIEC_2023.pdf
- [30] Consiglio dell'Unione europea, infografica, "Piani nazionali per l'energia e il clima": <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/national-energy-and-climate-plans/>
- [31] Parlamento Europeo, "Efficienza energetica": <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/it/sheet/69/efficienza-energetica>
- [32] EUR-Lex, Direttiva 2012/27/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 25 ottobre 2012, sull'efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX:02012L0027-20210101_
- [33] Decreto legislativo 18 luglio 2014, n.102, Attuazione della direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE: <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2014/07/18/14G00113/sg>
- [34] EUR-Lex, Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo, al Comitato delle Regioni e alla Banca Europea per gli Investimenti in Energia pulita per tutti gli europei: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/it/TXT/?uri=celex:52016DC0860\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/it/TXT/?uri=celex:52016DC0860(01))
- [35] EUR-Lex, Direttiva (UE) 2018/2002 del Parlamento europeo e del Consiglio, dell'11 dicembre 2018, che modifica la direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX:32018L2002_
- [36] Gazzetta Ufficiale, DECRETO LEGISLATIVO 14 luglio 2020, n. 73, Attuazione della direttiva (UE) 2018/2002 che modifica la direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica: www.gazzettaufficiale.it/eli/gu/2020/07/14/175/sg/pdf
- [37] EUR-Lex, Direttiva (UE) 2023/1791 del Parlamento europeo e del Consiglio del 13 settembre 2023 sull'efficienza energetica e che modifica il regolamento (UE) 2023/955: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX:32023L1791>

- [38] Ministero delle Imprese e del Made in Italy (già Ministero dello Sviluppo Economico), *"Chiarimenti in materia di diagnosi energetica nelle imprese ai sensi dell'articolo 8 del Decreto Legislativo N.102 del 2014, 2016"*: <https://www.mimit.gov.it/images/stories/documenti/CHIARIMENTI-DIAGNOSI-14-nov-2016.pdf>
- [39] Ministero delle Imprese e del Made in Italy, Decreto ministeriale 21 dicembre 2017 - Agevolazioni imprese energivore: https://www.mimit.gov.it/images/stories/normativa/decreto_ministeriale_21_dicembre_2017_%20agevolazioni_impresе_energivore.pdf
- [40] Gazzetta Ufficiale, DECRETO-LEGGE 29 settembre 2023, n. 131 Misure urgenti in materia di energia, interventi per sostenere il potere di acquisto e a tutela del risparmio: <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2023/09/29/23G00141/sg>
- [41] Decreto "Condizionalità Green", Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, del 10 luglio 2024: https://www.mase.gov.it/sites/default/files/archivio/bandi/CEE/dm_128076_11-07-2024.pdf
- [42] EUR-Lex, Comunicazione della Commissione - Disciplina in materia di aiuti di Stato a favore del clima, dell'ambiente e dell'energia 2022: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52022XC0218\(03\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52022XC0218(03))
- [43] Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, Decreto del Ministro della transizione ecologica n. 541 del 21 dicembre 2021 *"Rideterminazione dei corrispettivi a copertura degli oneri generali del sistema del gas applicati alle imprese a forte consumo di gas naturale"*: https://www.mase.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/trasparenza_valutazione_merito/dm_541_21_12_2021.pdf
- [44] EUR-Lex, Direttiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 13 ottobre 2003 che istituisce un sistema per lo scambio di quote di emissioni dei gas a effetto serra nella Comunità e che modifica la direttiva 96/61/CE del Consiglio: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32003L0087&from=en>
- [45] EUR-Lex, Direttiva (UE) 2023/959 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 10 maggio 2023 recante modifica della direttiva 2003/87/CE, che istituisce un sistema per lo scambio di quote di emissioni dei gas a effetto serra nell'Unione, e della decisione (UE) 2015/1814, relativa all'istituzione e al funzionamento di una riserva stabilizzatrice del mercato nel sistema dell'Unione per lo scambio di quote di emissione dei gas a effetto serra: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023L0959>

- [46] Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, NOVITÀ EU ETS: <https://www.ets.minambiente.it/NovitaEUETS>
- [47] UNI CEI EN 16247:1-4:2018
- [48] Diagnosi Energetiche art 8 del D.lgs. 102/2014 Linee Guida e Manuale Operativo. La Clusterizzazione dei siti, il rapporto di diagnosi ed il piano di monitoraggio, ENEA, 2021: <https://www.efficienzaenergetica.enea.it/servizi-per/impresediagnosi-energetiche/indicazioni-operative.html>
- [49] Linee guida settoriali, ENEA: <https://www.efficienzaenergetica.enea.it/servizi-per/impresediagnosi-energetiche/indicazioni-operative.html>
- [50] G. Bruni, A. De Santis, C. Herce, L. Leto, C. Martini, F. Martini, M. Salvio, F.A. Tocchetti, 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>
- [51] UNI EN ISO 50001:2018
- [52] UNI CEI EN 16231:2012
- [53] UNI EN ISO 15927-6:2008
- [54] ISPRA, "Fattori di emissione per la produzione ed il consumo di energia elettrica in Italia", 22 maggio 2024, <https://emissioni.sina.isprambiente.it>
- [55] H. Vasudevan, R. Khavekar, and N. Sayed, 'Productivity Improvement in Blow Molding Process Through Energy Savings', in Proceedings of International Conference on Intelligent Manufacturing and Automation, H. Vasudevan, V. K. N. Kottur, and A. A. Raina, Eds., in Lecture Notes in Mechanical Engineering. , Singapore: Springer Singapore, 2020, pp. 167–176. doi: 10.1007/978-981-15-4485-9_18, https://colab.ws/articles/10.1007%2F978-981-15-4485-9_18
- [56] 'Energy Best Practices Guide - Plastics Industry', Focus on Energy, 2024. [Online]. Available: <https://assets.focusonenergy.com/production/inline-files/2024/2024-Plastics-Final.pdf>
- [57] C. Abeykoon, A. McMillan, and B. K. Nguyen, 'Energy efficiency in extrusion-related polymer processing: A review of state of the art and potential efficiency improvements', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 147, p. 111219, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111219>.

- [58] O. Estrada, J. C. Ortiz, A. Hernández, I. López, F. Chejne, and M. del Pilar Noriega, 'Experimental study of energy performance of grooved feed and grooved plasticating single screw extrusion processes in terms of SEC, theoretical maximum energy efficiency and relative energy efficiency', *Energy*, vol. 194, p. 116879, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116879>
- [59] M. Fiorotto and G. Lucchetta, 'Influence of process parameters on the weld lines formation in rapid heat cycle molding', in *AIP Conference Proceedings*, American Institute of Physics, 2011, pp. 797–802. Accessed: Sep. 05, 2024. [Online]. Available: <https://pubs.aip.org/aip/acp/article-abstract/1353/1/797/818192>
- [60] S. Kruppa, R. Schiffers, M. Würtele, and G. P. Holzinger, 'Integrated process monitoring and process control of injection molding machines and molds', *Proceedings of the SPE/ANTEC 2013*, vol. 1, pp. 1674–1679, 2013.
- [61] T. W. Womer, W. S. Smith, and R. P. Wheeler, 'Comparison of two different cooling methods for extrusion processes', *SPE ANTEC technical papers*, pp. 796–801, 2006.
- [62] G. Lucchetta, D. Masato, and M. Sorgato, 'Optimization of mold thermal control for minimum energy consumption in injection molding of polypropylene parts', *Journal of Cleaner Production*, vol. 182, pp. 217–226, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.258>
- [63] M. Lenzen, 'Antriebsmodul zur Rekuperation bei hydraulischen Linearaktoren an Kunststoffspritzgießmaschinen', PhD Thesis, Duisburg, Essen, Universität Duisburg-Essen, Diss., 2013, 2013. Accessed: Sep. 05, 2024. [Online]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/33797657.pdf>
- [64] W. Guilong, Z. Guoqun, L. Huiping, and G. Yanjin, 'Analysis of thermal cycling efficiency and optimal design of heating/cooling systems for rapid heat cycle injection molding process', *Materials & Design*, vol. 31, no. 7, pp. 3426–3441, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2010.01.042>
- [65] G. Wang, G. Zhao, and X. Wang, 'Development and evaluation of a new rapid mold heating and cooling method for rapid heat cycle molding', *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol. 78, pp. 99–111, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2014.06.062>
- [66] Y. Huang and G. Yang, 'The applied research of green production technologies based on the production in plastic molding factories',

- Energy Procedia, vol. 14, pp. 247–254, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2011.12.925>
- [67] M. D. Monzón, P. Bordón, A. N. Benítez, M. Kearns, P. M. Hernández, and M. D. Marrero, 'Global efficiency of innovative rotational mold directly heated by thermal fluid', *Polymer Engineering & Sci*, vol. 52, no. 9, pp. 1998–2005, Sep. 2012, doi: <https://doi.org/10.1002/pen.23139>
- [68] M. McCourt, M. Kearns, P. Martin, and J. Butterfield, 'A Comparison between Conventional and Robotic Rotational Moulding Machines', in *34th International Manufacturing Conference*, 2017, pp. 107–114. Accessed: Sep. 05, 2024. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/profile/J-Butterfield/publication/354787300_A_Comparison_between_Conventional_and_Robotic_Rotational_Moulding_Machines/links/614ca76ba3df59440ba89ef3/A-Comparison-between-Conventional-and-Robotic-Rotational-Moulding-Machines.pdf
- [69] D. Lovrec and V. Tič, 'Energy saving cooling-unit for plastic moulding machine', *Strojniški vestnik-Journal of Mechanical Engineering*, vol. 57, no. 2, pp. 83–90, 2011. https://www.sv-jme.eu/?ns_articles_pdf=ns_articles/files/ojs/33/submission/copyedit/33-110-1-CE.pdf&id=2833
- [70] M. Längauer, G. Zitzenbacher, C. Burgstaller, and C. Hochenauer, 'Enhanced Infrared Heating of Thermoplastic Composite Sheets for Thermoforming Processes', *International Polymer Processing*, vol. 36, no. 1, pp. 35–43, Mar. 2021, doi: 10.1515/ipp-2020-3923. <https://doi.org/10.1515/ipp-2020-3923>
- [71] F. M. Schmidt, Y. Le Maout, and S. Monteix, 'Modelling of infrared heating of thermoplastic sheet used in thermoforming process', *Journal of materials processing technology*, vol. 143, pp. 225–231, 2003. [https://doi.org/10.1016/S0924-0136\(03\)00291-7](https://doi.org/10.1016/S0924-0136(03)00291-7)
- [72] S. Chinguwa, W. R. Nyemba, K. Boora, and C. Mbohwa, 'Feasibility study of the materials handling and development of a sustainable conveying system in plastics recycling and manufacture', *Procedia Manufacturing*, vol. 33, pp. 383–390, 2019.
- [73] D. Godec, M. Rujnić-Sokele, and M. Šercer, 'Processing parameters influencing energy efficient injection moulding of plastics and rubbers.', *Polimeri*, vol. 33, 2012, Accessed: Sep. 05, 2024. [Online]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/34008486.pdf>
- [74] D. H. Kokate et al., 'Energy conservation through solar energy assisted

- dryer for plastic processing industry', *Energy Procedia*, vol. 54, pp. 376–388, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.07.281>
- [75] T. Moribe, 'Advanced intermeshing mixers for energy saving and reduction of environmental impact', *Mitsubishi Heavy Ind. Tech. Rev*, vol. 49, no. 4, pp. 1–43, 2012. <https://www.mhi.co.jp/technology/review/pdf/e494/e494038.pdf>
- [76] L. Qin, Y.-M. Ding, G.-C. Zhu, H.-C. Yu, and W.-M. Yang, 'Heat Flow Analysis and Efficiency Optimization of Rotational Molding Equipment for Large Plastic Products', *International Polymer Processing*, vol. 30, no. 2, pp. 194–201, May 2015, doi: 10.3139/217.2926. <https://doi.org/10.3139/217.2926>
- [77] D. U. Erbulut, S. H. Masood, H. Senko, and K. Davies, 'Preheating of a poly(ethylene terephthalate) preform for stretch blow molding using microwaves', *J of Applied Polymer Sci*, vol. 112, no. 3, pp. 1670–1679, May 2009, doi: <https://doi.org/10.1002/app.29576> .
- [78] Z. Yang, W. Naeem, G. Menary, J. Deng, and K. Li, 'Advanced modelling and optimization of infared oven in injection stretch blow-moulding for energy saving', *IFAC Proceedings Volumes*, vol. 47, no. 3, pp. 766–771, 2014. <https://doi.org/10.3182/20140824-6-ZA-1003.01191>
- [79] S. Luo, X. Yang, X. Tao, Y. Luo, and J. Fu, 'Research on the optimization of a novel municipal solid waste shredder', *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, vol. 5, no. 1, 2013, Accessed: Sep. 05, 2024. [Online]. Available: <https://pubs.aip.org/aip/jrse/article/5/1/013111/819235>
- [80] T. G. Unnikrishnan and P. Kavan, 'A review study in ultrasonic-welding of similar and dissimilar thermoplastic polymers and its composites', *Materials Today: Proceedings*, vol. 56, pp. 3294–3300, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.540>
- [81] M. Marcus, S. Anantharaman, and B. Aldaz, 'Advantages of a Servo-Driven Ultrasonic Welder', in *Proceedings of the 71st Annual Technical Conference of the Society of Plastics Engineers (ANTEC 2013)*, Cincinnati, OH, USA, 2013, pp. 22–24. Accessed: Sep. 06, 2024. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Miranda-Marcus/publication/321035099_Advantages_of_a_Servo-Driven_Ultrasonic_Welder/links/5a09b279a6fdcc8b54781638/Advantages-of-a-Servo-Driven-Ultrasonic-Welder.pdf
- [82] H. Zhang, L. Ren, Y. Gao, and B. Jin, 'A comprehensive study of energy conservation in electric-hydraulic injection-molding equipment', *Energies*, vol. 10, no. 11, p. 1768, 2017. <https://doi.org/10.3390/en10111768>

- [83] S. Barlow, 'Reducing electrical energy costs for extrusion processes', SPE ANTEC technical papers, pp. 1157-62, 2009.
<https://nebula.wsimg.com/>
- [84] G. Bruni, A. De Santis, C. Ferrante, F. Martini, C. Martini, S. Pistacchio, Salvio, "Analisi settoriale per la valutazione di indici specifici di prestazione energetica per almeno quattro settori merceologici e definizione di modelli per l'analisi energetica nelle PMI", ENEA22_24-PR.



Grazie per il tuo interesse al volume “PLASTICA” della collana
“Quaderni dell’efficienza energetica”.

Vuoi condividere la tua valutazione di gradimento su questa lettura?
Utilizza il QR code qui sopra per accedere al nostro breve questionario.

Il tuo feedback è prezioso per noi e ci aiuterà a migliorare la qualità dei nostri
volumi futuri. Apprezziamo il tuo contributo e il tuo interesse nella nostra
attività di ricerca sull’efficienza energetica.

Ulteriore materiale in merito agli argomenti relativi all’Efficienza Energetica
dei prodotti e dei processi industriali è possibile trovarlo nella pagina web
curata dal Dipartimento Unità per l’Efficienza Energetica - ENEA DUEE,
tramite il QR code qui di seguito riportato





ENEA

AGENZIA NAZIONALE PER LE
NUOVE TECNOLOGIE, L'ENERGIA E LO
SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE



UNIONPLAST
FEDERAZIONE GOMMA PLASTICA

RdS
RICERCA DI SISTEMA

La presente pubblicazione è stata realizzata nell'ambito della Ricerca di Sistema PTR 2022-2024, progetto 1.6 *Efficienza Energetica dei prodotti e dei processi industriali*, finanziato dal Ministero della Transizione Ecologica (ora Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica)

AGENZIA NAZIONALE
EFFICIENZA ENERGETICA

