

Ricerca di Sistema elettrico



Caratterizzazione dei processi e realizzazione di uno strumento di analisi e monitoraggio dei consumi energetici nei settori di produzione della plastica (LA 3.8)

Salvatore Miranda. Raffaele Iannone, Valentina Di Pasquale, Valentina Ferrara



Università di Salerno
Dipartimento di
Ingegneria Industriale

Caratterizzazione dei processi e realizzazione di uno strumento di analisi e monitoraggio dei consumi energetici nei settori di produzione della plastica (LA 3.8)

S. Miranda, R. Iannone, V. Di Pasquale, V. Ferrara (UniSA)

Dicembre 2024

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica -ENEA Piano Triennale di Realizzazione 2022-2024

Obiettivo: Decarbonizzazione/Digitalizzazione ed evoluzione delle reti

Progetto: "Realizzazione di uno strumento di analisi e monitoraggio dei consumi energetici relativi ai processi produttivi e/o ausiliari del settore industriale della plastica"

Linea di attività: 3.8 del progetto "1.6 - Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali".

Responsabile del Progetto: Miriam, Benedetti, ENEA

Responsabile del Work Package: Fabrizio, Martini, ENEA

Responsabile Linea di Attività: Salvatore, Miranda, DIIN-UNISA

Mese inizio previsto: Gennaio 2023

Mese inizio effettivo: Gennaio 2023

Mese fine previsto: Dicembre 2024

Mese fine effettivo: Gennaio 2025

Sommario

Indice delle figure	2
Indice delle tabelle	2
1 Caratterizzazione dei processi e realizzazione di uno strumento di analisi e monitoraggio dei consumi energetici nei settori	Errore. Il segnalibro non è definito.
1.1 Risultati attesi	3
1.2 Risultati ottenuti	4
1.3 Prodotti attesi	7
1.4 Prodotti sviluppati	8
1.5 Sintesi delle attività svolte	9
1.6 Dettaglio delle attività svolte	10
1.6.1 Individuazione dei settori da analizzare, studio dei documenti di diagnosi energetica e individuazione del campione di analisi.....	10
1.6.2 Raccolta e analisi delle informazioni	11
1.6.3 Caratterizzazione energetica: analisi dei processi, individuazione dei flussi energetici, mappatura	11
1.6.4 Realizzazione di un cruscotto di monitoraggio	28
1.6.5 Realizzazione di uno strumento per l'analisi di scenario.....	35
1.6.6 Condivisione delle informazioni	36
1.7 Eventi di disseminazione	37

Indice delle figure

Figura 1. Schema di flusso dei vettori energetici - 22.22.....	4
Figura 2. Schema di flusso dei vettori energetici - 22.21 tubi.....	5
Figura 3. Schema di flusso dei vettori energetici - 22.21 film.....	5
Figura 4. Schema di flusso dei vettori energetici - 20.16.....	6
Figura 5. Esempio di una tabella di raccolta dati (Excel).....	11
Figura 6. Diagramma a torta dei vettori energetici utilizzati - 22.22.....	13
Figura 7. Diagramma a torta di energia elettrica per fasi - 22.22.....	14
Figura 8. Diagramma a torta di gas naturale per fasi - 22.22.....	14
Figura 9. Schema della suddivisione del fabbisogno energetico - 22.22.....	14
Figura 10. Diagramma a torta dei vettori energetici utilizzati - 22.21 tubi.....	15
Figura 11. Diagramma a torta di energia elettrica per fasi - 22.21 tubi.....	15
Figura 12. Diagramma a torta di gas naturale per fasi - 22.21 tubi.....	15
Figura 13. Schema della suddivisione del fabbisogno energetico - 22.21 tubi.....	16
Figura 14. Schema della suddivisione del fabbisogno di energia elettrica - 22.21 tubi.....	16
Figura 15. Diagramma a torta dei vettori energetici utilizzati - 22.21 film.....	17
Figura 16. Diagramma a torta di energia elettrica per fasi - 22.21 film.....	17
Figura 17. Diagramma a torta di gas naturale per fasi - 22.21 film.....	17
Figura 18. Schema della suddivisione del fabbisogno energetico - 22.21 film.....	18
Figura 19. Schema della suddivisione del fabbisogno di energia elettrica - 22.21 film.....	18
Figura 20. Diagramma a torta dei vettori energetici utilizzati - 20.16.....	19
Figura 21. Diagramma a torta di energia elettrica per fasi - 20.16.....	19
Figura 22. Schema della suddivisione del fabbisogno energetico - 20.16.....	20
Figura 23. Schema di flusso dei vettori energetici - 22.22.....	20
Figura 24. Rappresentazione IDEF-0 Stoccaggio MP- 22.22.....	21
Figura 25. Rappresentazione IDEF-0 Essiccazione - 22.22.....	21
Figura 26. Rappresentazione IDEF-0 Macinazione - 22.22.....	21
Figura 27. Rappresentazione IDEF-0 Stampaggio - 22.22.....	21
Figura 28. Rappresentazione IDEF-0 Assemblaggio - 22.22.....	21
Figura 29. Rappresentazione IDEF-0 Confezionamento - 22.22.....	22
Figura 30. Schema di flusso dei vettori energetici - 22.21 tubi.....	22
Figura 31. Rappresentazione IDEF-0 Miscelazione - 22.21 tubi.....	22

Figura 32. Rappresentazione IDEF-0 Estrusione - 22.21 tubi	23
Figura 33. Rappresentazione IDEF-0 Macinazione - 22.21 tubi	23
Figura 34. Rappresentazione IDEF-0 Granulazione - 22.21 tubi	23
Figura 35. Schema di flusso dei vettori energetici - 22.21 film	24
Figura 36. Rappresentazione IDEF-0 Miscelazione - 22.21 film	24
Figura 37. Rappresentazione IDEF-0 Estrusione - 22.21 film.....	24
Figura 38. Rappresentazione IDEF-0 Calandratura - 22.21 film	25
Figura 39. Rappresentazione IDEF-0 Taglio - 22.21 film.....	25
Figura 40. Rappresentazione IDEF-0 Termoformatura - 22.21 film.....	25
Figura 41. Rappresentazione IDEF-0 Macinazione - 22.21 film.....	25
Figura 42. Rappresentazione IDEF-0 Granulazione - 22.21 film	26
Figura 43. Rappresentazione IDEF-0 Confezionamento - 22.21 film	26
Figura 44. Schema di flusso dei vettori energetici - 20.16.....	26
Figura 45. Rappresentazione IDEF-0 Macinazione - 20.16	27
Figura 46. Rappresentazione IDEF-0 Miscelazione - 20.16.....	27
Figura 47. Rappresentazione IDEF-0 Estrusione - 20.16	27
Figura 48. Rappresentazione IDEF-0 Granulazione - 20.16.....	27
Figura 49. Rappresentazione IDEF-0 Stampaggio - 20.16.....	28
Figura 50. Rappresentazione IDEF-0 Confezionamento	28
Figura 51. Calcolo del range di consumo di EE mensile per AP, SA e SG.....	29
Figura 52. Calcolo del range di consumo di EE per le singole attività principali	29
Figura 53. Calcolo del range di consumo di EE per le singole attività principali	29
Figura 54. Calcolo degli indicatori di performance energetica.....	30
Figura 55. Schermata consumo EE in AP, SA e SG.....	30
Figura 56. Schermata consumo EE in Attività Principali.....	30
Figura 57. Schermata per il calcolo dell'Indicatore.....	30
Figura 58. Schermata per l'analisi di scenari	30
Figura 59. Relazione bilaterale tra i dati	31
Figura 60. Cruscotto di visualizzazione AP, SA e SG	31
Figura 61. Cruscotto di visualizzazione di Fasi Produttive	32
Figura 62. Storico dei consumi di Fasi produttive	33
Figura 63. Indicatore della fase di Stampaggio.....	34
Figura 64. Analisi di scenari.....	34
Figura 65. Esempio di foglio di raccolta dati per l'analisi di scenario	35

Figura 66. Esempio di foglio di raccolta dati per l'analisi di scenario	35
Figura 67. Analisi di scenari	36

Indice delle tabelle

Tabella 1. Tabella riassuntiva del fabbisogno energetico degli impianti - 22.22	13
Tabella 2. Tabella riassuntiva del fabbisogno energetico degli impianti - 22.21 tubi	15
Tabella 3. Tabella riassuntiva del fabbisogno energetico degli impianti - 22.21 film.....	17
Tabella 4. Tabella riassuntiva del fabbisogno energetico - 20.16.....	18
Tabella 5. Fabbisogno di energia elettrica di attività principali, servizi ausiliari e servizi generali	28
Tabella 6. Fabbisogno di energia elettrica delle singole attività principali.....	28

1 Risultati attesi

I risultati attesi dalla linea di attività (LA) come da capitolato sono i seguenti:

- Quadro dettagliato degli usi energetici: individuazione dei consumi energetici significativi e delle tecnologie adottate nelle principali fasi produttive dei settori analizzati.
- Identificazione delle aree critiche: mappatura dei processi produttivi e ausiliari per individuare i flussi energetici significativi e le fasi con maggiore impatto energetico.
- Cruscotto di monitoraggio: creazione di uno strumento pratico per monitorare la gestione energetica, confrontare i consumi aziendali con benchmark teorici e operativi, e supportare le aziende nel miglioramento delle performance.
- Strumento per analisi di scenario: sviluppo di un sistema per simulare l'impatto di modifiche impiantistiche o di processo sulle performance energetiche, favorendo decisioni informate.
- Condivisione dei risultati: produzione di report strutturati e dettagliati da trasferire alle associazioni di categoria, favorendo la diffusione delle informazioni e delle migliori pratiche.

2 Risultati ottenuti

I risultati ottenuti dall'analisi sono i seguenti:

1. Quadro dettagliato degli usi energetici:
 - Codice ATECO 22.22, "Fabbricazione di imballaggi in materie plastiche - **stampaggio ad iniezione**": l'energia elettrica risulta il vettore maggiormente adottato con una percentuale di utilizzo dell'89,52%. È utilizzato specialmente dalle attività produttive e, in particolare, la fase di stampaggio risulta essere quella più energivora con l'utilizzo di energia elettrica del 64,3%.
 - Codice ATECO 22.21, "Fabbricazione di lastre, fogli, tubi e profilati in materie plastiche-**tubi**": l'energia elettrica risulta il vettore maggiormente adottato con una percentuale di utilizzo del 96,43%. È utilizzato specialmente dalle attività produttive e, in particolare, la fase di estrusione risulta essere quella più energivora con l'utilizzo di energia elettrica del 56,56%.
 - Codice ATECO 22.21, "Fabbricazione di lastre, fogli, tubi e profilati in materie plastiche-**film**": l'energia elettrica risulta il vettore maggiormente adottato con una percentuale di utilizzo del 91,08%. È utilizzato specialmente dalle attività produttive e, in particolare, la fase di estrusione risulta essere quella più energivora con l'utilizzo di energia elettrica del 47,78%.
 - Codice ATECO 20.16, "Fabbricazione di materie plastiche in forme primarie": l'energia elettrica risulta il vettore maggiormente adottato con una percentuale di utilizzo del 99,13%. È utilizzato specialmente dalle attività produttive e, in particolare, la fase di estrusione risulta essere quella più energivora con l'utilizzo di energia elettrica del 56,87%.
2. Identificazione delle aree critiche, mappatura dei processi produttivi e ausiliari:
 - Codice ATECO 22.22, "Fabbricazione di imballaggi in materie plastiche - **stampaggio ad iniezione**":

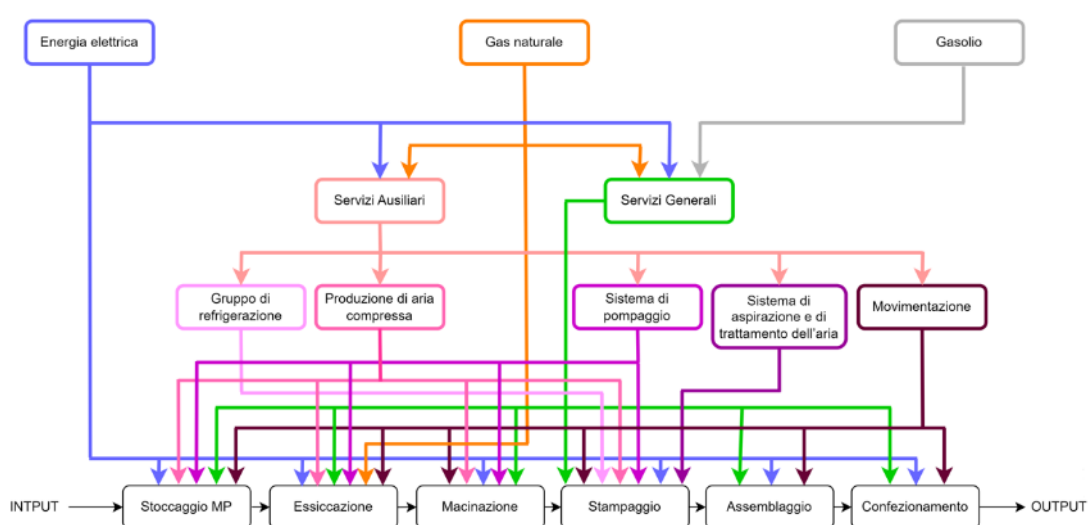


Figura 1. Schema di flusso dei vettori energetici - 22.22

- Codice ATECO 22.21, "Fabbricazione di lastre, fogli, tubi e profilati in materie plastiche-tubi":

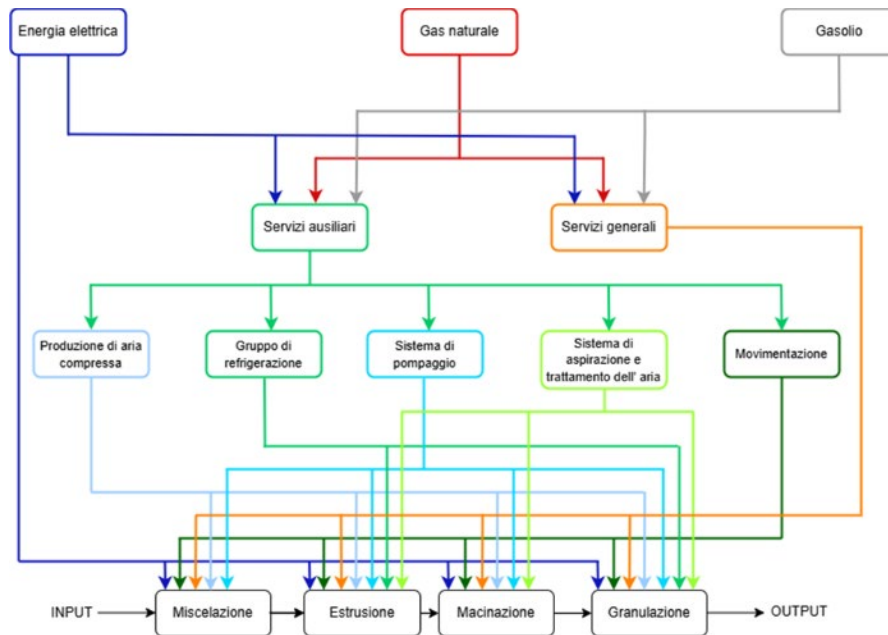


Figura 2. Schema di flusso dei vettori energetici - 22.21 tubi

- Codice ATECO 22.21, "Fabbricazione di lastre, fogli, tubi e profilati in materie plastiche-film":

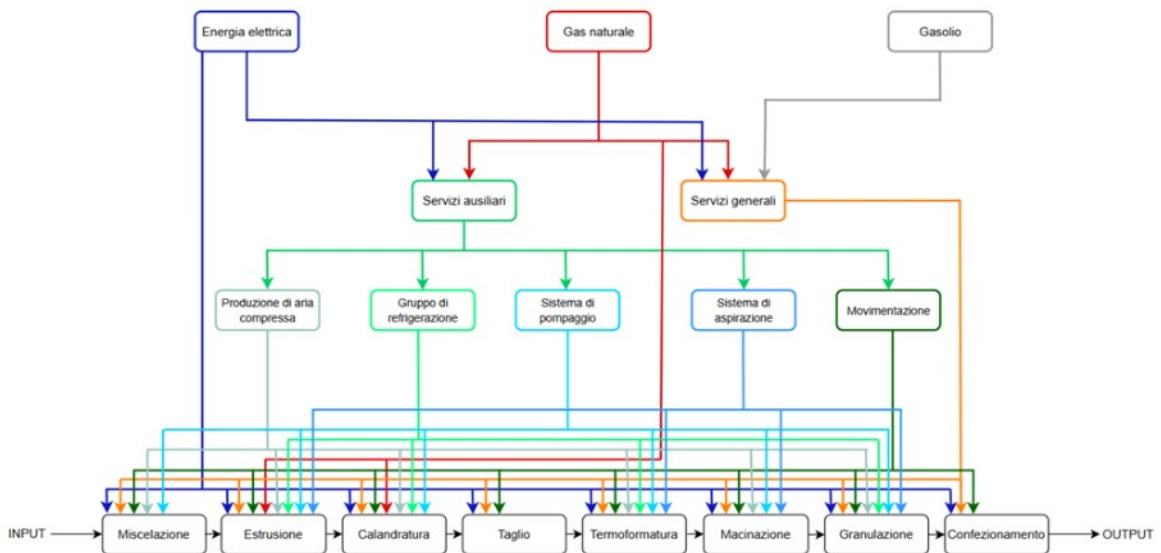


Figura 3. Schema di flusso dei vettori energetici - 22.21 film

- Codice ATECO 20.16, "Fabbricazione di materie plastiche in forme primarie":

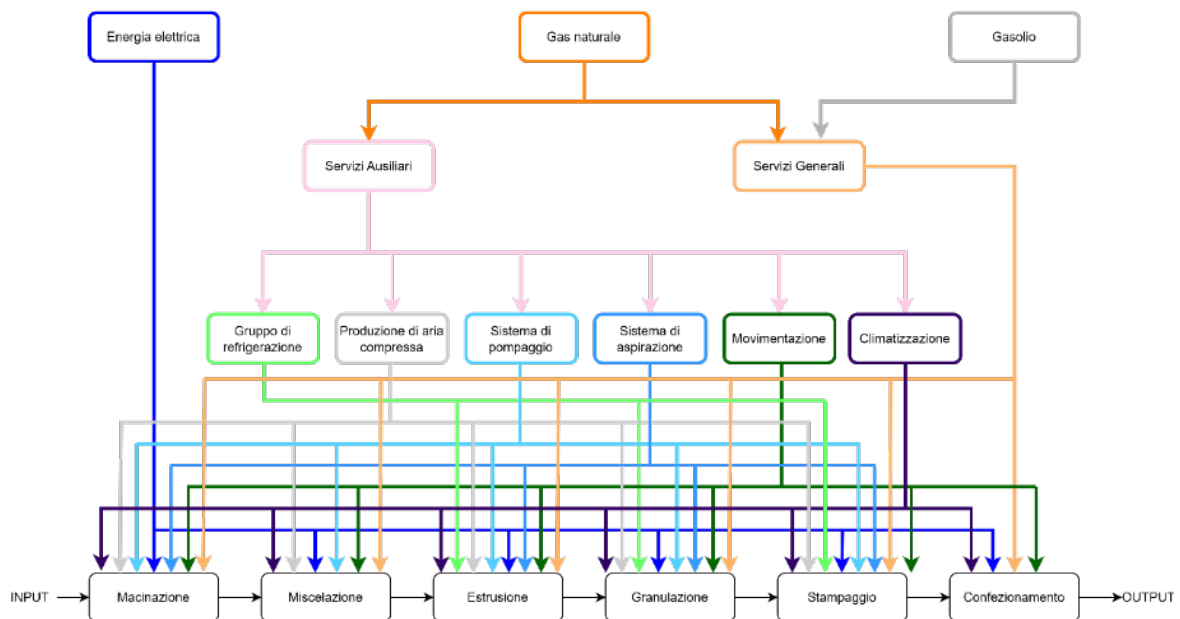


Figura 4. Schema di flusso dei vettori energetici - 20.16

3. Cruscotto di monitoraggio: è stato realizzato uno strumento pratico per monitorare la gestione energetica costituito da 5 finestre di visualizzazione che sono approfondite nel seguito di questo report.
4. Strumento per analisi di scenario: è stato sviluppato un sistema per simulare l'impatto di modifiche impiantistiche o di processo sulle performance energetiche, favorendo decisioni informate. In particolare, tale strumento è costituito dalla quinta finestra del cruscotto realizzato, di cui si discute in seguito. Entrambi gli strumenti di cui si parla al punto 3. e al punto 4. sono stati realizzati a scopo simulativo, pertanto devono essere personalizzati dalle imprese che li utilizzeranno inserendo i propri dati energetici.
5. Condivisione dei risultati: redazione di documenti riepilogativi per le associazioni di categoria finalizzati a trasferire tutte le informazioni raccolte.

3 Prodotti attesi

I prodotti attesi come indicato da capitolato sono i seguenti:

1. Rapporto tecnico con la caratterizzazione energetica di almeno un settore produttivo: mappatura dei processi produttivi e/o ausiliari al fine di identificare ed analizzare i flussi energetici più significativi. Individuazione delle fasi dei processi produttivi/ausiliari o delle macchine/impianti maggiormente energivori.
2. Cruscotto di monitoraggio per i settori individuati: strumento flessibile di visualizzazione, monitoraggio e analisi delle prestazioni energetiche dei processi appartenenti al settore individuato [formato PowerBI o simile].
3. Strumento per analisi di scenario: strumento da integrare nel cruscotto che permetterà di effettuare valutazione ex ante degli effetti attesi sulle performance energetiche della realtà produttiva a seguito di interventi sul processo o sull'impianto. [Formato PowerBi o simile e/o Excel].

4 Prodotti sviluppati

I prodotti sviluppati sono i seguenti:

- Rapporto tecnico con la caratterizzazione energetica dei settori produttivi analizzati:
 - o Codice ATECO 22.22, "Fabbricazione di imballaggi in materie plastiche";
 - o Codice ATECO 22.21, "Fabbricazione di lastre, fogli, tubi e profilati in materie plastiche";
 - o Codice ATECO 20.16, "Fabbricazione di materie plastiche in forme primarie".
È presente la mappatura dei processi produttivi e ausiliari, l'individuazione dei flussi energetici più significativi e delle fasi dei processi produttivi/ausiliari maggiormente energivori.
- Cruscotto di monitoraggio per il settore 22.22, "Fabbricazione di imballaggi in materie plastiche": permette la visualizzazione, il monitoraggio e l'analisi delle prestazioni energetiche dei processi appartenenti al settore. Lo strumento è stato realizzato in formato Power BI. Gli utenti possono accedere al cruscotto avviando il programma Power BI e avendo a disposizione il database in formato Excel. Per l'utilizzo dello strumento, è necessario accedere al database in Excel ed inserire, in campi specifici, i dati di consumi personali dell'azienda in esame.
- Strumento per analisi di scenario: strumento integrato nel cruscotto in formato Power BI che permette di effettuare valutazione ex ante degli effetti attesi sulle performance energetiche della realtà produttiva a seguito di interventi sul processo o sull'impianto. Gli utenti possono accedere al cruscotto avviando il programma Power BI e avendo a disposizione il database in formato Excel. Per l'utilizzo dello strumento, è necessario accedere al database in formato Excel ed inserire, in campi specifici, i dati che si desidera modificare per migliorare le performance dell'impianto dell'azienda in esame.

5 Analisi degli scostamenti su attività e risultati

Non vi sono scostamenti significativi da segnalare

6 Sintesi delle attività svolte

Il progetto ha coinvolto le seguenti attività principali:

- Individuazione settori: analisi dei settori di fabbricazione di imballaggi, tubi, film plastici e materie plastiche in forme primarie.
- Raccolta dati: studio degli usi energetici nelle principali fasi produttive per identificare consumi significativi e tecnologie adottate; è risultata l'energia elettrica come vettore prevalente.
- Caratterizzazione energetica: mappatura dei processi produttivi e ausiliari per individuare le fasi più energivore, come stampaggio ed estrusione.
- Cruscotto di monitoraggio: sviluppo di uno strumento per analizzare la gestione energetica settoriale e confrontare i consumi aziendali con benchmark teorici e operativi.
- Analisi di scenario: creazione di uno strumento per valutare l'impatto di modifiche a impianti/processi sulle performance energetiche attese.
- Condivisione risultati: redazione di documenti riepilogativi per le associazioni di categoria, trasferendo le informazioni raccolte.

7 Dettaglio delle attività svolte

L'Università degli Studi di Salerno si è occupata di analizzare i processi produttivi e di individuare e mappare gli usi energetici e i dati di produzione di determinati settori energivori.

7.1 Individuazione dei settori da analizzare, studio dei documenti di diagnosi energetica e individuazione del campione di analisi

La prima attività svolta è stata quella di concordare con ENEA i settori sottoposti ad analisi, tenendo conto della rilevanza dei settori per il tessuto produttivo italiano, della disponibilità delle associazioni di categoria e delle aziende appartenenti al settore a collaborare al progetto.

Dopo attente valutazioni, sono state scelte per l'analisi le categorie afferenti ai seguenti codici ATECO:

- 22.22, "Fabbricazione di imballaggi in materie plastiche";
- 22.21, "Fabbricazione di lastre, fogli, tubi e profilati in materie plastiche";
- 20.16, "Fabbricazione di materie plastiche in forme primarie".

Successivamente, lo studio dei documenti di diagnosi energetica presentati ha portato all'individuazione del campione di analisi:

- Per la categoria con **codice ATECO 22.22** sono state raccolte 371 diagnosi energetiche, la cui analisi ha portato ad individuare differenti tecnologie produttive di imballaggi in plastica:
 - o Stampaggio ad iniezione;
 - o Termoformatura;
 - o Estrusione;
 - o Soffiaggio.

È stato concordato con ENEA di approfondire il settore dello **stampaggio ad iniezione** con 43 aziende italiane che hanno costituito il campione.

- Per la categoria con **codice ATECO 22.21** sono state raccolte 207 diagnosi energetiche, la cui analisi ha portato ad individuare differenti linee produttive:
 - o Produzione di tubi plastici;
 - o Produzione di film plastici;
 - o Produzione di lastre, pannelli, blocchi plastici;
 - o Produzione di sacchi e shoppers in plastica;
 - o Produzione di raccordi, valvole e bordi.

Dato la maggiore rilevanza, è stato deciso di approfondire il settore della produzione di **tubi plastici** e della produzione di **film plastici** con rispettivamente 11 e 24 aziende italiane che hanno costituito i campioni d'analisi.

- Per la categoria con **codice ATECO 20.16** sono state raccolte 129 diagnosi energetiche, la cui analisi ha portato ad individuare un campione di analisi costituito da 20 aziende italiane.

7.2 Raccolta e analisi delle informazioni

Sono state analizzate le diagnosi energetiche delle aziende appartenenti al campione d'analisi e raccolti i dati in file Excel. Per ogni azienda sono stati raccolti i dati di consumo relativamente a tutte le fasi del processo, ai servizi ausiliari e generali.

Segue un esempio delle tabelle realizzate per ogni azienda di ogni settore:

Vettore (TEP)	Attività principali	Servizi ausiliari				Servizi ge	TEP TOT	% TEP
Codice	Stampaggio ad in	Preparazione MP	Raffreddamento/	Aria compressa	Trasporto	-	x	
Energia elettrica	x	x	x	x	x	x	x	0,x%
Gas naturale	x	x	x	x	x	x	x	0,x%
Gasolio	x	x	x	x	x	x	x	0,x%
%energia elettrica	0,x%	0,x%	0,x%	0,x%	0,x%	0,x%		
%gas naturale	0,x%	0,x%	0,x%	0,x%	0,x%	0,x%		
%gasolio	0,x%	0,x%	0,x%	0,x%	0,x%	0,x%		
TEP TOT	x	x	x	x	x	x		
TEP %	0,x%	0,x%	0,x%	0,x%	0,x%	0,x%		

Figura 5. Esempio di una tabella di raccolta dati (Excel)

7.3 Caratterizzazione energetica: analisi dei processi, individuazione dei flussi energetici, mappatura

7.3.1 Analisi dei processi

Tramite l'analisi dei processi produttivi e seguendo le linee guida di ENEA, sono state individuate le attività principali, i servizi ausiliari e i servizi generali per ogni settore.

- Per il codice ATECO 22.22, stampaggio ad iniezione:
 - Attività principali:
 - Stoccaggio MP;
 - Essiccazione;
 - Macinazione;
 - Stampaggio;
 - Assemblaggio;
 - Confezionamento.
 - Servizi ausiliari:
 - Gruppi di refrigerazione;
 - Produzione di aria compressa;
 - Sistema di pompaggio;
 - Sistema di aspirazione e di trattamento dell'aria;
 - Movimentazione materiali.
 - Servizi generali:
 - Climatizzazione;
 - Illuminazione;
 - Servizi di stabilimento;
 - Uffici.
- Per il codice ATECO 22.21, tubi plastici:
 - Attività principali:
 - Miscelazione;
 - Estrusione;
 - Macinazione;
 - Granulazione.

- Servizi Ausiliari:
 - Gruppi di refrigerazione;
 - Produzione di aria compressa;
 - Sistema di pompaggio;
 - Sistema di aspirazione e trattamento dell'aria;
 - Movimentazione materiali.
- Servizi Generali:
 - Climatizzazione;
 - Illuminazione;
 - Servizi di stabilimento;
 - Uffici;
 - Ricarica muletti elettrici.
- Per il codice ATECO 22.21, film plastici:
 - Attività principali:
 - Miscelazione;
 - Estrusione;
 - Calandratura;
 - Taglio;
 - Termoformatura;
 - Macinazione;
 - Granulazione;
 - Confezionamento.
 - Servizi ausiliari:
 - Gruppi di refrigerazione;
 - Produzione di aria compressa;
 - Sistema di pompaggio;
 - Sistema di aspirazione;
 - Movimentazione materiali.
 - Servizi generali:
 - Climatizzazione;
 - Illuminazione;
 - Servizi di stabilimento;
 - Uffici;
 - Ricarica muletti elettrici.
- Per il codice ATECO 20.16, materie plastiche in forme primarie:
 - Attività principali:
 - Macinazione;
 - Miscelazione;
 - Estrusione;
 - Granulazione;
 - Stampaggio;
 - Confezionamento.
 - Servizi ausiliari:
 - Produzione di aria compressa;
 - Circuito freddo materiali;
 - Sistema di aspirazione;
 - Pompaggio;

- Movimentazione;
- Climatizzazione.
- Servizi generali:
 - Illuminazione;
 - Servizi di stabilimento;
 - Uffici.

7.3.2 Individuazione dei flussi energetici

Dall'analisi del campione sono stati individuati i vettori energetici maggiormente utilizzati dalle industrie con i relativi usi percentuali.

- Per il codice ATECO 22.22, **stampaggio ad iniezione**:

Vettore energetico	#	Media pesata
Energia elettrica	43/43	89,52%
Gas naturale	26/43	8,51%
Gasolio	19/43	0,77%
GPL	2/43	0,05%
Calore	2/43	1,14%

Tabella 1. Tabella riassuntiva del fabbisogno energetico degli impianti - 22.22

NOTA: Si specificano informazioni trasferite da tutte le tabelle riferite ai vettori energetici (Tabella 1, Tabella 2, Tabella 3, Tabella 4): la seconda colonna indica il numero di aziende che utilizzano i relativi vettori, la terza indica la media pesata di consumo energetico percentuale. In particolare, l'energia elettrica, ad esempio per lo stampaggio ad iniezione, rappresenta un'aliquota pari al 89,52 % del fabbisogno energetico complessivo degli stabilimenti.

Sulla base dei dati, sono stati costruiti diagrammi a torta che rappresentano la suddivisione del fabbisogno energetico complessivo, la suddivisione del fabbisogno energetico elettrico e di gas naturale per le singole attività principali, per i servizi ausiliari e per i servizi generali:

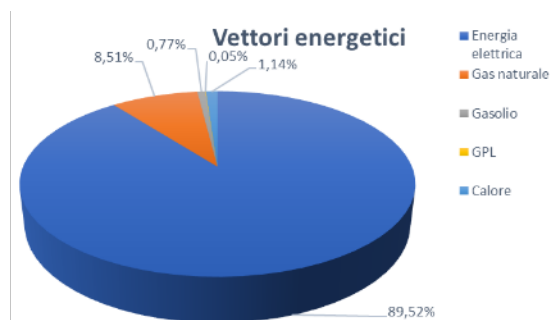


Figura 6. Diagramma a torta dei vettori energetici utilizzati - 22.22

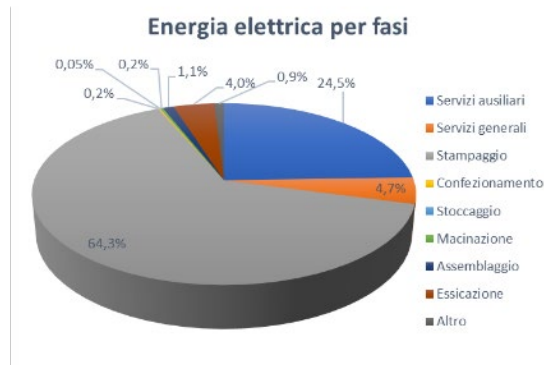


Figura 7. Diagramma a torta di energia elettrica per fasi - 22.22

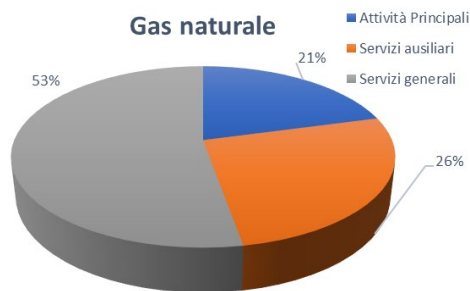


Figura 8. Diagramma a torta di gas naturale per fasi - 22.22

È stata realizzata una rappresentazione del processo produttivo che dettaglia i consumi percentuali di energia elettrica e gas naturale più rilevanti.

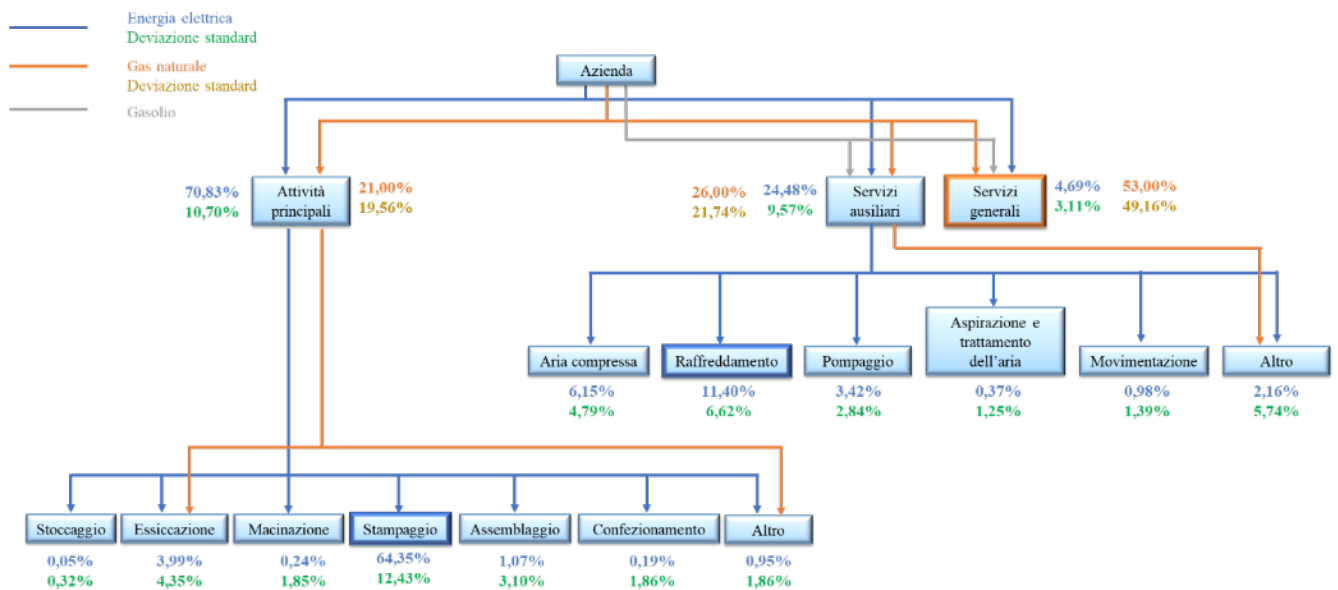


Figura 9. Schema della suddivisione del fabbisogno energetico - 22.22

- Per il codice ATECO 22.21, **tubi plastici**:

Vettore energetico	#	Media pesata
Energia elettrica	11/11	96,43%

Gas naturale	9/11	2,91%
Gasolio	3/11	0,63%
GPL	2/11	0,03%

Tabella 2. Tabella riassuntiva del fabbisogno energetico degli impianti - 22.21 tubi

Sulla base dei dati, sono stati costruiti diversi diagrammi a torta che rappresentano la suddivisione del fabbisogno energetico complessivo, la suddivisione del fabbisogno energetico elettrico e di gas naturale per le singole attività principali, per i servizi ausiliari e per i servizi generali:

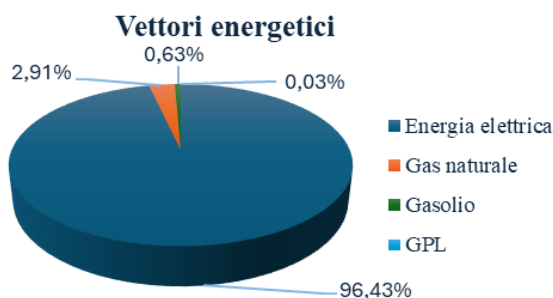


Figura 10. Diagramma a torta dei vettori energetici utilizzati - 22.21 tubi

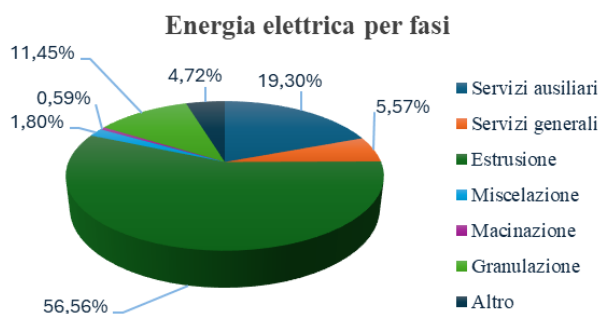


Figura 11. Diagramma a torta di energia elettrica per fasi - 22.21 tubi

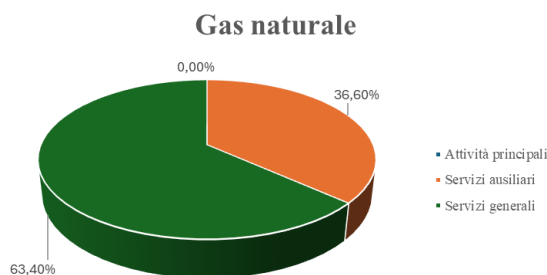


Figura 12. Diagramma a torta di gas naturale per fasi - 22.21 tubi

È stata realizzata una rappresentazione del processo produttivo che dettaglia i consumi percentuali di energia elettrica e gas naturale più rilevanti.

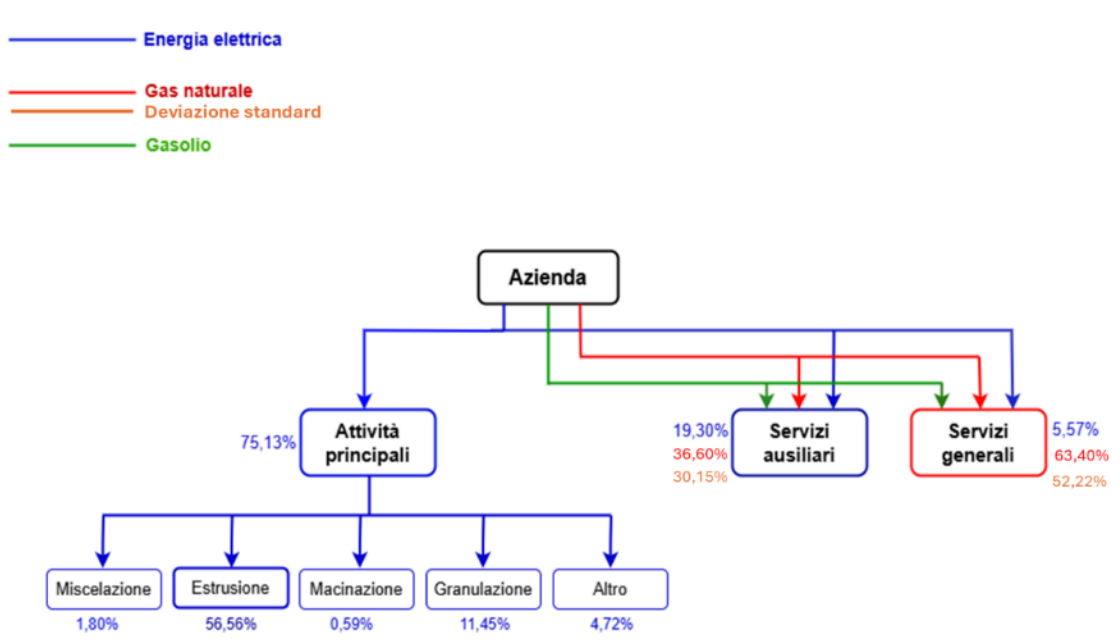


Figura 13. Schema della suddivisione del fabbisogno energetico - 22.21 tubi

È riportato di seguito il focus effettuato riguardo il consumo di energia elettrica, è possibile visualizzare i valori percentuali di consumo di energia elettrica per ogni attività produttiva e servizio ausiliario con le relative deviazioni standard:

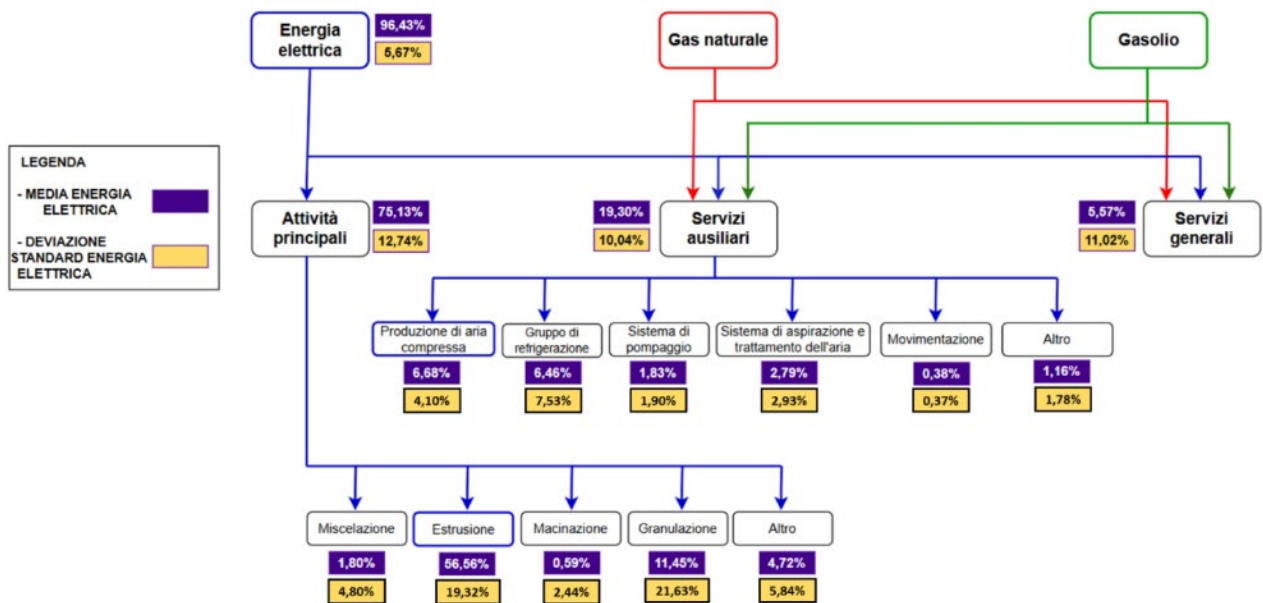


Figura 14. Schema della suddivisione del fabbisogno di energia elettrica - 22.21 tubi

- Per il codice ATECO 22.21, **film plastici**:

Vettore energetico	#	Media pesata
Energia elettrica	24/24	91,08%

Gas naturale	15/24	8,15%
Gasolio	2/24	0,65%
Calore	1/24	0,13%

Tabella 3. Tabella riassuntiva del fabbisogno energetico degli impianti - 22.21 film

Sulla base dei dati, sono stati costruiti diversi diagrammi a torta che rappresentano la suddivisione del fabbisogno energetico complessivo, la suddivisione del fabbisogno energetico elettrico e di gas naturale per le singole attività principali, per i servizi ausiliari e per i servizi generali:

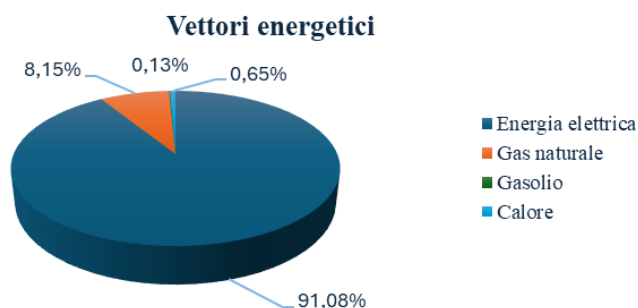


Figura 15. Diagramma a torta dei vettori energetici utilizzati - 22.21 film

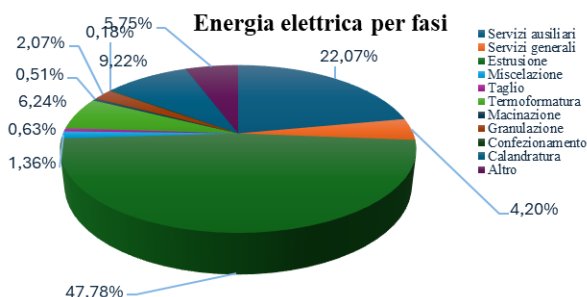


Figura 16. Diagramma a torta di energia elettrica per fasi - 22.21 film

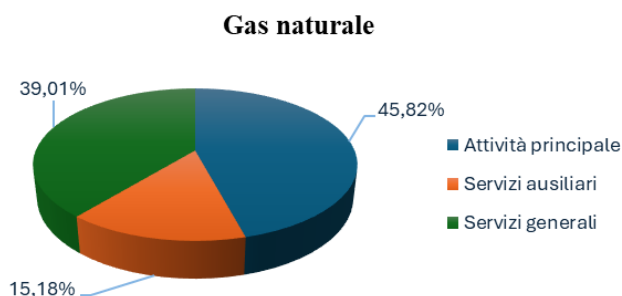


Figura 17. Diagramma a torta di gas naturale per fasi - 22.21 film

È stata realizzata una rappresentazione del processo produttivo che dettaglia i consumi percentuali di energia elettrica e gas naturale più rilevanti:

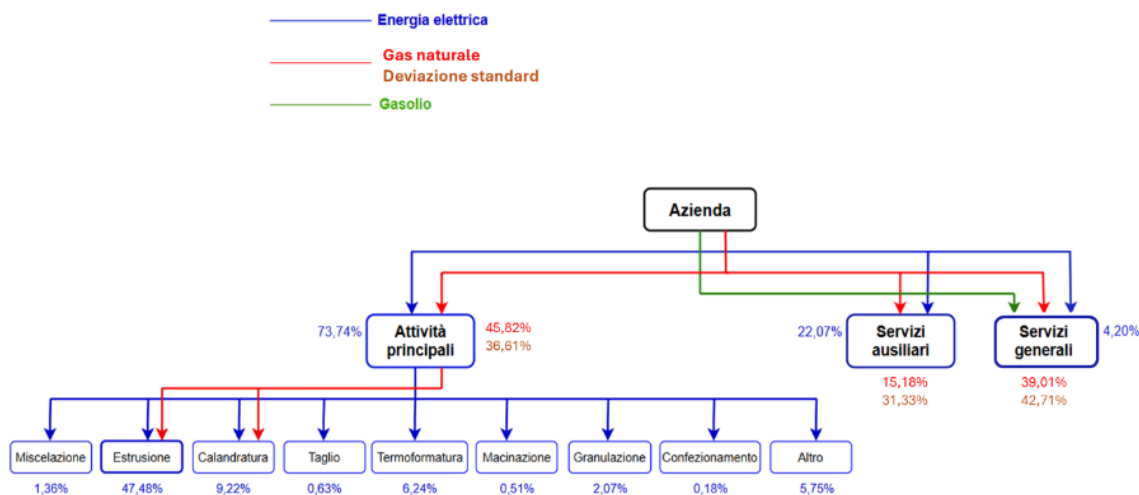


Figura 18. Schema della suddivisione del fabbisogno energetico - 22.21 film

È riportato di seguito il focus effettuato riguardo il consumo di energia elettrica: è possibile visualizzare i valori percentuali di consumo di energia elettrica per ogni attività produttiva e servizio ausiliare con le relative deviazioni standard:

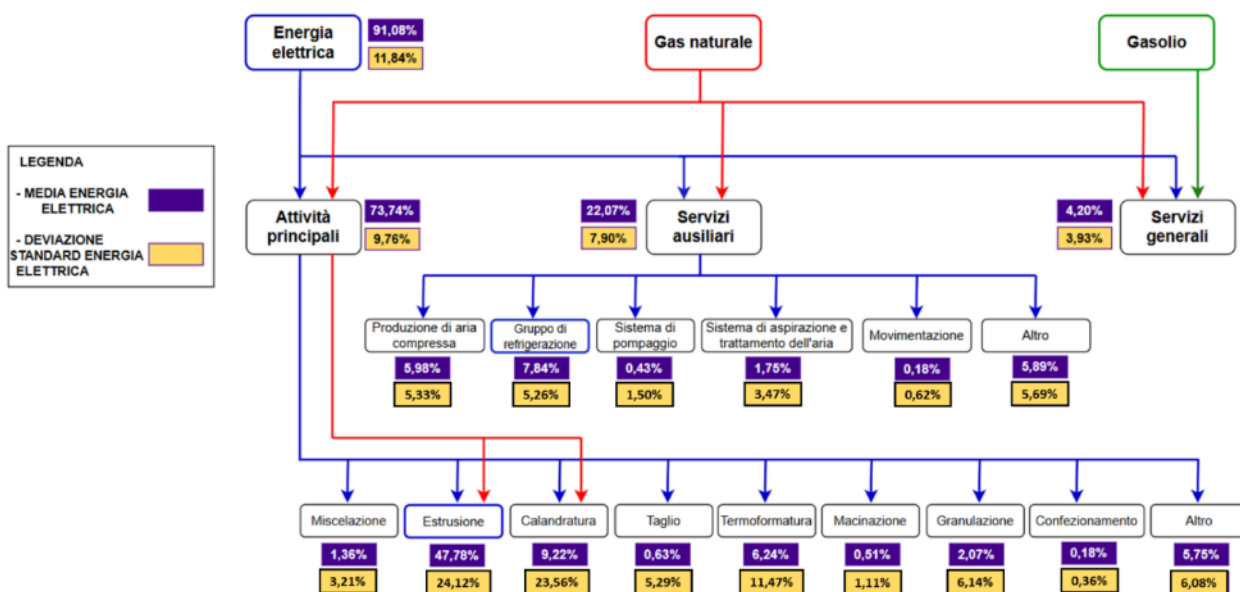


Figura 19. Schema della suddivisione del fabbisogno di energia elettrica - 22.21 film

- Per il codice ATECO 20.16, trasformazione materie plastiche in forme primarie:

Vettore energetico	#	Media pesata
Energia elettrica	20/20	99,13%
Gas naturale	10/20	0,68%
Gasolio	3/20	0,19%

Tabella 4. Tabella riassuntiva del fabbisogno energetico - 20.16

Sulla base dei dati, sono stati costruiti diversi diagrammi a torta che rappresentano la suddivisione del fabbisogno energetico complessivo e la suddivisione del fabbisogno energetico elettrico per le singole attività principali, per i servizi ausiliari e per i servizi generali:

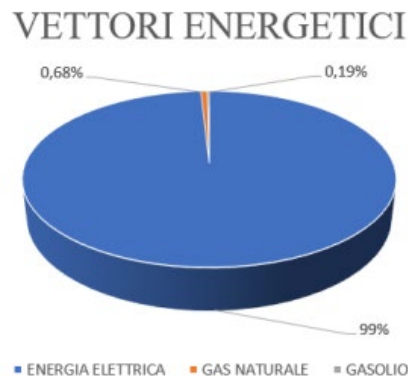


Figura 20. Diagramma a torta dei vettori energetici utilizzati - 20.16

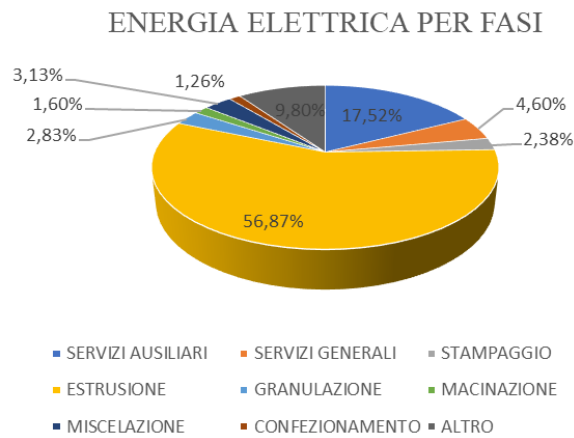


Figura 21. Diagramma a torta di energia elettrica per fasi - 20.16

È stata realizzata una rappresentazione del processo produttivo che dettaglia i consumi percentuali di energia elettrica e gas naturale più rilevanti.

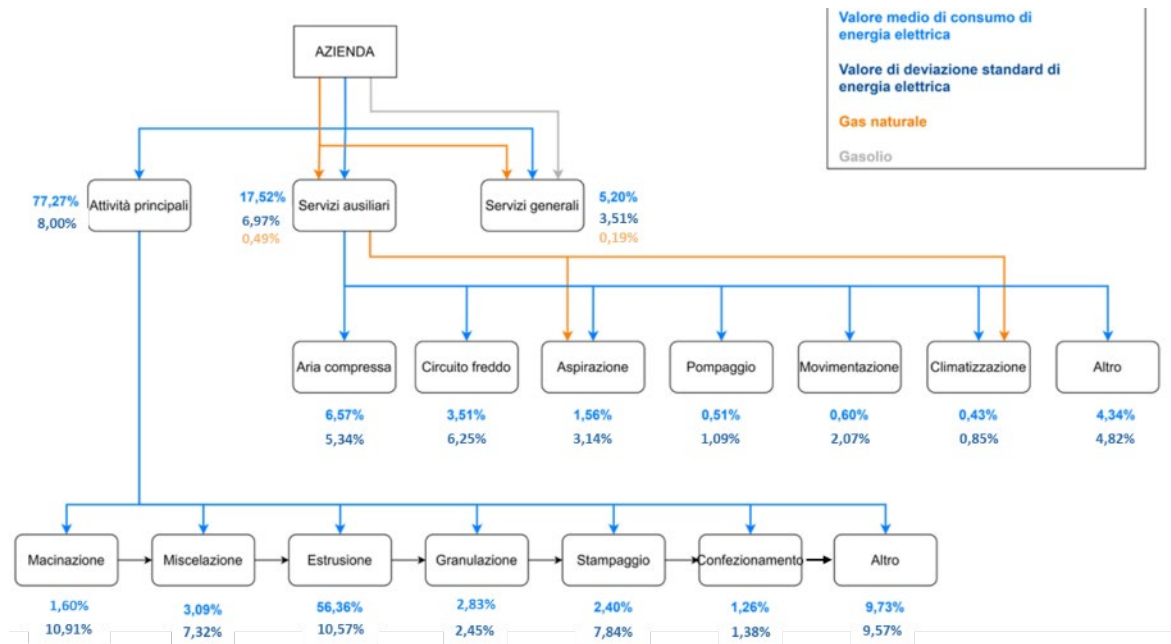


Figura 22. Schema della suddivisione del fabbisogno energetico - 20.16

7.3.3 Mappatura

È stata realizzata la mappatura energetica dell'intero processo e per singola fase produttiva, per tutti i settori sottoposti ad analisi.

- Per il codice ATECO 22.22, **stampaggio ad iniezione**:

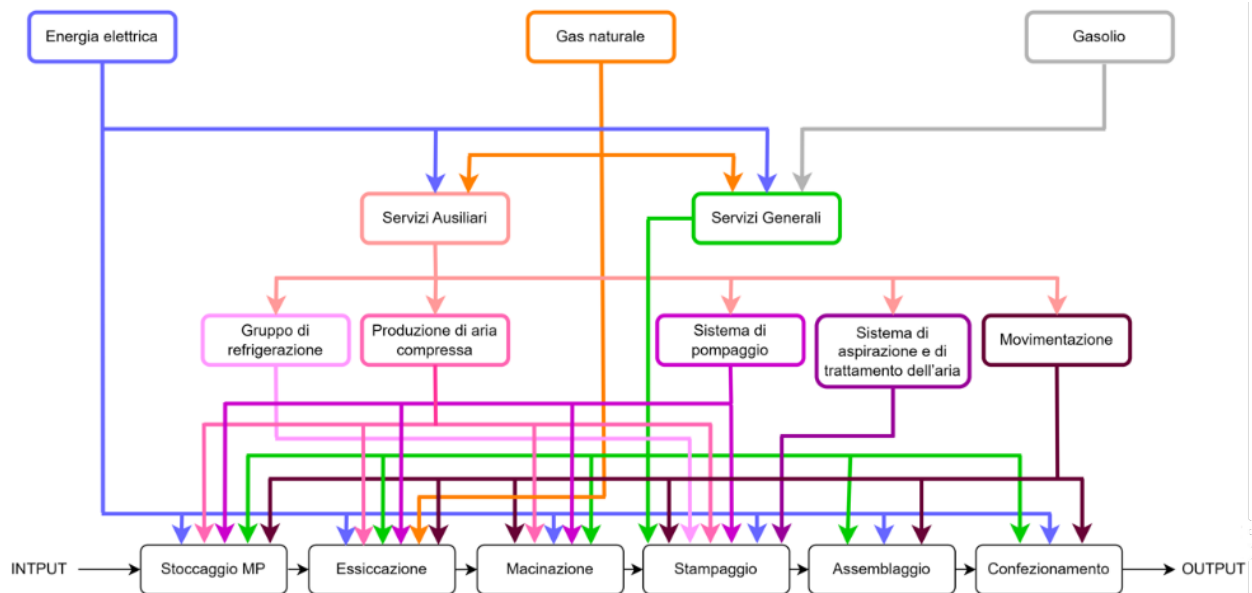


Figura 23. Schema di flusso dei vettori energetici - 22.22

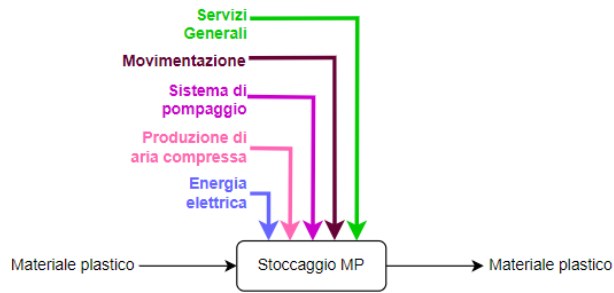


Figura 24. Rappresentazione IDEF-0 Stoccaggio MP- 22.22

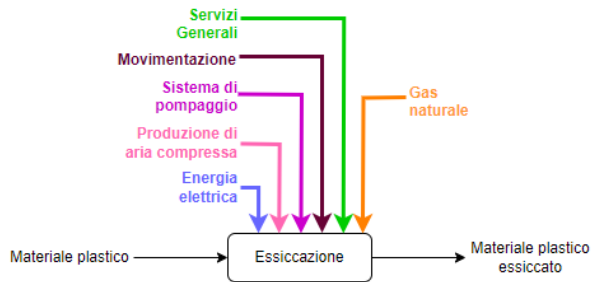


Figura 25. Rappresentazione IDEF-0 Essiccazione - 22.22

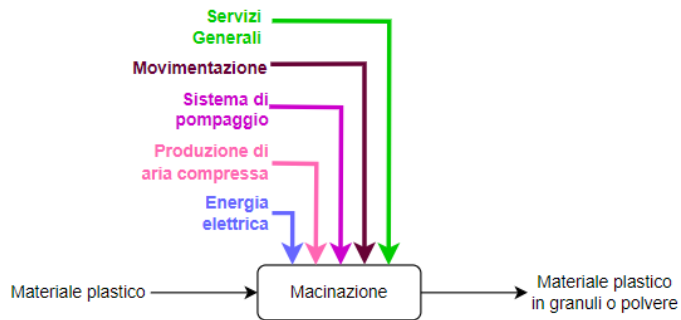


Figura 26. Rappresentazione IDEF-0 Macinazione - 22.22

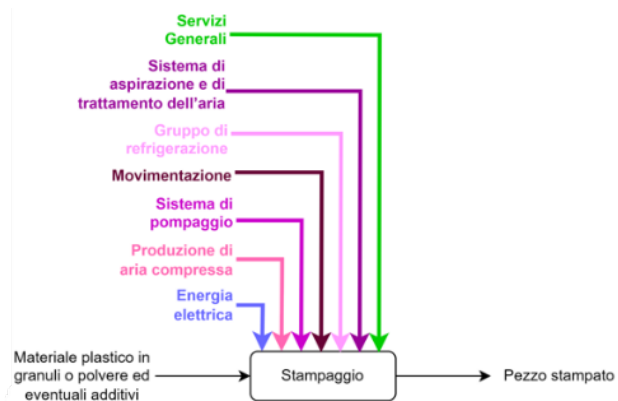


Figura 27. Rappresentazione IDEF-0 Stampaggio - 22.22

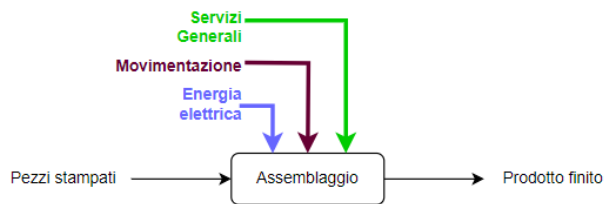


Figura 28. Rappresentazione IDEF-0 Assemblaggio - 22.22

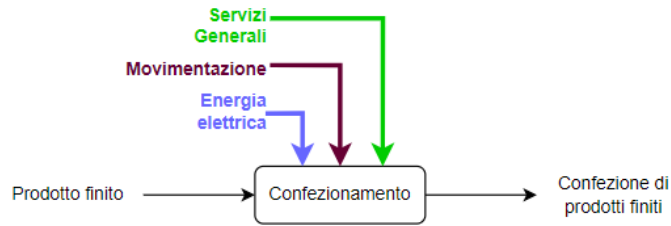


Figura 29. Rappresentazione IDEF-0 Confezionamento - 22.22

- Per il codice ATECO 22.21, **tubi plastici**:

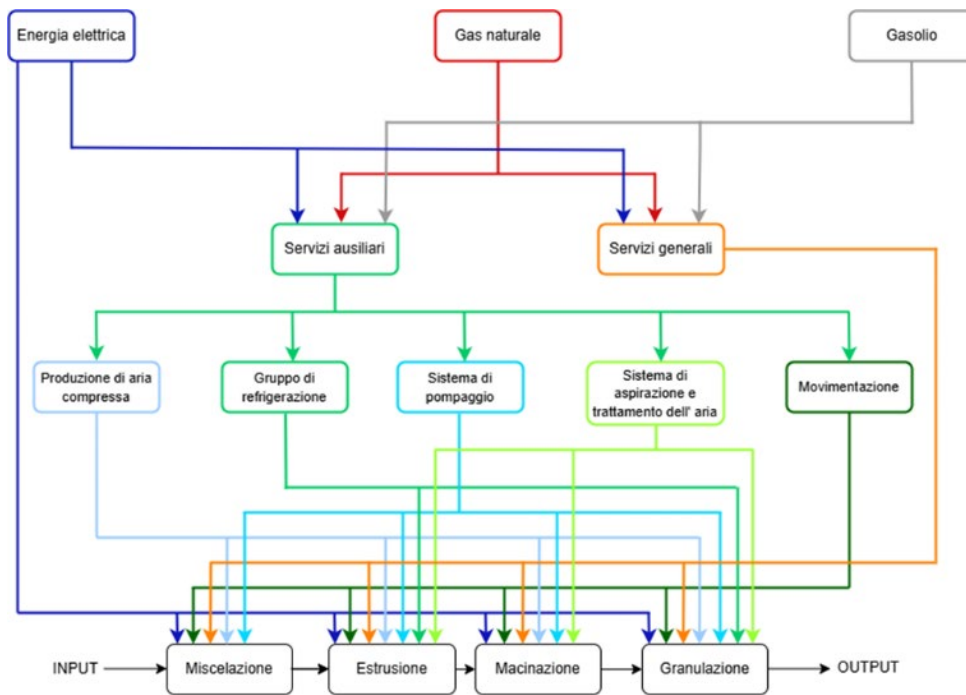


Figura 30. Schema di flusso dei vettori energetici - 22.21 tubi

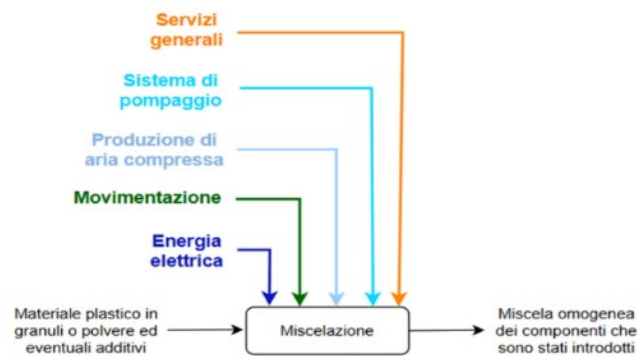


Figura 31. Rappresentazione IDEF-0 Miscelazione - 22.21 tubi

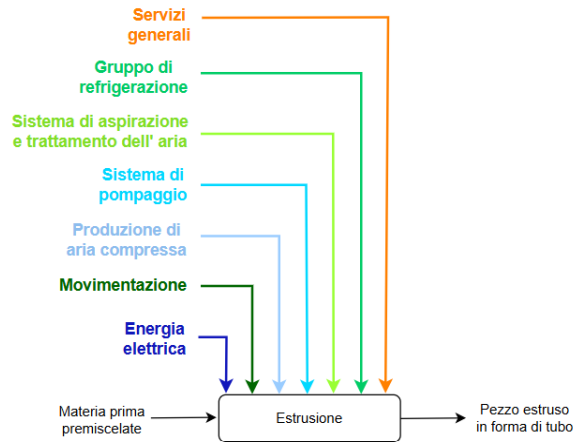


Figura 32. Rappresentazione IDEF-0 Estrusione - 22.21 tubi

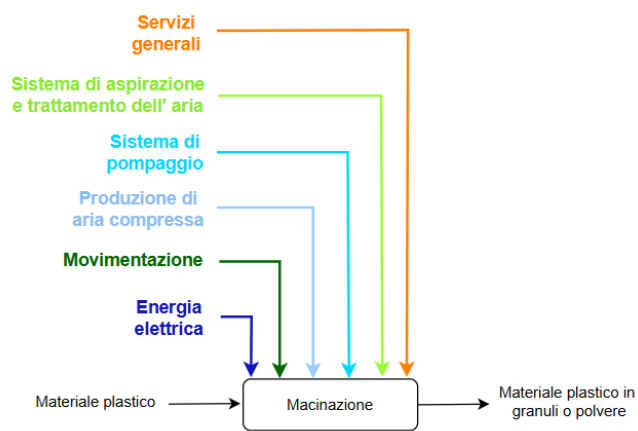


Figura 33. Rappresentazione IDEF-0 Macinazione - 22.21 tubi

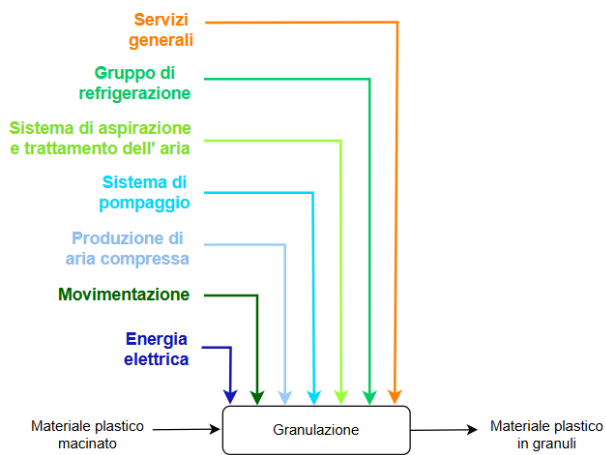


Figura 34. Rappresentazione IDEF-0 Granulazione - 22.21 tubi

- Per il codice ATECO 22.21, **film plastici**:

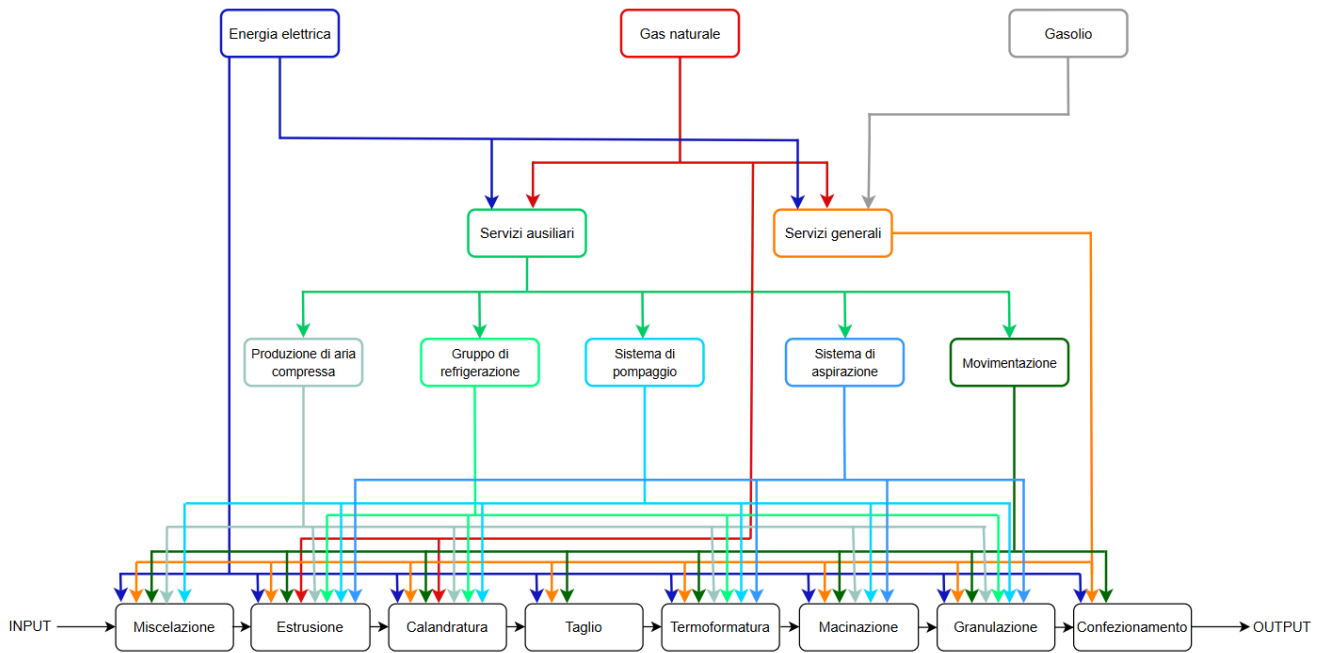


Figura 35. Schema di flusso dei vettori energetici - 22.21 film

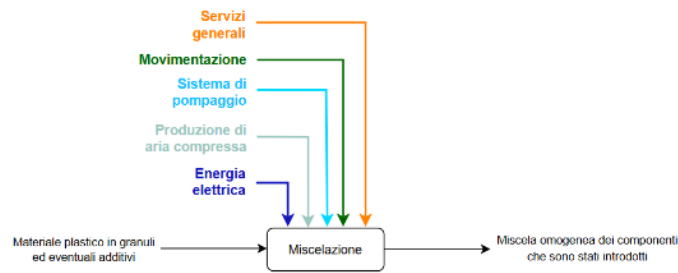


Figura 36. Rappresentazione IDEF-0 Miscelazione - 22.21 film

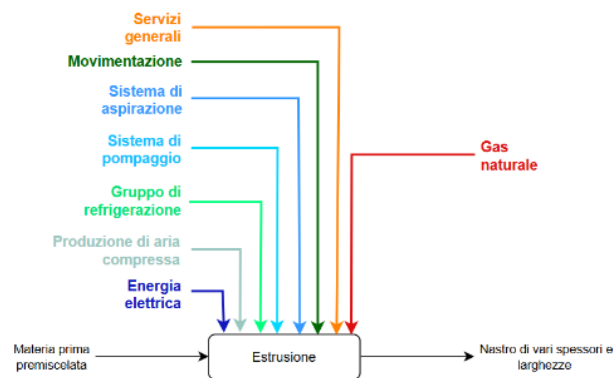


Figura 37. Rappresentazione IDEF-0 Estrusione - 22.21 film

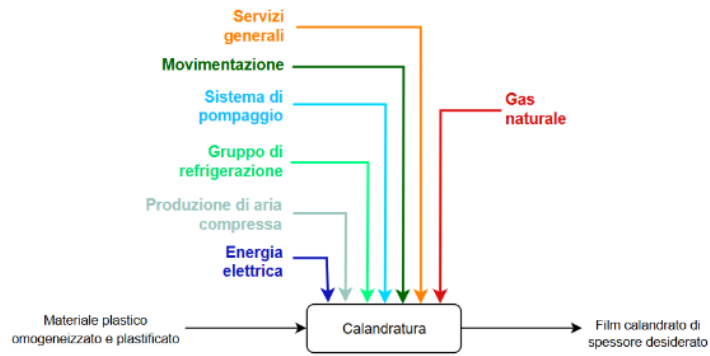


Figura 38. Rappresentazione IDEF-0 Calandratura - 22.21 film

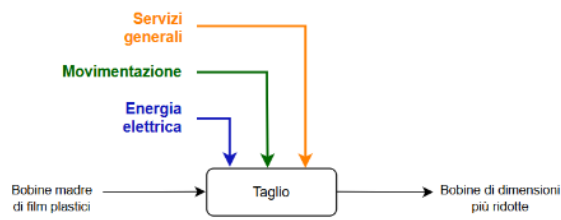


Figura 39. Rappresentazione IDEF-0 Taglio - 22.21 film

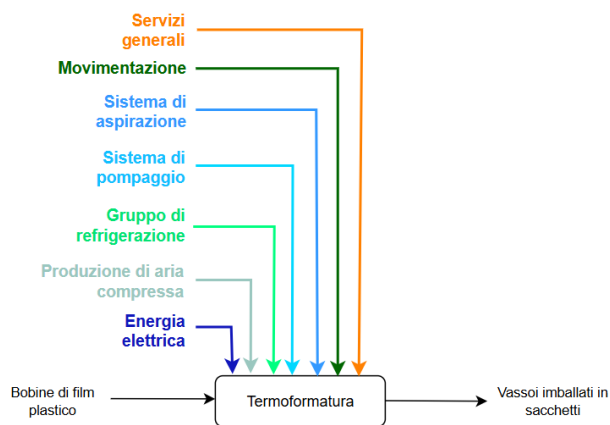


Figura 40. Rappresentazione IDEF-0 Termoformatura - 22.21 film

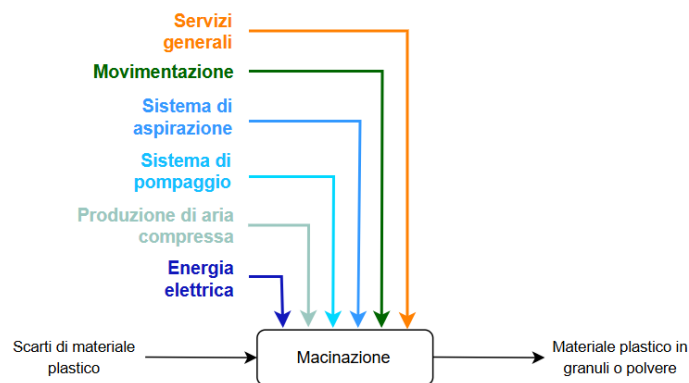


Figura 41. Rappresentazione IDEF-0 Macinazione - 22.21 film

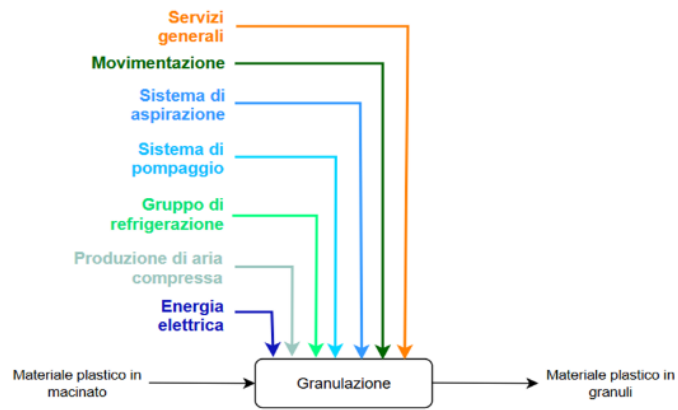


Figura 42. Rappresentazione IDEF-0 Granulazione - 22.21 film

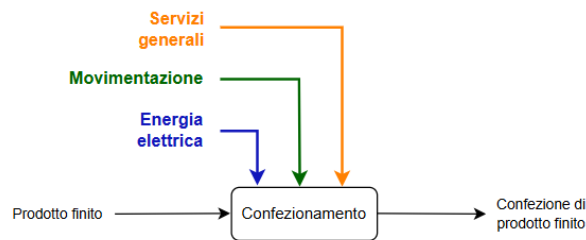


Figura 43. Rappresentazione IDEF-0 Confezionamento - 22.21 film

- Per il codice ATECO 20.16, trasformazione materie plastiche in forme primarie:

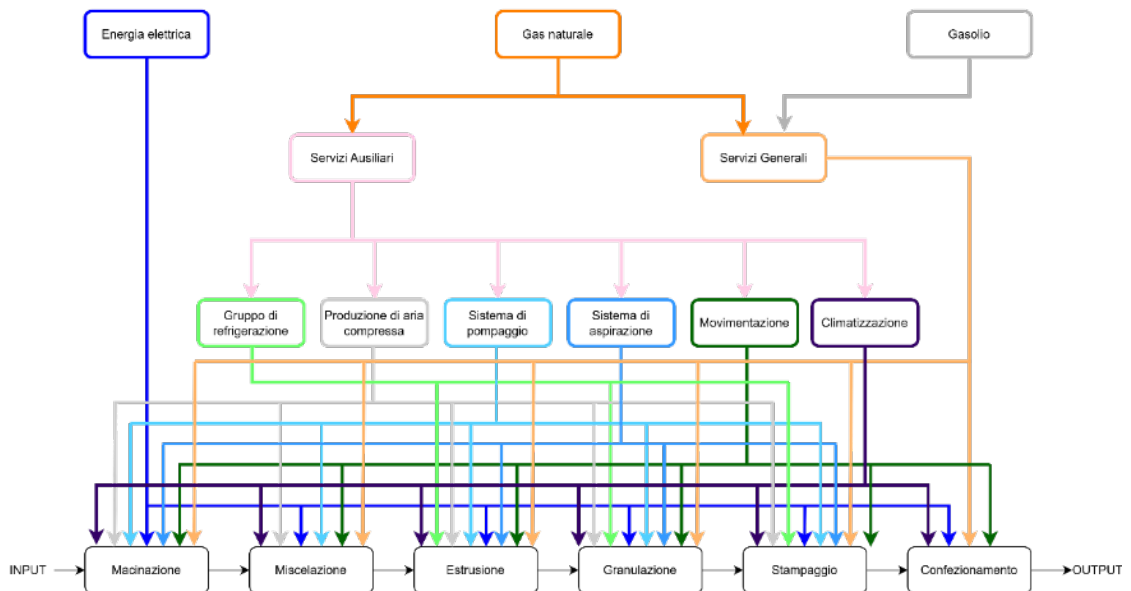


Figura 44. Schema di flusso dei vettori energetici - 20.16

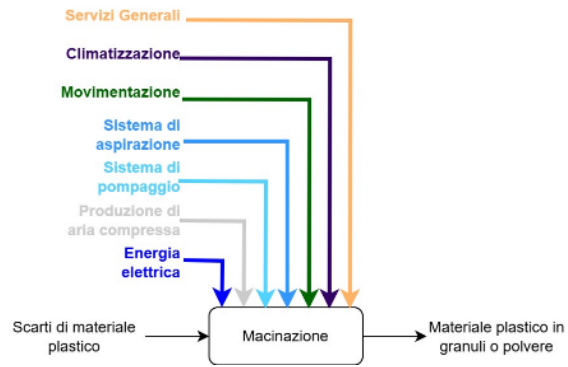


Figura 45. Rappresentazione IDEF-0 Macinazione - 20.16

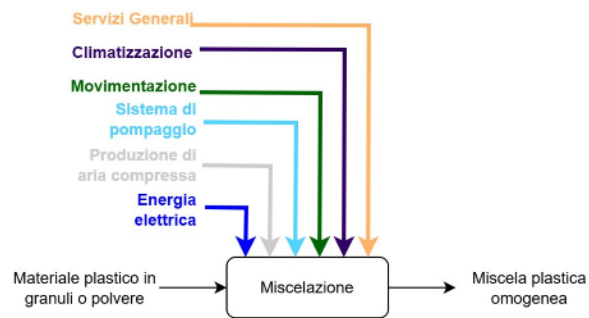


Figura 46. Rappresentazione IDEF-0 Miscelazione - 20.16

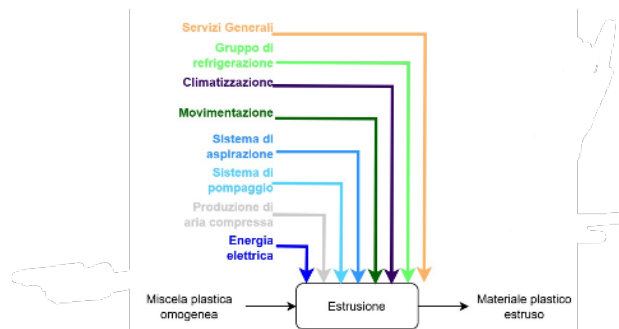


Figura 47. Rappresentazione IDEF-0 Estrusione - 20.16

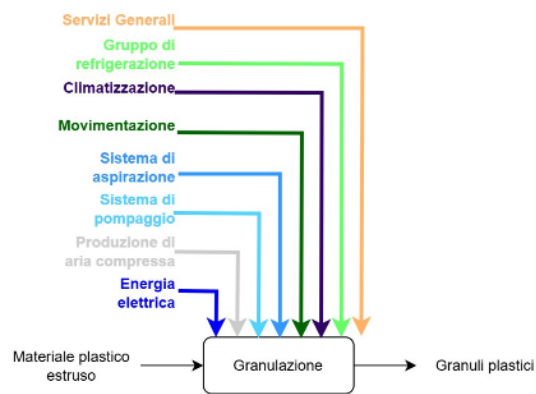


Figura 48. Rappresentazione IDEF-0 Granulazione - 20.16

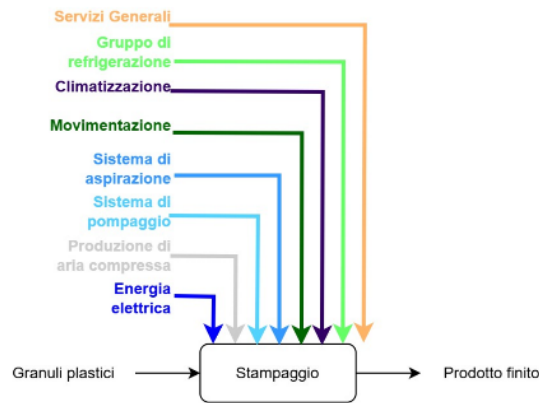


Figura 49. Rappresentazione IDEF-0 Stampaggio - 20.16



Figura 50. Rappresentazione IDEF-0 Confezionamento

7.4 Realizzazione di un cruscotto di monitoraggio

Il cruscotto di monitoraggio è stato sviluppato per il settore ATECO 22.22, **stampaggio a iniezione**, con focus sull'energia elettrica, utilizzando Power BI.

7.4.1 Analisi dei dati

I dati raccolti dalle diagnosi energetiche includono il fabbisogno elettrico e la produzione mensile di manufatti plastici, calcolando così il consumo specifico di energia elettrica [kJ]. Questo parametro consente di confrontare i fabbisogni tra aziende. Il consumo specifico mensile è stato calcolato rapportando il fabbisogno energetico e la produzione registrata.

L'analisi è stata approfondita distinguendo i consumi tra attività principali, servizi ausiliari e generali, e dettagliando il consumo per ciascuna attività principale. La distribuzione dei consumi si basa sulle percentuali di fabbisogno energetico calcolate dai dati raccolti, fornendo un quadro dettagliato del consumo elettrico nel settore (Tabella 5 e Tabella 6).

	Attività.Principali	Servizi.Ausiliari	Servizi.Generali
↘ .Fabbisogno.EE	70,8%	27,8%	4,7%

Tabella 5. Fabbisogno di energia elettrica di attività principali, servizi ausiliari e servizi generali

	Stoccaggio	Essiccazione	Macinazione	Stampaggio	Assemblaggio	Confezionamento
% Fabbisogno EE	0,05%	4,0%	0,2%	64,3%	1,1%	0,2%

Tabella 6. Fabbisogno di energia elettrica delle singole attività principali

Moltiplicando le percentuali di consumo per il consumo specifico mensile, sono stati calcolati i consumi specifici mensili per attività principali, servizi ausiliari, servizi generali e singole attività produttive per ogni azienda. I dati raccolti in Excel includono i valori minimo, massimo e medio di consumo specifico per confrontare le performance tra aziende. La colonna "Consumo EE" riporta i valori medi mensili dell'azienda utilizzatrice, inizialmente compilata con valori casuali, ma da aggiornare con dati reali. I range di variabilità permettono al cruscotto di confrontare il consumo aziendale con la media del settore.

CONSUMO DI ENERGIA ELETTRICA [kJ EE]												
Months	Attività principali				Servizi ausiliari				Servizi generali			
	MAX	MIN	MEDIA	Consumo EE	MAX	MIN	MEDIA	Consumo EE	MAX	MIN	MEDIA	Consumo EE
gennaio-18	7739	157	3325	4538	3035	62	1304	245	513	10	220	501
febbraio-18	8391	154	3394	7315	3291	60	1331	3195	556	10	225	166
marzo-18	8874	182	3457	2135	3480	71	1356	3197	588	12	229	60
aprile-18	7204	191	3155	2432	2825	75	1237	2403	477	13	209	346
maggio-18	7758	169	3386	4770	3042	66	1328	2721	514	11	224	350
giugno-18	8070	161	3437	2956	3165	63	1348	1666	535	11	228	163
luglio-18	8236	211	3446	5113	3230	83	1351	1755	546	14	228	243
agosto-18	10920	174	3408	1526	4282	68	1337	2201	723	12	226	37
settembre-18	9488	183	3921	2197	3721	72	1538	1245	629	12	260	227
ottobre-18	9646	143	3698	5632	3783	56	1450	231	639	9	245	288
novembre-18	7910	114	3302	1163	3102	45	1295	3101	524	8	219	505
dicembre-18	8910	140	3337	2588	3494	55	1309	2893	590	9	221	304

Figura 51. Calcolo del range di consumo di EE mensile per AP, SA e SG

CONSUMO DI ENERGIA ELETTRICA [kJ]																
Months	Essiccazione				Macinazione				Stampaggio				Assemblaggio			
	MAX	MIN	MEDIA	Consumo EE	MAX	MIN	MEDIA	Consumo EE	MAX	MIN	MEDIA	Consumo EE	MAX	MIN	MEDIA	Consumo EE
gennaio-18	436	9	187	247	26	1	11	12	7031	143	3021	2463	117	2	50	68
febbraio-18	472	9	191	426	28	1	12	24	7624	140	3084	1900	127	2	51	115
marzo-18	500	10	195	443	30	1	12	30	8062	166	3141	3451	134	3	52	75
aprile-18	406	11	178	149	24	1	11	16	6545	174	2867	1921	109	3	48	71
maggio-18	437	10	191	273	26	1	11	18	7048	154	3076	2781	117	3	51	116
giugno-18	454	9	193	375	27	1	12	10	7332	147	3122	1983	122	2	52	62
luglio-18	464	12	194	313	28	1	12	12	7483	192	3131	1945	125	3	52	44
agosto-18	615	10	192	151	37	1	12	13	9921	158	3097	2900	165	3	52	140
settembre-18	534	10	221	18	32	1	13	22	8621	166	3563	3876	143	3	59	137
ottobre-18	543	8	208	518	33	0	13	11	8764	130	3360	2451	146	2	56	8
novembre-18	445	6	186	411	27	0	11	22	7187	103	3000	1985	120	2	50	4
dicembre-18	502	8	188	379	30	0	11	7	8095	127	3032	1987	135	2	50	82

Figura 52. Calcolo del range di consumo di EE per le singole attività principali

Assemblaggio				Confezionamento			
MAX	MIN	MEDIA	Consumo EE	MAX	MIN	MEDIA	Consumo EE
117	2	50	68	20	0	9	18
127	2	51	115	22	0	9	21
134	3	52	75	23	0	9	9
109	3	48	71	19	1	8	2
117	3	51	116	20	0	9	8
122	2	52	62	21	0	9	2
125	3	52	44	22	1	9	20
165	3	52	140	29	0	9	25
143	3	59	137	25	0	10	21
146	2	56	8	25	0	10	4
120	2	50	4	21	0	9	14
135	2	50	82	23	0	9	14

Figura 53. Calcolo del range di consumo di EE per le singole attività principali

Per il calcolo degli indici di prestazione energetica è stato predisposto un ulteriore foglio di calcolo in Excel (Figura 54) realizzato per un impianto che lavora con il polipropilene per fini puramente simulativi. Questo foglio deve essere aggiornato e personalizzato dall'azienda che utilizza lo strumento. In particolare, devono essere compilate dall'azienda le celle delle colonne denominate "Dati provenienti dal sito" e "Dati correlati al polimero", in automatico saranno ricalcolati tutti gli indicatori di performance.

months	Dati provenienti dal sito					Dati correlati al polimero														
	Pezzo		Processo																	
	Vpart (m ³)	Δ (%)	Tenv (°C)	pinj (kPa)	Teje (°C)	Tinj (°C)	E (%)	ρ (kg/m ³)	cp,s (kJ/kg)	cp,l (kJ/kg)	Tmelt (°C)	Hmelt (kJ)	Vshot (m ³)	COP	Ecool (kJ)	Efill (kJ)	Emelt (kJ)	Eid (kJ)	Ereal (kJ)	η
gennaio-18	8,86E-05	8,8	20	16000	57,5	209	1,5	905	1,9	1,9	155	209	0,000913	0,379538	626,3694	14,60128	469,1852	1110,1559	2463	45%
febbraio-18	8,86E-05	8,8	20	16000	57,5	209	1,5	905	1,9	1,9	155	209	0,000913	0,379538	626,3694	14,60128	469,1852	1110,1559	1900	58%
marzo-18	8,86E-05	8,8	20	16000	57,5	209	1,5	905	1,9	1,9	155	209	0,000913	0,379538	626,3694	14,60128	469,1852	1110,1559	3451	32%
aprile-18	8,86E-05	8,8	20	16000	57,5	209	1,5	905	1,9	1,9	155	209	0,000913	0,379538	626,3694	14,60128	469,1852	1110,1559	1921	58%
maggio-18	8,86E-05	8,8	20	16000	57,5	209	1,5	905	1,9	1,9	155	209	0,000913	0,379538	626,3694	14,60128	469,1852	1110,1559	2781	40%
giugno-18	8,86E-05	8,8	20	16000	57,5	209	1,5	905	1,9	1,9	155	209	0,000913	0,379538	626,3694	14,60128	469,1852	1110,1559	1983	56%
luglio-18	8,86E-05	8,8	20	16000	57,5	209	1,5	905	1,9	1,9	155	209	0,000913	0,379538	626,3694	14,60128	469,1852	1110,1559	1945	57%
agosto-18	8,86E-05	8,8	20	16000	57,5	209	1,5	905	1,9	1,9	155	209	0,000913	0,379538	626,3694	14,60128	469,1852	1110,1559	2900	38%
settembre-18	8,86E-05	8,8	20	16000	57,5	209	1,5	905	1,9	1,9	155	209	0,000913	0,379538	626,3694	14,60128	469,1852	1110,1559	3876	29%
ottobre-18	8,86E-05	8,8	20	16000	57,5	209	1,5	905	1,9	1,9	155	209	0,000913	0,379538	626,3694	14,60128	469,1852	1110,1559	2451	45%
novembre-18	8,86E-05	8,8	20	16000	57,5	209	1,5	905	1,9	1,9	155	209	0,000913	0,379538	626,3694	14,60128	469,1852	1110,1559	1985	56%
dicembre-18	8,86E-05	8,8	20	16000	57,5	209	1,5	905	1,9	1,9	155	209	0,000913	0,379538	626,3694	14,60128	469,1852	1110,1559	1987	56%

Figura 54. Calcolo degli indicatori di performance energetica

7.4.2 Foglio di calcolo

È stato inserito in Power BI un database creato in precedenza in Excel e tramite l'adattamento dei dati è stato visualizzato nelle seguenti schermate:

Months	MAX [kJ] AP	MIN [kJ] AP	MEDIA [kJ] AP	Consumo EE [kJ] AP	MAX [kJ] SA	MIN [kJ] SA	MEDIA [kJ] SA	Consumo [kJ] SA	MAX [kJ] SG	MIN [kJ] SG	MEDIA [kJ]
gennaio 2018	7739	157	3325	4520	3035	62	1304	245	513	10	
febbraio 2018	8391	134	3394	7315	3291	60	1331	3795	536	10	
marzo 2018	8874	182	3457	7135	3480	71	1356	3197	588	12	
aprile 2018	7204	191	3155	2432	2825	75	1237	2403	477	13	
maggio 2018	7750	189	3306	4770	3042	96	1328	2721	514	11	
giugno 2018	8070	161	3437	2956	3165	63	1348	1666	585	11	
luglio 2018	8235	211	3446	5112	3230	83	1351	1755	546	14	
agosto 2018	10920	174	3408	1526	4282	68	1337	2207	723	12	
settembre 2018	9488	183	3927	2197	3721	72	1538	1245	629	12	
ottobre 2018	9645	143	3696	5632	3783	56	1450	231	639	9	
novembre 2018	7910	174	3302	1762	3102	45	1295	3701	524	8	
dicembre 2018	8910	140	3337	7588	3494	55	1309	2893	590	9	

Figura 55. Schermata consumo EE in AP, SA e SG

Months	MAX [kJ] Essicazione	MIN [kJ] Essicazione	MEDIA [kJ] Essicazione	Consumo EE [kJ] Essicazione	MAX [kJ] Macinazione	MIN [kJ] Macinazione	MEDIA [kJ] Macinazione
gennaio 2018	436	9	187	247	26	1	11
febbraio 2018	472	9	191	426	28	1	12
marzo 2018	500	10	195	443	30	1	12
aprile 2018	406	11	178	149	24	1	11
maggio 2018	437	10	191	273	26	1	11
giugno 2018	454	9	193	375	27	1	12
luglio 2018	464	12	194	313	28	1	12
agosto 2018	675	10	192	151	37	1	12
settembre 2018	531	10	221	10	22	1	13
ottobre 2018	543	8	208	318	28	0	13
novembre 2018	445	6	186	411	27	0	11
dicembre 2018	502	8	188	379	30	0	11

Figura 56. Schermata consumo EE in Attività Principali

months	Vpart (m ³)	Δ (%)	Tenv (°C)	pinj (kPa)	Teje (°C)	Tinj (°C)	E (%)	ρ (kg/m ³)	cp,s (kJ/kg)	cp,l (kJ/kg)	Tmelt (°C)	Hmelt (kJ/kg)	Vshot (m ³)
gennaio 2018	8,86E-05	8,8	20	16000	57,5	209	1,5	905	1,9	1,9	155	209	0,000913
febbraio 2018	8,86E-05	8,8	20	16000	57,5	209	1,5	905	1,9	1,9	155	209	0,000913
marzo 2018	8,86E-05	8,8	20	16000	57,5	209	1,5	905	1,9	1,9	155	209	0,000913
aprile 2018	8,86E-05	8,8	20	16000	57,5	209	1,5	905	1,9	1,9	155	209	0,000913
maggio 2018	8,86E-05	8,8	20	16000	57,5	209	1,5	905	1,9	1,9	155	209	0,000913
giugno 2018	8,86E-05	8,8	20	16000	57,5	209	1,5	905	1,9	1,9	155	209	0,000913
luglio 2018	8,86E-05	8,8	20	16000	57,5	209	1,5	905	1,9	1,9	155	209	0,000913
agosto 2018	8,86E-05	8,8	20	16000	57,5	209	1,5	905	1,9	1,9	155	209	0,000913
settembre 2018	8,86E-05	8,8	20	16000	57,5	209	1,5	905	1,9	1,9	155	209	0,000913
ottobre 2018	8,86E-05	8,8	20	16000	57,5	209	1,5	905	1,9	1,9	155	209	0,000913
novembre 2018	8,86E-05	8,8	20	16000	57,5	209	1,5	905	1,9	1,9	155	209	0,000913
dicembre 2018	8,86E-05	8,8	20	16000	57,5	209	1,5	905	1,9	1,9	155	209	0,000913

Figura 57. Schermata per il calcolo dell'Indicatore

months	Vpart (m ³)	Δ (%)	Tenv (°C) "As Is"	Tenv (°C) "To Be"	pinj (kPa) "As Is"	pinj (kPa) "To Be"	Teje (°C) "As Is"	Teje (°C) "To Be"	Tinj (°C) "As Is"	Tinj (°C) "To Be"
gennaio 2018	8,86E-05	8,8	20	18	16000	20000	57,5	60	209	280
febbraio 2018	8,86E-05	8,8	20	18	16000	20000	57,5	60	209	280
marzo 2018	8,86E-05	8,8	20	18	16000	20000	57,5	60	209	280
aprile 2018	8,86E-05	8,8	20	18	16000	20000	57,5	60	209	280
maggio 2018	8,86E-05	8,8	20	18	16000	20000	57,5	60	209	280
giugno 2018	8,86E-05	8,8	20	18	16000	20000	57,5	60	209	280
luglio 2018	8,86E-05	8,8	20	18	16000	20000	57,5	60	209	280
agosto 2018	8,86E-05	8,8	20	18	16000	20000	57,5	60	209	280
settembre 2018	8,86E-05	8,8	20	18	16000	20000	57,5	60	209	280
ottobre 2018	8,86E-05	8,8	20	18	16000	20000	57,5	60	209	280
novembre 2018	8,86E-05	8,8	20	18	16000	20000	57,5	60	209	280
dicembre 2018	8,86E-05	8,8	20	18	16000	20000	57,5	60	209	280

Figura 58. Schermata per l'analisi di scenari

I collegamenti creati tra i gruppi di dati, visualizzabili nella Figura che segue, sono di tipo bilaterale e di due generi, uno è effettuato in riferimento alla colonna indicante i mesi ed un altro in riferimento alla colonna indicante il consumo reale di energia elettrica. Il collegamento temporale fa sì che ogni qualvolta ci si riferisca ad uno specifico mese, tutti i consumi si sincronizzino su quella data, garantendo un orizzonte temporale comune.

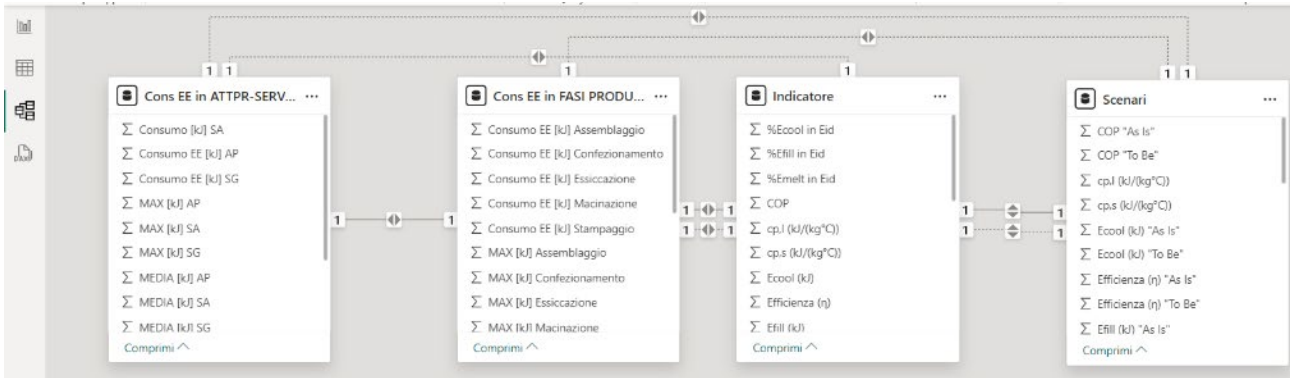


Figura 59. Relazione bilaterale tra i dati

7.4.3 Cruscotto di visualizzazione

Lo spazio di visualizzazione del cruscotto è costituito da 5 sezioni che vengono dettagliate in seguito.

- 1) Cruscotto AP, SA e SG: si occupa della visualizzazione e del monitoraggio del fabbisogno di energia elettrica [kJ] delle attività principali, servizi ausiliari e servizi generali rispetto ad un orizzonte temporale ben definito dal time range.

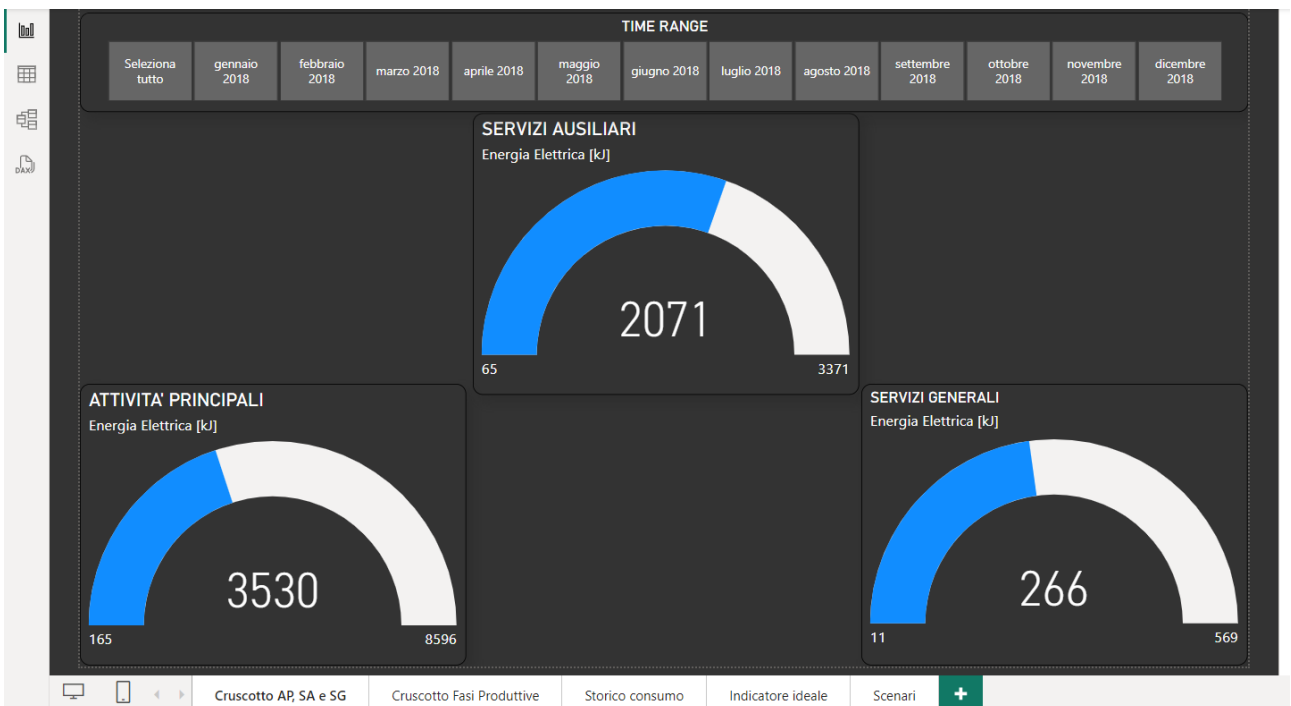


Figura 60. Cruscotto di visualizzazione AP, SA e SG

- 2) Cruscotto Fasi produttive: si occupa della visualizzazione e del monitoraggio del fabbisogno di energia elettrica [kJ] delle singole fasi produttive rispetto ad un orizzonte temporale ben definito dal time range.

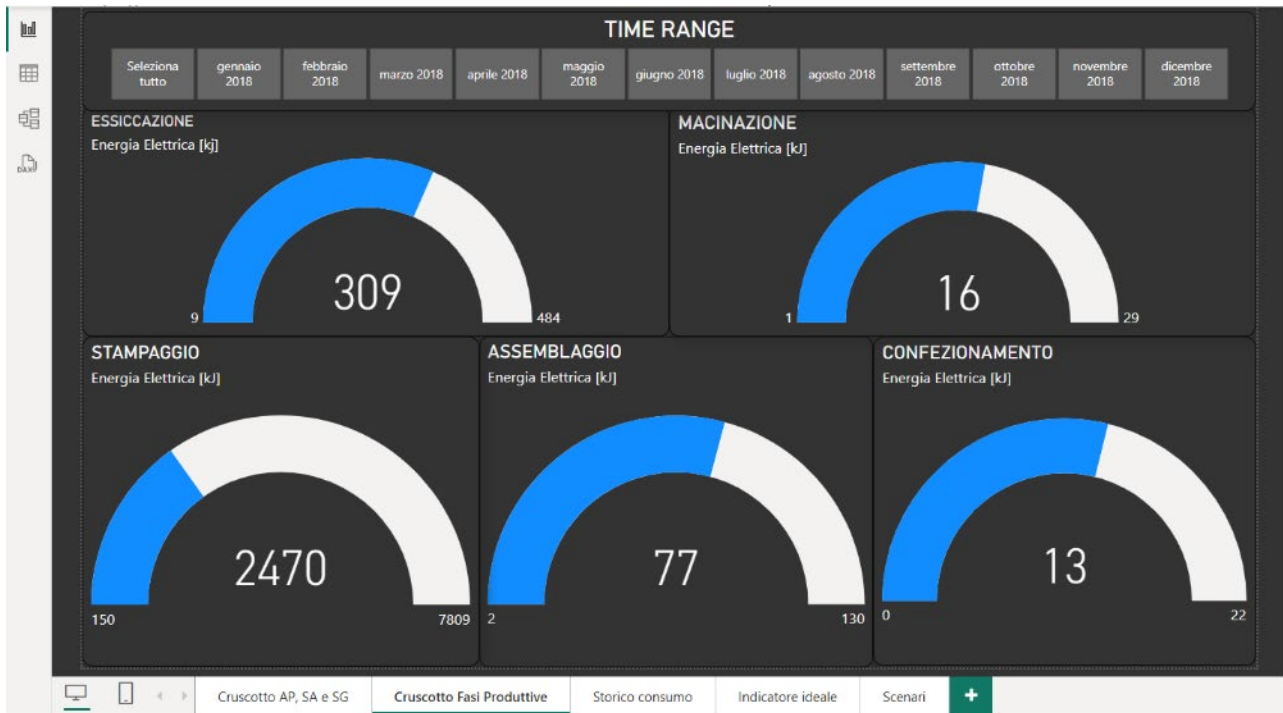


Figura 61. Cruscotto di visualizzazione di Fasi Produttive

I due cruscotti già presentati sono del tutto simili:

- È presente il time range che permette di scegliere l'orizzonte temporale di cui si vuole visualizzare i dati: è possibile visualizzare i dati di un singolo mese, di più mesi oppure di tutti i mesi selezionando il tasto "Seleziona tutti".
 - Scelto il periodo di interesse, sono in automatico mostrati i consumi di energia elettrica delle attività principali, servizi ausiliari e servizi generali nel primo cruscotto, e delle singole fasi produttive nel secondo, espressi secondo le unità di misura prestabilite. Tutto questo è possibile grazie alla relazione creata tra i gruppi di dati nella sezione precedente.
 - Nella visualizzazione è presente il valore minimo tra tutti i valori in database in basso a sinistra, il valore massimo che assume il consumo in basso a destra, mentre al centro troviamo il valore di consumo dell'impresa che sta utilizzando lo strumento.
- 3) Storico dei consumi: si occupa di riportare il valore mensile del fabbisogno di energia elettrica [kJ] per ogni fase produttiva.

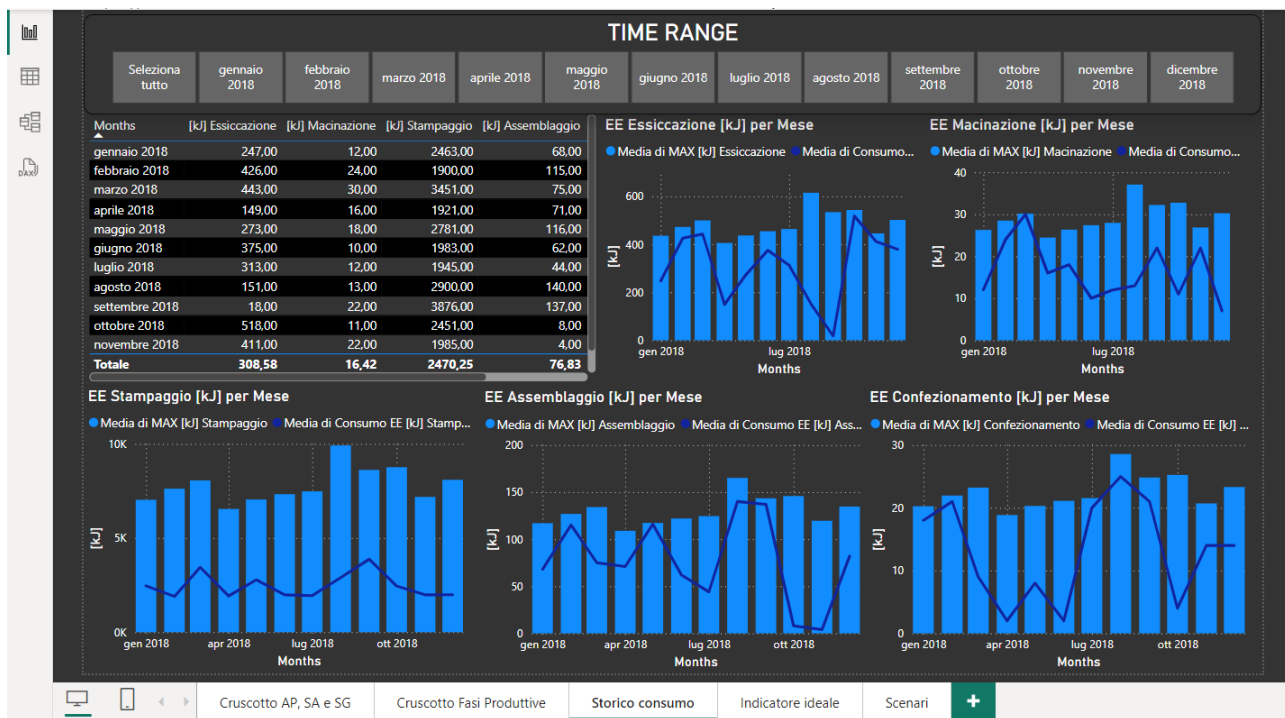


Figura 62. Storico dei consumi di Fasi produttive

Anche in questa sezione in alto è presente il time range. In alto a sinistra è presente una tabella che riporta i valori di fabbisogno di energia elettrica suddivisi per fase e per mese. Questa tabella permette di ordinare in senso crescente o decrescente ciascuna colonna. Nel restante spazio sono presenti grafici a barre verticali: in base ai mesi selezionati viene mostrato l'andamento medio dei consumi nel tempo per ogni fase produttiva. La linea continua blu indica i valori di consumo dell'impresa presa in esame.

4) Indicatori della fase di Stampaggio:

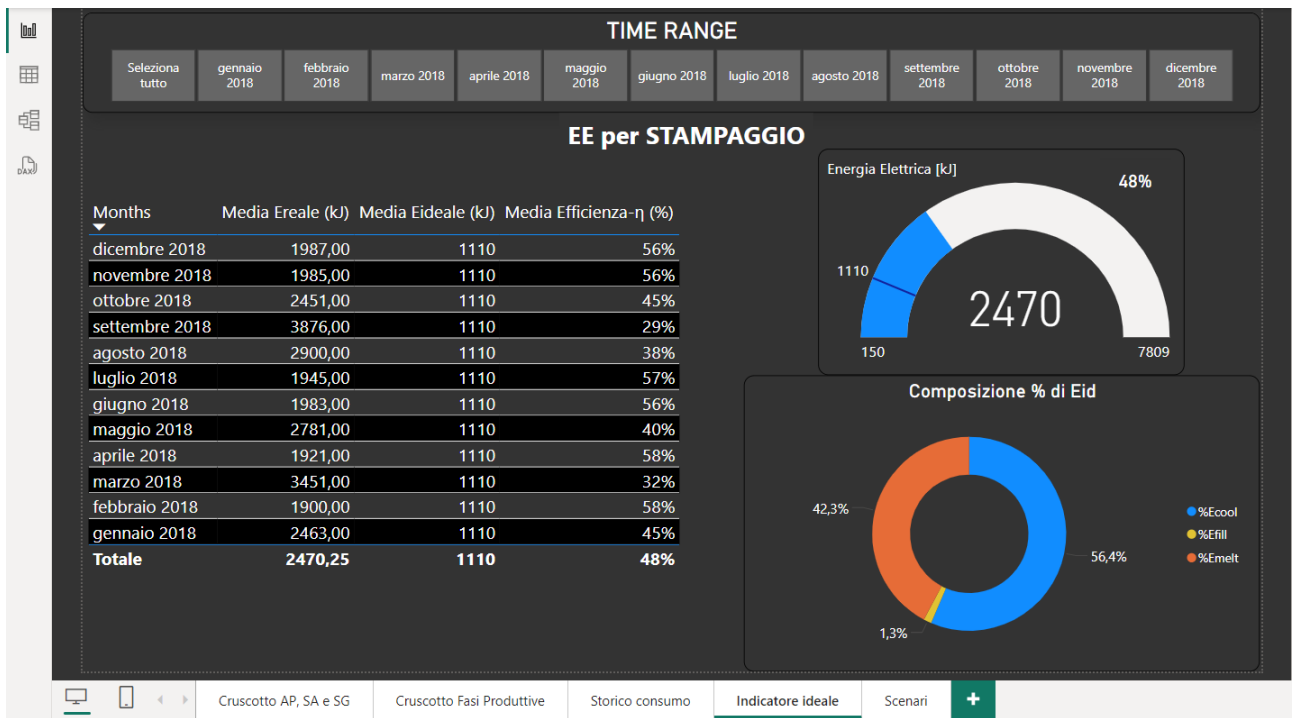


Figura 63. Indicatore della fase di Stampaggio

Anche in questa sezione in alto è presente il time range. Sulla sinistra è presente il dettaglio mensile di consumo e sulla destra un focus sullo stampaggio e sulla composizione % di consumo ideale di energia.

5) Analisi di scenario: viene fornito un approfondimento nella sezione 1.6.5 sottostante.

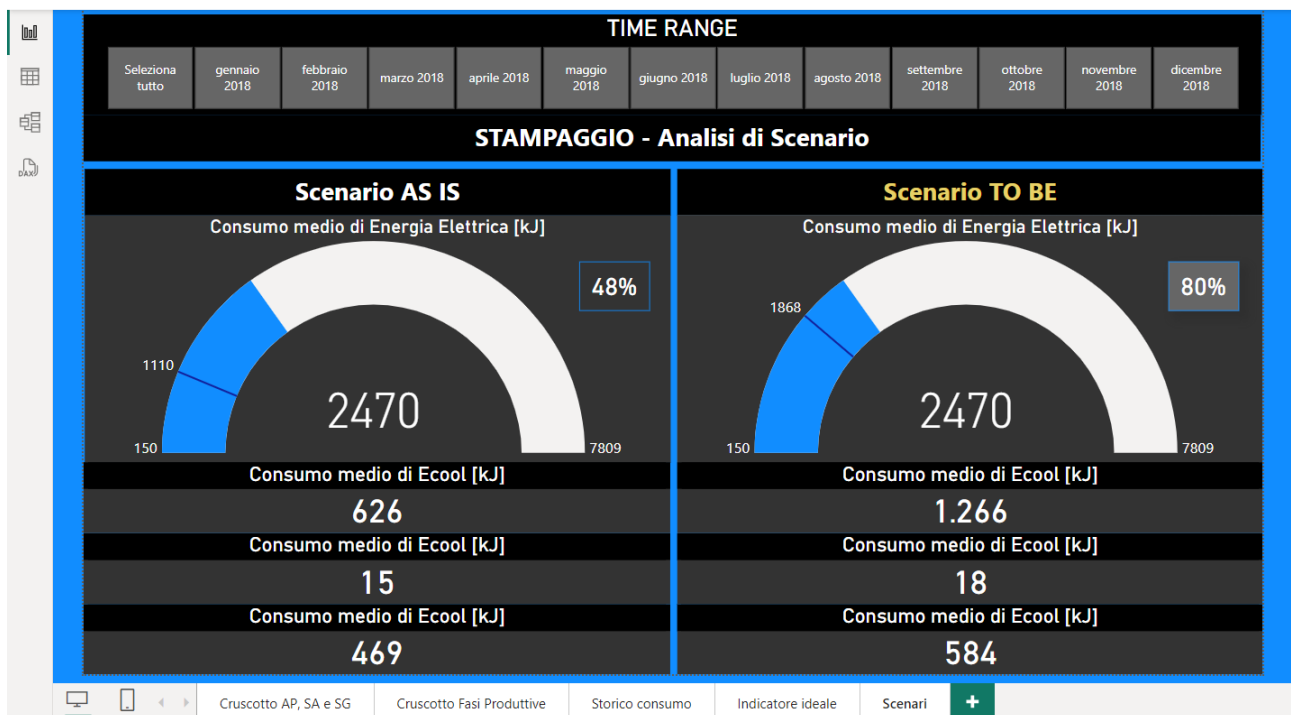


Figura 64. Analisi di scenari

7.5 Realizzazione di uno strumento per l'analisi di scenario

La parte finale del lavoro propone una funzionalità aggiuntiva per il monitoraggio energetico tramite analisi di scenario "What-If". Questa permette al decisore di modificare parametri del sistema produttivo e valutare l'impatto sulle prestazioni energetiche complessive, mantenendo invariati i dati reali.

Un'apposita finestra del cruscotto confronta gli indici reali ("As Is") con quelli ipotetici ("To Be"), basandosi su input di un foglio Excel modificato. La Figura 65 e la Figura 66 illustra un esempio pratico.

STAMPAGGIO																
Dati provenienti dal sito																
months	Pezzo		Processo								Dati correlati al polimero					
	Vpart (m^3)	Δ (%)	Tenv (°C) "As Is"	Tenv (°C) "To Be"	pinj (kPa) "As Is"	pinj (kPa) "To Be"	Teje (°C) "As Is"	Teje (°C) "To Be"	Tinj (°C) "As Is"	Tinj (°C) "To Be"	ε (%)	ρ (kg/m^3)	cp,s (kJ/(kg°C))	cp,l (kJ/(kg°C))	Tmelt (°C)	Hmelt (kJ/kg)
gennaio-18	8,9E-05	8,8	20	18	16000	20000	57,5	60	209	280	1,5	905	1,9	1,9	155	209
febbraio-18	8,9E-05	8,8	20	18	16000	20000	57,5	60	209	280	1,5	905	1,9	1,9	155	209
marzo-18	8,9E-05	8,8	20	18	16000	20000	57,5	60	209	280	1,5	905	1,9	1,9	155	209
aprile-18	8,9E-05	8,8	20	18	16000	20000	57,5	60	209	280	1,5	905	1,9	1,9	155	209
maggio-18	8,9E-05	8,8	20	18	16000	20000	57,5	60	209	280	1,5	905	1,9	1,9	155	209
giugno-18	8,9E-05	8,8	20	18	16000	20000	57,5	60	209	280	1,5	905	1,9	1,9	155	209
luglio-18	8,9E-05	8,8	20	18	16000	20000	57,5	60	209	280	1,5	905	1,9	1,9	155	209
agosto-18	8,9E-05	8,8	20	18	16000	20000	57,5	60	209	280	1,5	905	1,9	1,9	155	209
settembre-18	8,9E-05	8,8	20	18	16000	20000	57,5	60	209	280	1,5	905	1,9	1,9	155	209
ottobre-18	8,9E-05	8,8	20	18	16000	20000	57,5	60	209	280	1,5	905	1,9	1,9	155	209
novembre-18	8,9E-05	8,8	20	18	16000	20000	57,5	60	209	280	1,5	905	1,9	1,9	155	209
dicembre-18	8,9E-05	8,8	20	18	16000	20000	57,5	60	209	280	1,5	905	1,9	1,9	155	209

Figura 65. Esempio di foglio di raccolta dati per l'analisi di scenario

STAMPAGGIO																
months	Vshot (m^3)	COP "As Is"	COP "To"	Ecool (kJ) "As Is"	Ecool (kJ) "To Be"	Efill (kJ) "As Is"	Efill (kJ) "To Be"	Emelt (kJ) "As Is"	Emelt (kJ) "To Be"	Eid (kJ) "As Is"	Eid (kJ) "To Be"	Ereal (kJ)	Efficienza (η) "As Is"	Efficienza (η) "To Be"		
				gennaio-18	0,00091	0,3795	0,273	626,369	1265,81	14,6013	18,2516		469,1852	583,7354	1110,16	1867,79
febbraio-18	0,00091	0,3795	0,273	626,369	1265,81	14,6013	18,2516	469,1852	583,7354	1110,16	1867,79	1900	58%	98%		
marzo-18	0,00091	0,3795	0,273	626,369	1265,81	14,6013	18,2516	469,1852	583,7354	1110,16	1867,79	3451	32%	54%		
aprile-18	0,00091	0,3795	0,273	626,369	1265,81	14,6013	18,2516	469,1852	583,7354	1110,16	1867,79	1921	58%	97%		
maggio-18	0,00091	0,3795	0,273	626,369	1265,81	14,6013	18,2516	469,1852	583,7354	1110,16	1867,79	2781	40%	67%		
giugno-18	0,00091	0,3795	0,273	626,369	1265,81	14,6013	18,2516	469,1852	583,7354	1110,16	1867,79	1983	56%	94%		
luglio-18	0,00091	0,3795	0,273	626,369	1265,81	14,6013	18,2516	469,1852	583,7354	1110,16	1867,79	1945	57%	96%		
agosto-18	0,00091	0,3795	0,273	626,369	1265,81	14,6013	18,2516	469,1852	583,7354	1110,16	1867,79	2900	38%	64%		
settembre-18	0,00091	0,3795	0,273	626,369	1265,81	14,6013	18,2516	469,1852	583,7354	1110,16	1867,79	3876	29%	48%		
ottobre-18	0,00091	0,3795	0,273	626,369	1265,81	14,6013	18,2516	469,1852	583,7354	1110,16	1867,79	2451	45%	76%		
novembre-18	0,00091	0,3795	0,273	626,369	1265,81	14,6013	18,2516	469,1852	583,7354	1110,16	1867,79	1985	56%	94%		
dicembre-18	0,00091	0,3795	0,273	626,369	1265,81	14,6013	18,2516	469,1852	583,7354	1110,16	1867,79	1987	56%	94%		

Figura 66. Esempio di foglio di raccolta dati per l'analisi di scenario

In Figura sono evidenziate le colonne gialle del foglio che consentono di simulare parametri di settaggio del processo diversi dai valori reali, senza modificarli. Ogni colonna di scenario, liberamente modificabile, è affiancata dai corrispondenti valori reali, che rimangono invariati. L'esempio illustra modifiche a parametri di stampaggio. I dati raccolti sono caricati in Power BI per calcolare performance reali e simulate.

Nel cruscotto, la sezione "Scenari" confronta i risultati reali ("As Is") con quelli ipotetici ("To Be"), mostrando l'effetto delle modifiche sulle prestazioni energetiche attese. Questa comparazione affiancata permette al decisore di valutare rapidamente l'impatto delle modifiche proposte. La funzionalità è illustrata attraverso un esempio nella Figura seguente.

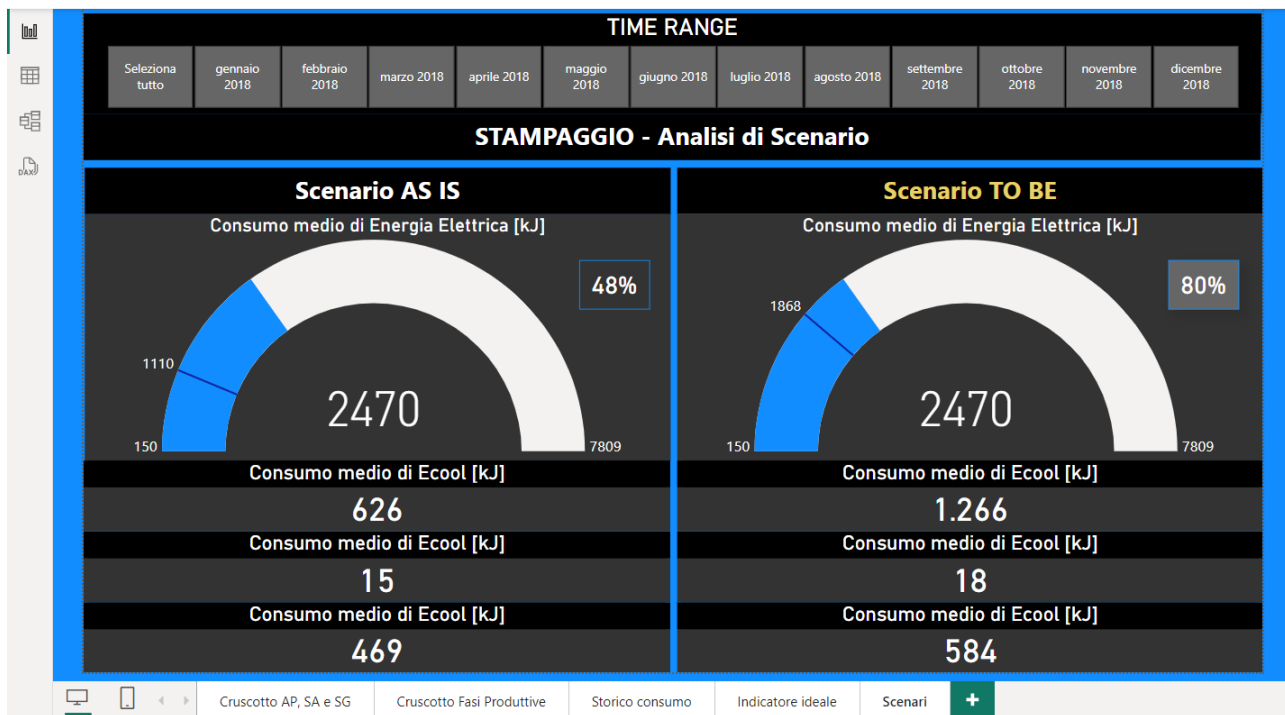


Figura 67. Analisi di scenari

7.6 Condivisione delle informazioni

Tramite la redazione di documenti riepilogativi per le associazioni di categoria si trasferiscono tutte le informazioni raccolte.

8 Contributo delle eventuali consulenze alle attività sopra descritte

Non vi sono state consulenze

9 Pubblicazioni scientifiche

Alla data attuale non sono state ancora sottomesse pubblicazioni scientifiche riferibili all'attività svolta

10 Eventi di disseminazione

Incontri con l'associazione di categoria del settore della Plastica

Partecipazione all'evento "ENEA - Piano Triennale di Realizzazione della Ricerca di Sistema elettrico nazionale", il 26 novembre presso il Centro congressi Frentani, durante il quale sono stati esposti i risultati del WP3 "**Efficienza energetica nei settori produttivi con focus sulle PMI**" del Tema di ricerca 1.6 "**Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali**".