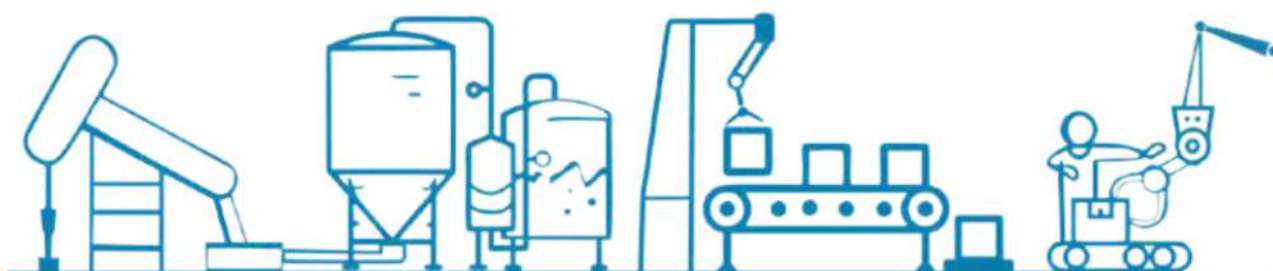


VETRO



Efficienza
Energetica
nei Settori
Economici



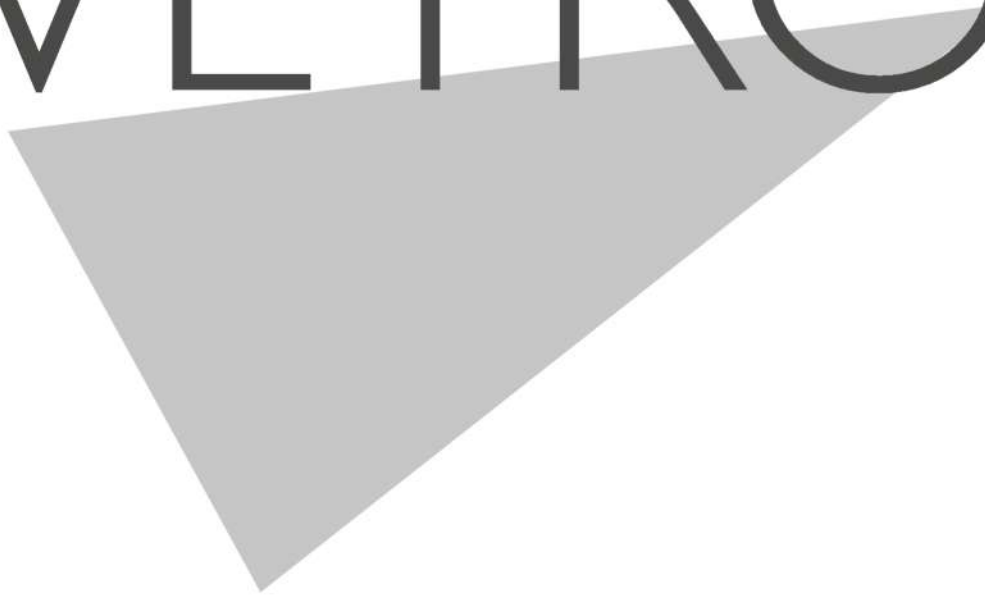
QUADERNI DELL'EFFICIENZA ENERGETICA

AGENZIA NAZIONALE
EFFICIENZA ENERGETICA





VETRO



ENEA DUEE-SPS-ESE

QUADERNI DELL'EFFICIENZA ENERGETICA

VETRO

Prima edizione Aprile 2021

ISBN Edizione digitale: 978-88-8286-413-2

Autori

Chiara Martini, Fabrizio Martini, Marcello Salvio, Claudia Toro

Hanno collaborato

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

Si ringrazia per il prezioso supporto fornito

Assovetro e la Stazione Sperimentale del Vetro (SSV)



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

Editing grafico Giorgio Scavino

Tipografia La Commerciale

V E T R O

Sommario

Premessa	4
Presentazione	6
1. Quadro normativo di riferimento	10
2. Obiettivo della pubblicazione	14
3. L'industria del vetro	18
4. Metodologia di Analisi dei dati	22
5. La diagnosi energetica	30
5.1 Linea guida per la stesura del protocollo di monitoraggio	40
5.2 Rendicontazione dei consumi energetici	42
6. Vetro Piano o vetro Float (codice Ateco 23.11.00 e 23.12.00)	48
6.1 Struttura Energetica vetro piano	48
6.2 Analisi dei consumi energetici	56
6.3 Risultanze delle diagnosi energetiche: ripartizione dei consumi ed indici di prestazione energetica	57
7. Vetro Cavo per la produzione di imballaggi alimentari (Sottogruppo Ateco 23.13.00)	66
7.1 Struttura Energetica vetro cavo	66
7.2 I vettori energetici	69
7.3 Analisi dei consumi energetici	70
7.4 Risultanze delle diagnosi energetiche: ripartizione consumi ed indici di prestazione energetica	71
8. Vetro casalingo e vetro bianco di qualità (Sottogruppo Ateco 23.13.00)	82
8.1 Struttura energetica vetro casalingo e vetro bianco di qualità	82
8.2 I vettori energetici	85
8.3 Analisi dei consumi energetici	85
9. Fabbricazione di Fibre di Vetro (Sottogruppo Ateco 23.14.00)	90
9.1 Struttura Energetica fabbricazione di fibre di vetro	90
9.2 I vettori energetici	93
9.3 Analisi dei consumi energetici	94
10. Interventi di efficientamento energetico e soluzioni tecnologiche per il settore del vetro	98
10.1 Attività principali	98
10.2 Impianti ausiliari	120
11. Analisi degli interventi individuati ed effettuati nelle diagnosi energetiche	130
11.1 Metodologia di analisi	130
11.2 Risultati complessivi della Divisione Ateco 23	133
11.3 Risultati per il settore vetro	138
APPENDICE: Schede settoriali degli interventi effettuati e individuati	144
13. Bibliografia	168

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 2019-2021”*³ e regolamentata attraverso l'Accordo di Programma⁴ tra MiSE, RSE, ENEA e CNR.

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

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

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

¹ <http://www.ricercadisistema.it>

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

ENEA si è avvalsa della collaborazione di cinque Università:

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

Il WP4 del Progetto di ricerca I.6. si colloca all'interno di un contesto più ampio individuato dal **Progetto di ricerca I.6 "Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali"**. L'obiettivo del progetto è la realizzazione di strumenti e metodologie per la promozione e diffusione delle tecnologie ad alta efficienza energetica, allo scopo di favorire il mercato di prodotti più performanti sia a livello di componenti sia a livello di sistemi energetici e contribuire alla riduzione della bolletta energetica nazionale aumentando la competitività del settore produttivo rispetto ai mercati internazionali. La finalità è quella di produrre un incremento dell'impatto di misure di efficientamento note alla comunità scientifica, ma in molti casi poco esplorate da un punto di vista ingegneristico, e che presentano notevoli barriere alla diffusione di tipo conoscitivo, gestionale ed economico.

Presentazione

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

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

Dall'entrata in vigore dell'obbligo di diagnosi energetica previsto dal D.Lgs.102, ENEA è stata il collettore, ad oggi, di circa 30.000 diagnosi energetiche tramite il proprio portale dedicato Audit 102. Una imponente raccolta di dati che ENEA ha ritenuto doveroso valorizzare con il fine di restituire agli stakeholder utili riferimenti in termini di: consumi specifici, best practice, opportunità di miglioramento, analisi di scenario etc.

Il piano della Ricerca di Sistema elettrico, programma di ricerca finanziato dal MiSE, si è quindi rivelato lo strumento più opportuno all'interno del quale collocare questa attività di analisi dei dati. In particolare nel triennio 2019-2021, ENEA si è posta come obiettivo quello di analizzare tutti i settori merceologici afferenti al settore industriale manifatturiero al fine di individuare degli indici di riferimento per i consumi energetici e le principali best practices.

Inoltre, per alcuni di questi settori è stato svolto un approfondimento maggiore, andando ad individuare, laddove dove i dati lo hanno permesso, sia indici specifici di consumi con livelli di dettaglio crescente (entrando quindi

nelle fasi del processo produttivo) che i principali interventi di efficientamento energetico per ciascuna di queste fasi. Per portare avanti questa analisi di approfondimento ci si è anche avvalsi del supporto e della competenza di cinque Università Italiane quali: Università di Roma Tor Vergata, Università degli Studi della Tuscia, Università degli studi di Salerno, Università degli studi di Firenze e Università di Bologna. Oltre ai partner Universitari, come consuetudine ENEA, non poteva mancare il coinvolgimento di esperti del settore come ad esempio le associazioni di categoria.

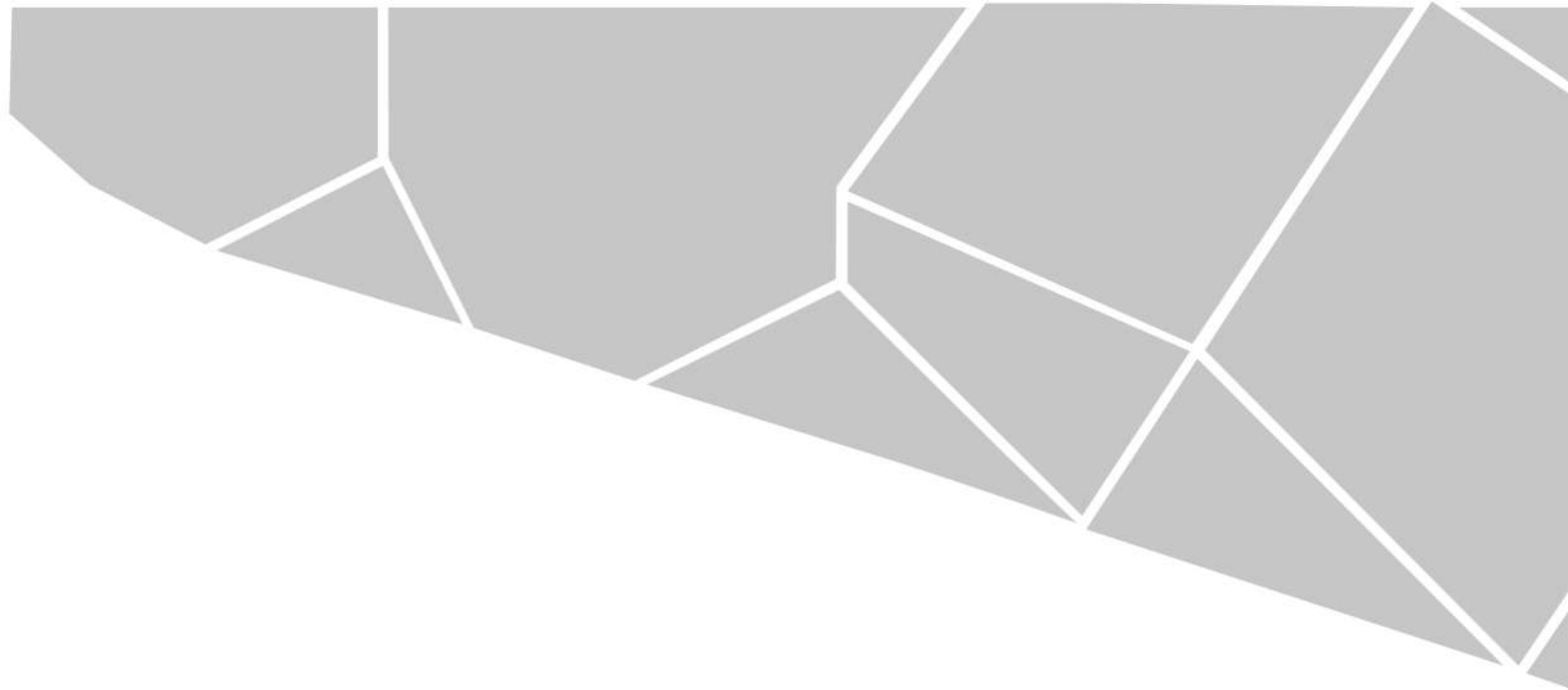
Questa attività ha quindi permesso la nascita di una collana di monografie settoriali che hanno il doppio fine di guidare da un lato l'auditor energetico nella realizzazione della diagnosi energetica e dall'altro fornire alle imprese degli spunti per individuare eventuali interventi di efficientamento energetico e per "confrontarsi" con il resto del settore industriale italiano.

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

Ilaria Bertini

Capo Dipartimento

Unità efficienza energetica Enea





QUADRO NORMATIVO DI
RIFERIMENTO



1

I. Quadro normativo di riferimento

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

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

I soggetti obbligati sono:

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

La diagnosi energetica è lo strumento più qualificato per analizzare il quadro della gestione energetica di un'attività (industriale, servizi, primario e terziario) e rappresenta una valutazione sistematica di come venga utilizzata l'energia dal punto in cui essa viene acquisita al suo punto di utilizzo finale.

La diagnosi energetica è una procedura sistematica volta a fornire un'adeguata conoscenza del profilo di consumo energetico di un edificio o gruppo di edifici, di una attività o impianto industriale o di servizi pubblici o privati, ad individuare e quantificare le opportunità risparmio energetico sotto il profilo costi-benefici e riferire in merito ai risultati.

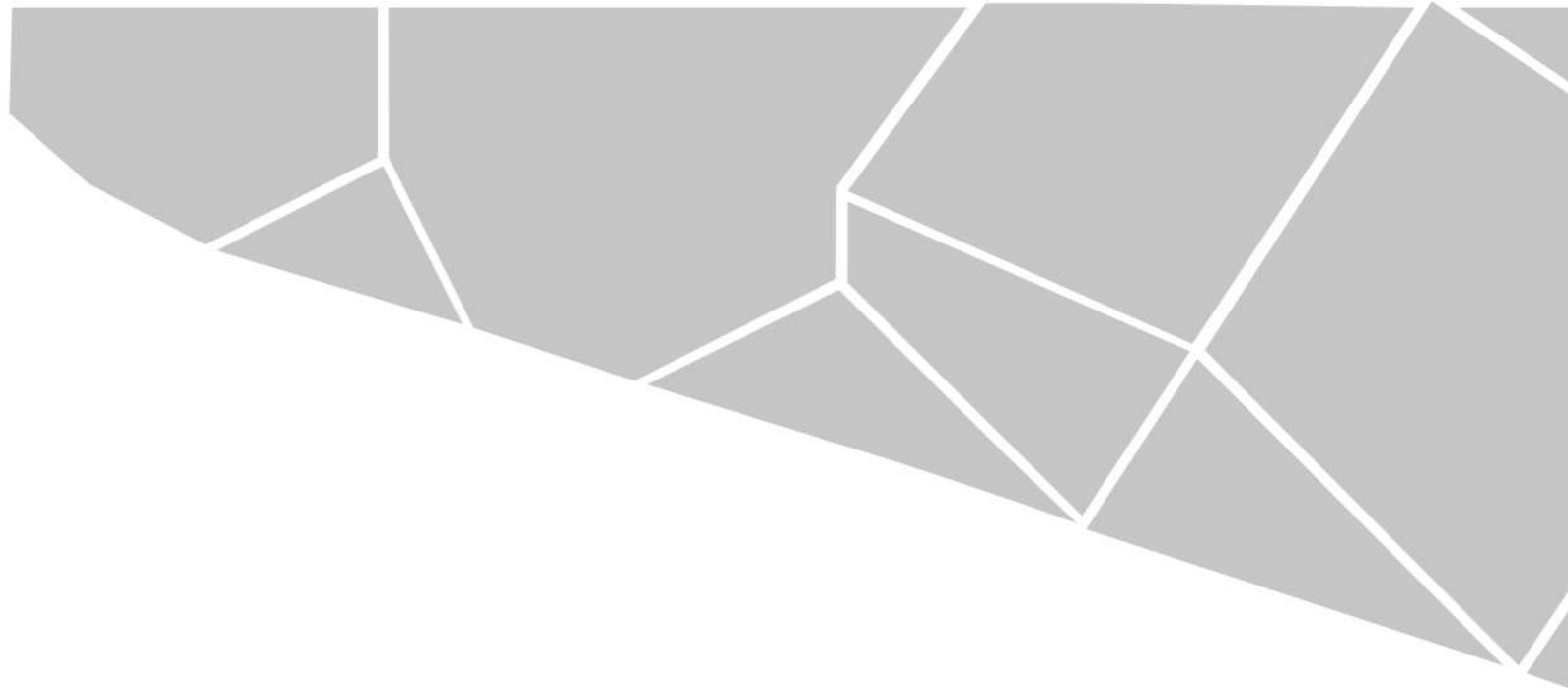
³ Ogni entità, a prescindere dalla forma giuridica, che eserciti un'attività economica con più di 250 occupati e con un fatturato annuo che superi i 50 milioni di euro, oppure il cui totale di bilancio annuo superi i 43 milioni di euro, i cui effettivi e soglie finanziarie sono calcolabili secondo i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

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

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

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







OBIETTIVO DELLA
PUBBLICAZIONE



2

2. Obiettivo della pubblicazione

L'obiettivo di questa pubblicazione è quello di fornire alle imprese operanti nel settore della fabbricazione e trasformazione del vetro ed ai professionisti uno strumento di ausilio nella redazione di una diagnosi energetica di qualità.

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

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

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

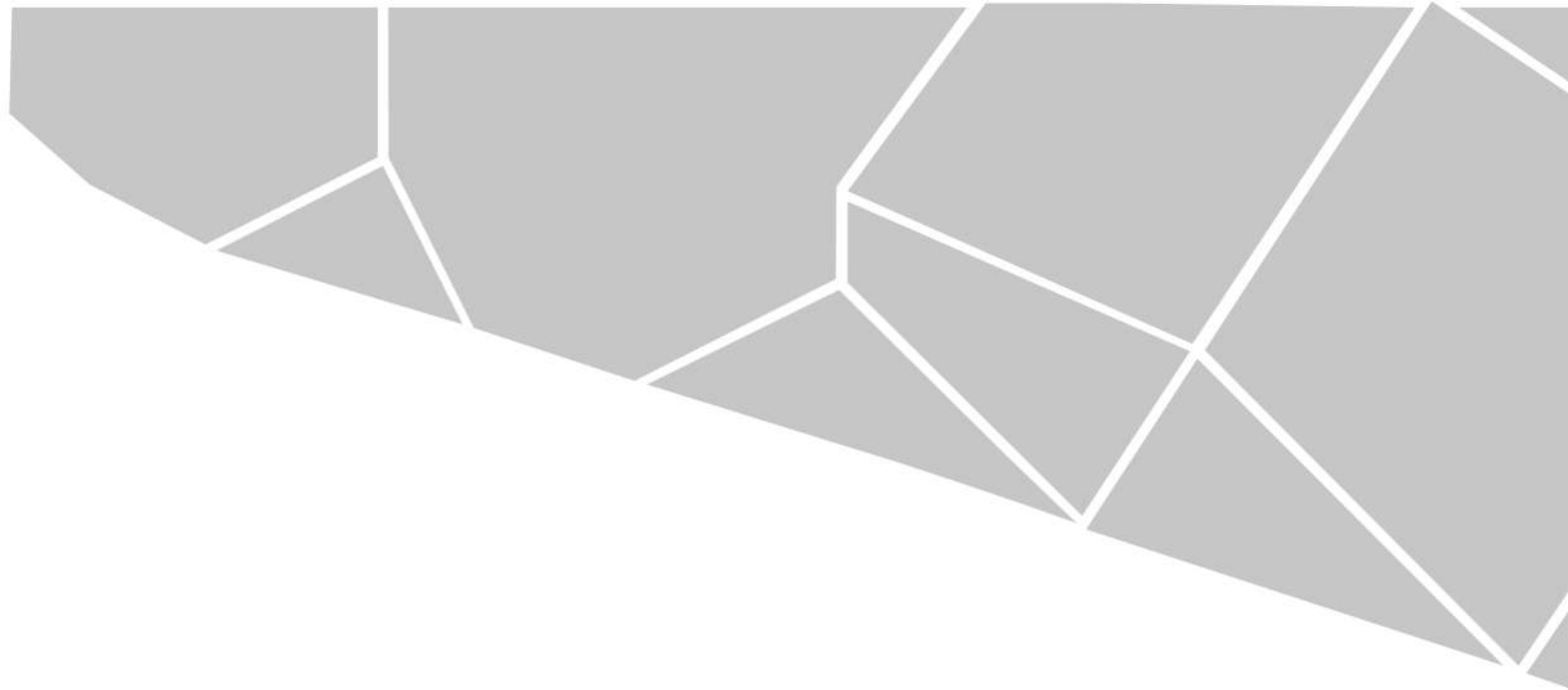
La presente pubblicazione, attraverso l'analisi delle diagnosi energetiche pervenute ad ENEA nel dicembre 2019 per l'ottemperamento degli obblighi previsti dall'Art.8 del D. Lgs. 102/2014, e grazie al supporto di Assovetro⁵ e dei gruppi di ricerca universitari coinvolti nel progetto vuole proporsi come un utile strumento per redigere la diagnosi energetica in modo più consapevole fornendo indicazioni relative ai tre presupposti fondamentali sopra citati.

Nella prima parte del documento è presente una descrizione generale del settore produttivo oggetto della presente pubblicazione, successivamente si entra nel merito dell'oggetto del documento:

- verrà quindi descritta la metodologia di approccio alle informazioni ricavabili sia dalle diagnosi energetiche che da pubblicazioni tecniche e da esperti del settore.

⁵ Associazione Nazionale degli Industriali del Vetro, <https://www.assovetro.it/>

- Verrà illustrato come dovrebbe essere condotta una diagnosi energetica di qualità tenendo conto anche delle prescrizioni normative legate alla presenza di dati misurati e come, seguendo le linee guida generali per la redazione della diagnosi energetica realizzate da ENEA, questi dati dovrebbero essere rappresentati.
- Dopo l'illustrazione degli elementi fondamentali per redigere una diagnosi energetica di qualità e conforme a quanto previsto dall'allegato 2 del D.Lgs.102/2014 (e successivi aggiornamenti), si entrerà nello specifico dei differenti processi e prodotti delle tipologie di vetro. Pertanto verranno rappresentati i flow chart di diverse tipologie di prodotto/processo dettagliandone le fasi principali, con i relativi parametri caratteristici da prendere in considerazione nella diagnosi. Per alcune tipologie di processo verranno fornite indicazioni su come generalmente i consumi energetici si ripartiscono all'interno delle differenti aree funzionali. Lì dove i dati delle diagnosi energetiche pervenute nel 2019 lo abbiano permesso verranno forniti indici di prestazione energetica sia di primo che di secondo livello (scendendo cioè nelle fasi del processo).
- La pubblicazione si concluderà con un elenco ed un'analisi delle principali opportunità di miglioramento. In particolare saranno prima riportati tutti gli specifici interventi che possono insistere sulle diverse fasi del processo ricavabili in letteratura e successivamente un'analisi tecnico-economica degli interventi proposti nelle diagnosi energetiche.





L'INDUSTRIA DEL VETRO



3

3. L'industria del vetro

L'industria del vetro, settore Ateco 23.1 (Fabbricazione di vetro e prodotti di vetro), rientra nel comparto manifatturiero "C" della fabbricazione di altri prodotti della lavorazione di minerali non metalliferi (Divisione Ateco 23), insieme alla produzione di prodotti refrattari, in porcellana e ceramica, in calcestruzzo, etc.

Le attività del settore vetro sono sostanzialmente suddivisibili in due ambiti: la fabbricazione (di quattro differenti tipologie di vetro: piano, cavo, lane e filati di vetro e "altro", riferito – per esempio – alle produzioni artistiche) e la lavorazione (Figura 1).



Figura 1 – Schematizzazione della classificazione Ateco del “settore vetro”

Al 31.12.2018, come riporta il Rapporto di Sostenibilità 2020 redatto da Assovetro [1], le Aziende italiane che si occupano della fabbricazione di vetro piano (23.11), vetro cavo (23.13) e lana e filati di vetro (23.14) sono 28 e, più precisamente:

- 6 per il vetro piano;
- 19 per il vetro cavo;
- 3 per lana e filati di vetro.

Per quanto riguarda la produzione italiana 2018 di vetro piano e cavo, conferma il trend costante di crescita degli ultimi anni con un aumento del 10% rispetto al 2014. In particolare per il 2018 si è attestata intorno ai 5,3 milioni di tonnellate di vetro prodotto con una prevalenza di vetro netto nella produzione di vetro cavo (circa 4,3 milioni di tonnellate) rispetto al vetro piano.

L'Italia risulta essere uno dei principali produttori di vetro europei con circa un settimo della produzione totale di vetro dell'EU28. L'industria del vetro è composta per la gran parte da Grandi Imprese ed Imprese Energivore, quindi categorie obbligate, come previsto dal D.Lgs. 102/2014, a realizzare una diagnosi energetica ed inviarla ad ENEA.

ENEA nel corso dell'annualità 2020 ha analizzato le diagnosi presentate dalle industrie appartenenti al codice Ateco 23.1 (codice che ricomprende tutte le attività afferenti al settore "Vetro"). Il campione di aziende tra quelle che hanno presentato la diagnosi energetica tra il 2018 ed il 2019 costa di 89 partite IVA che hanno presentato 129 diagnosi energetiche in totale, suddivise tra fabbricazione e lavorazione del vetro. Nel Grafico di *Figura 2* è possibile vedere come sono distribuite le diagnosi energetiche tra i vari sottogruppi Ateco afferenti al settore del vetro. Il grafico rispecchia quanto evidenziato nel Rapporto di Sostenibilità di Assovetro in quanto le aziende che producono vetro piano (23.11), cavo (23.13) e filati di vetro (23.14) rappresentano rispettivamente solamente il 4%, il 34% ed il 4% di tutte le diagnosi presentate riconducibili al settore. Una grossa fetta delle diagnosi, circa il 40%, riguardano la lavorazione e trasformazione del vetro piano (23.12), il restante 18% è imputabile a diagnosi relative ad altre fabbricazioni e lavorazioni di vetro (23.19).

Ripartizione percentuale delle diagnosi afferenti al settore del "Vetro" sui differenti sottogruppi Ateco

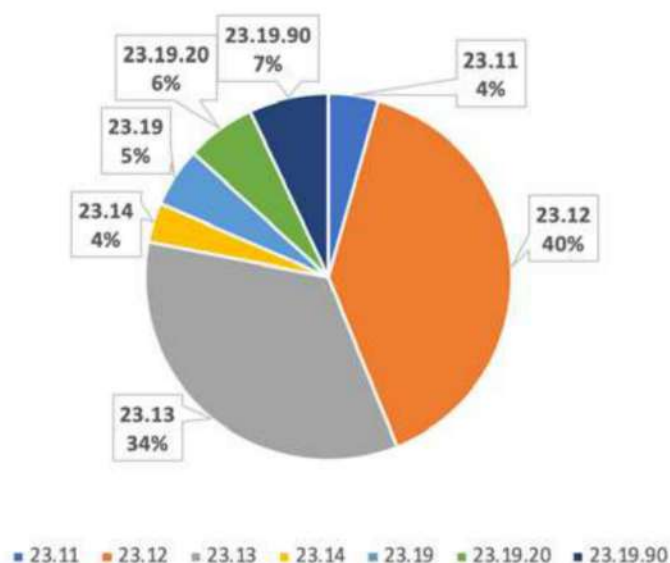
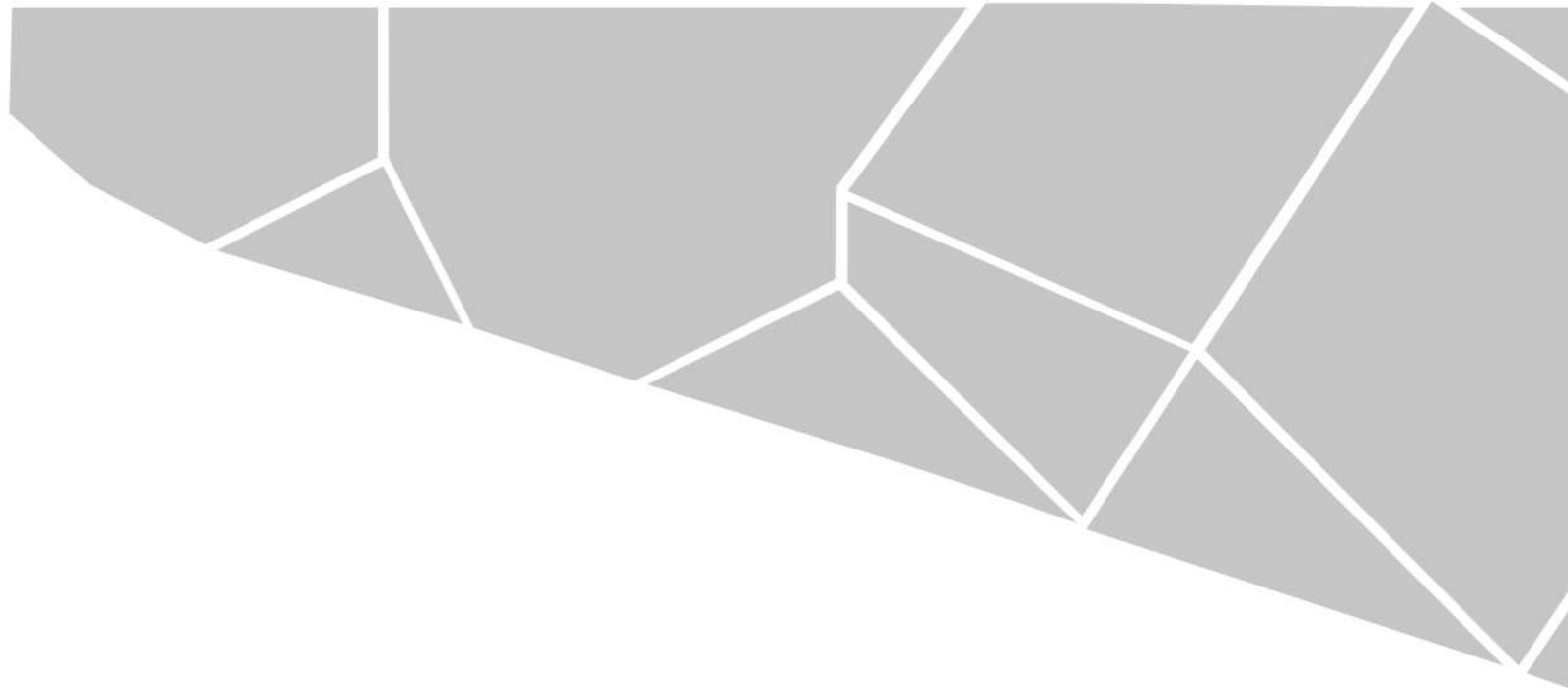


Figura 2 – Ripartizione delle diagnosi sui differenti sottogruppi Ateco afferenti al settore del Vetro





METODOLOGIA DI ANALISI
DEI DATI



4

4. Metodologia di Analisi dei dati

Le aziende afferenti all'industria del vetro si differenziano sia per tipologia di attività (produzione e/o lavorazione) che di prodotto (piano, cavo, filati, etc.), queste differenziazioni, come visto nel paragrafo precedente, sono rappresentate dalle differenti sottocategorie Ateco a 6 cifre.

Tuttavia, questa suddivisione non è sufficiente a caratterizzare le differenze sostanziali in termini di processo e consumi energetici che vi possono essere tra le differenti tipologie di prodotto.

Ad esempio, andando ad analizzare nel dettaglio cosa è ricompreso nel codice Ateco 23.13.00 "Fabbricazione di vetro cavo", nel documento ISTAT "Classificazione delle attività economiche Ateco 2007" [2], si ritrova che questo sottogruppo ricomprende due ulteriori famiglie di prodotti:

- fabbricazione di bottiglie ed altri contenitori sia di vetro che in cristallo;
- fabbricazione di bicchieri ed altri articoli di vetro o cristallo per la casa.

Andando, inoltre, ad analizzare i processi con i relativi consumi energetici, del sottogruppo Ateco 23.13.00, risulta subito evidente come questa classificazione non si presti ad una analisi energetica omogenea, in quanto vi sono importanti differenze legate alla tipologia di vetro cavo che si intende realizzare. Vi sono, infatti, forti differenze di consumo specifico tra la produzione di vetro cavo per il food and beverage e, ad esempio, la produzione di vetro per scopi farmaceutici o profumeria.

Un'analisi della bibliografia ed in particolare del report del JRC "Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Manufacture of Glass" [3] individua otto settori riconducibili al settore del vetro:

1. *Contenitori di vetro;*
2. *Vetro piano;*
3. *Fibre di vetro;*
4. *Vetro domestico;*
5. *Vetri speciali;*
6. *Lana di vetro;*

7. *Lane di vetro per isolamenti ad alta temperatura;*
8. *Fritte di vetro.*

All'interno di questi otto settori il documento del JRC, rappresenta ulteriori suddivisioni, in particolare per i contenitori di vetro (o vetro cavo) si esplicita chiaramente la differenza che intercorre tra i “prodotti comuni” come quelli utilizzati nell'industria alimentare e le produzioni a più alto valore e qualità riconducibili all'industria farmaceutica e dei profumi e cosmesi.

Sulla base delle premesse, ed analizzando la documentazione pervenuta, si sono suddivise le diagnosi in modo tale che potessero presentare prodotti e processi sufficientemente omogenei, rimanendo all'interno dei confini dettati dalla suddivisione Ateco [2].

Pertanto, le diagnosi pervenute nel secondo ciclo d'obbligo sono state così suddivise:

- Ateco 23.11.00: fabbricazione di vetro piano;
- Ateco 23.12.00: lavorazione e trasformazione di vetro piano;
- Ateco 23.13.00: fabbricazione di vetro cavo per “food and beverage”;
- Ateco 23.13.00: fabbricazione di vetro cavo per produzione di “vetro ad alto valore e qualità”;
- Ateco 23.13.00: fabbricazione di vetro cavo per “uso casalingo”;
- Ateco 23.14.00: fabbricazione di fibre di vetro;
- Ateco 23.19.00: altre fabbricazioni di vetro.

Per ciascuno di questi gruppi è stata valutata la consistenza del campione e verificata l'omogeneità dei processi produttivi e nel caso si è proceduto all'individuazione di indici di prestazione energetica caratteristici, sia di primo livello che di secondo livello.

Per indici di primo livello si intendono gli indici calcolati andando a considerare l'energia totale consumata dei singoli vettori energetici rispetto al parametro caratteristico di produzione (ed. tonnellate, metri quadri, etc.). Riprendendo la struttura energetica proposta da ENEA sono gli indici ricavati dai dati forniti al livello B (Figura 3).

Per indici di secondo livello si intendono invece gli indici specifici che per ciascun vettore energetico scendono nel dettaglio del processo (es. fase di fusione, fasi di formatura, consumi ausiliari, etc). Questa tipologia di indice è di più difficile determinazione in quanto dipende strettamente dal processo e da come il consumo è misurato ed imputato al processo stesso. Facendo riferimento alla struttura energetica proposta da ENEA [4], questa tipologia di indice si basa sui dati forniti al livello D (Figura 3).

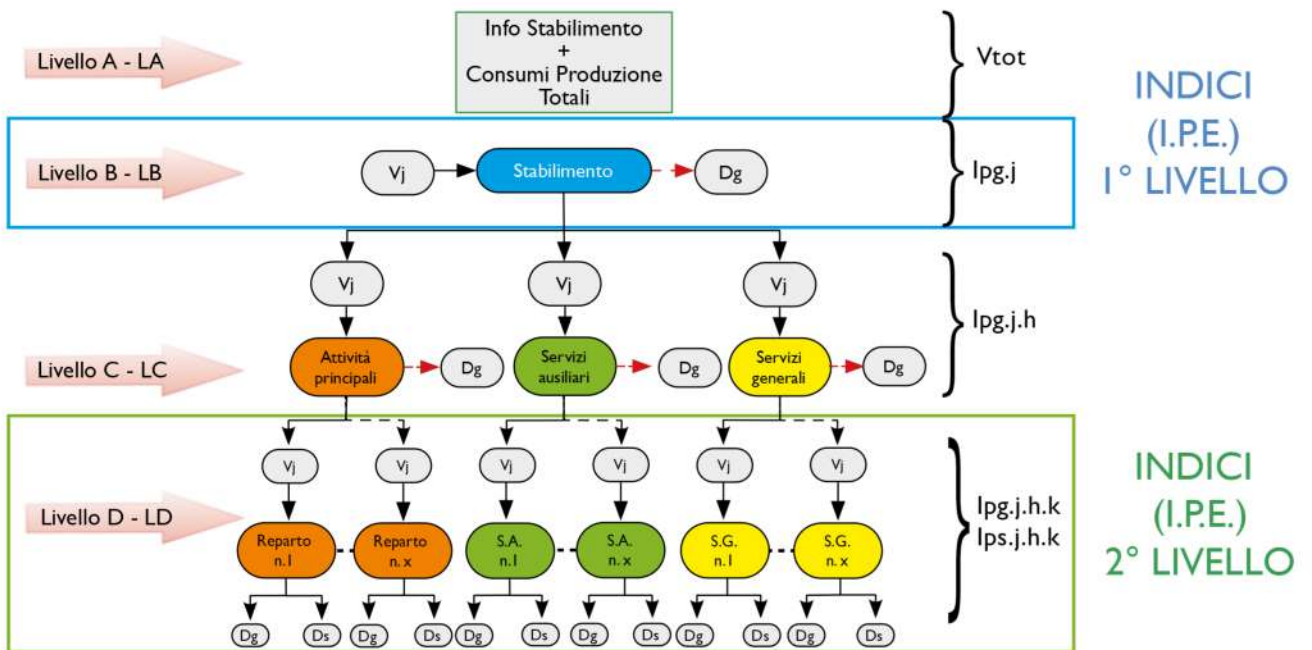


Figura 3 - Schematizzazione della struttura energetica aziendale e caratterizzazione del livello degli IPE

Sinteticamente la metodologia di analisi utilizzata può essere schematizzata nelle seguenti fasi:

Fase I Selezione del campione statistico: consiste nell'analisi numerica dei consumi di ogni sito per ciascun sottogruppo Ateco presente nella banca dati ENEA (detta popolazione di riferimento) e nella selezione del campione statistico utile all'implementazione matematica del modello. A tal fine, vengono studiati sia i file dei rapporti tecnici che i fogli di calcolo di riepilogo dei consumi allegati al rapporto tecnico (laddove presenti). È importante sottolineare l'ingente lavoro di omogeneizzazione

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

- Fase 2** Ricerca della correlazione tra consumo e produzione: viene effettuata un'analisi di regressione lineare al fine di valutare “la bontà” della relazione che c'è tra i consumi ed il parametro di aggiustamento (es. produzione) utilizzato. Questa valutazione viene fatta attraverso l'analisi dei principali indici statistici come l' R^2 , l'indice di Pearson ed il valore di P-value. Il controllo della correlazione rappresenta un passaggio importante per capire se effettivamente il consumo energetico sia legato al parametro di aggiustamento o vi sia la presenza di altri fattori in gioco più influenti.
- Fase 3** Aggregazione dati: l'analisi precedente, in alcuni casi, permette di individuare la presenza di gruppi o cluster di siti, che possono dare indicazioni su tipologie di prodotti o processi differenti. Oppure è possibile individuare macro raggruppamenti legati ai volumi di produzione.
- Fase 4** Individuazione IPE di riferimento: ultima fase, qualora le fasi precedenti suggeriscano un legame tra il consumo energetico ed il parametro di influenza si passa all'individuazione degli IPE di riferimento, che potranno essere differenziati per specifiche tecnologie, processi, prodotti o intervalli di produzione.

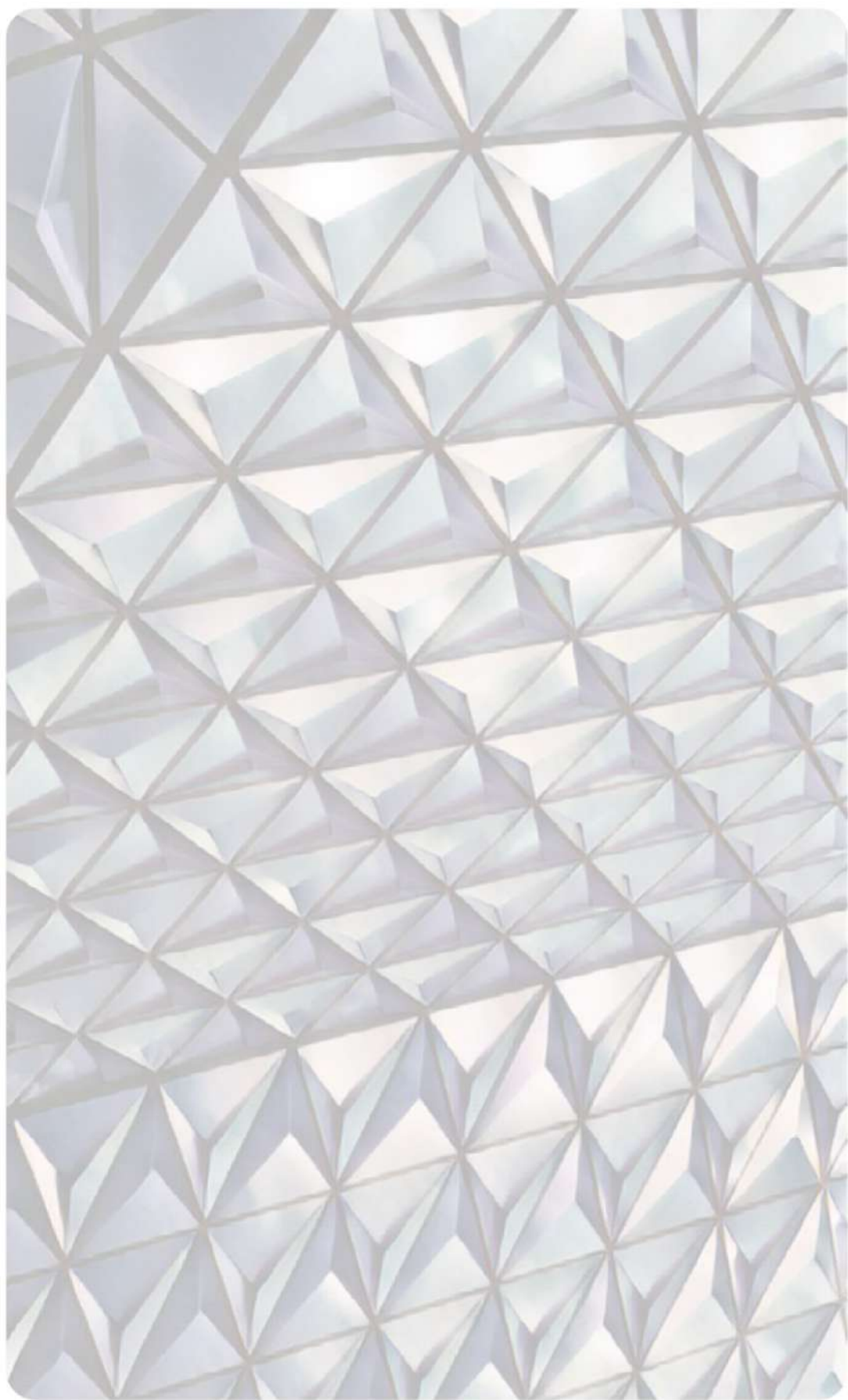
La bontà degli indici di prestazione individuati dipende, quindi, da come i dati riportati in diagnosi siano confrontabili tra loro con confini, limiti di batteria ben determinati.

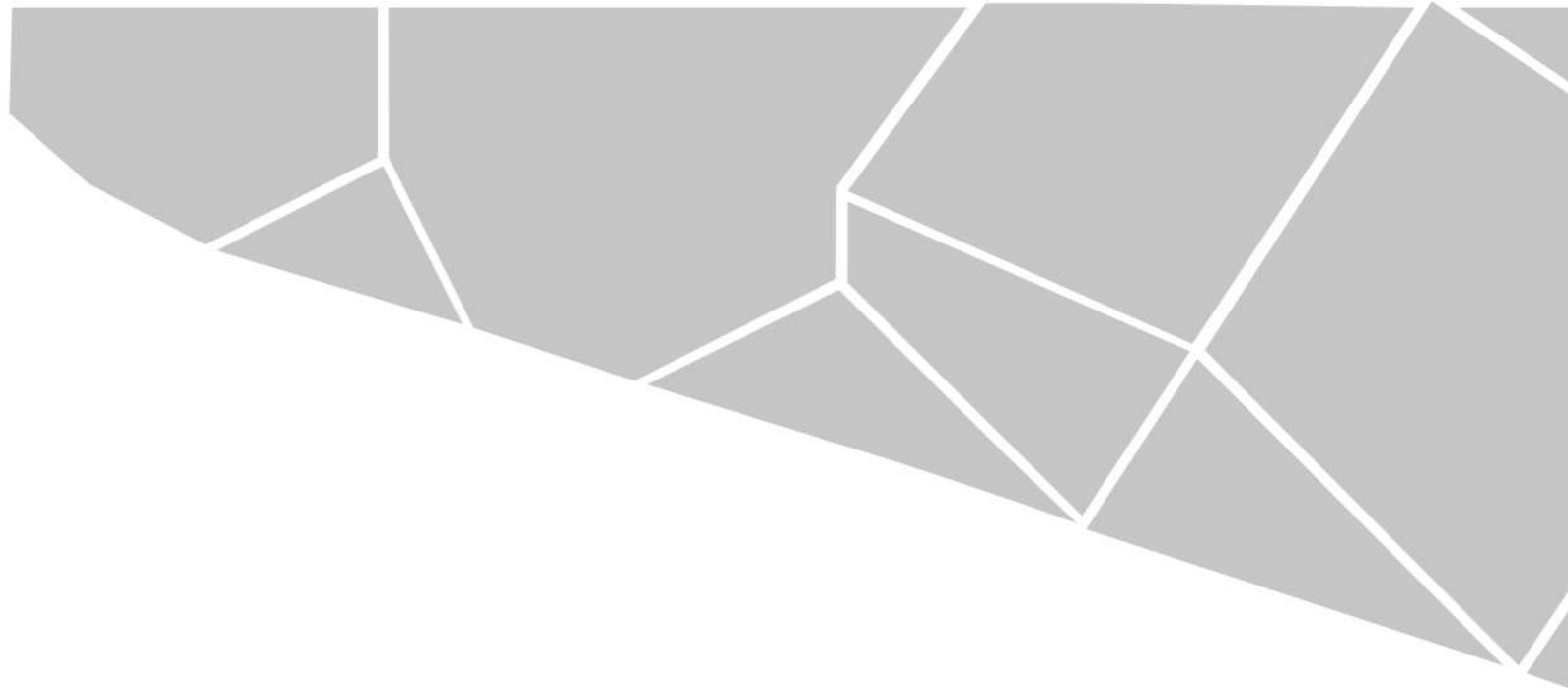
L'analisi delle diagnosi con la categorizzazione sopra individuata per i differenti settori merceologici e tipologia di prodotto e la collaborazione pluriennale con Assovetro[5] ha portato all'individuazione di una suddivisione che rispondesse alle peculiarità del panorama produttivo italiano:

- I. **Vetro piano** (produzione vetro piano per automotive e building);
- II. **Vetro cavo** (produzione contenitori per food and beverage);
- III. **Vetro casalingo e vetro bianco di qualità** (produzione di articoli per la casa, profumeria e cavo farmaceutico);
- IV. **Fibra di vetro** (produzione filamento continuo e lana di vetro).

Nota informativa:

Nel presente lavoro l'individuazione degli indici di prestazione energetica caratteristici è stata possibile solamente per alcuni dei processi sopra individuati, in particolare: sul processo del vetro cavo per utilizzo food and beverage (Ateco 23.13.00) e sul processo per la produzione del vetro piano (Ateco 23.11.00 e 23.12.00).







LA DIAGNOSI ENERGETICA

5

5. La diagnosi energetica

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

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

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

- nell'allegato 2 del decreto legislativo 102/2014 aggiornato nel luglio 2020 con il D.Lgs. 73/2020;
- nei chiarimenti del MISE [6];
- nelle linee guida generali elaborate da ENEA [4];
- nelle linee guida settoriali elaborate da ENEA (quali questo documento);
- nella normativa tecnica, pacchetto UNI CEI EN 16247 [7].

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.

Come riportato nella norma tecnica UNI CEI EN 16247-1 l'esecuzione di una diagnosi energetica può essere suddivisa nelle seguenti fasi (vedi Figura 4):

- Contatti preliminari;
- Incontro di avvio;
- Raccolta dati;
- Attività in campo;

- *Analisi dati ed individuazione delle opportunità di efficientamento energetico;*
- *Rapporto;*
- *Incontro finale.*

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, nominate le persone dell'organizzazione che faranno da interfaccia all'auditor.

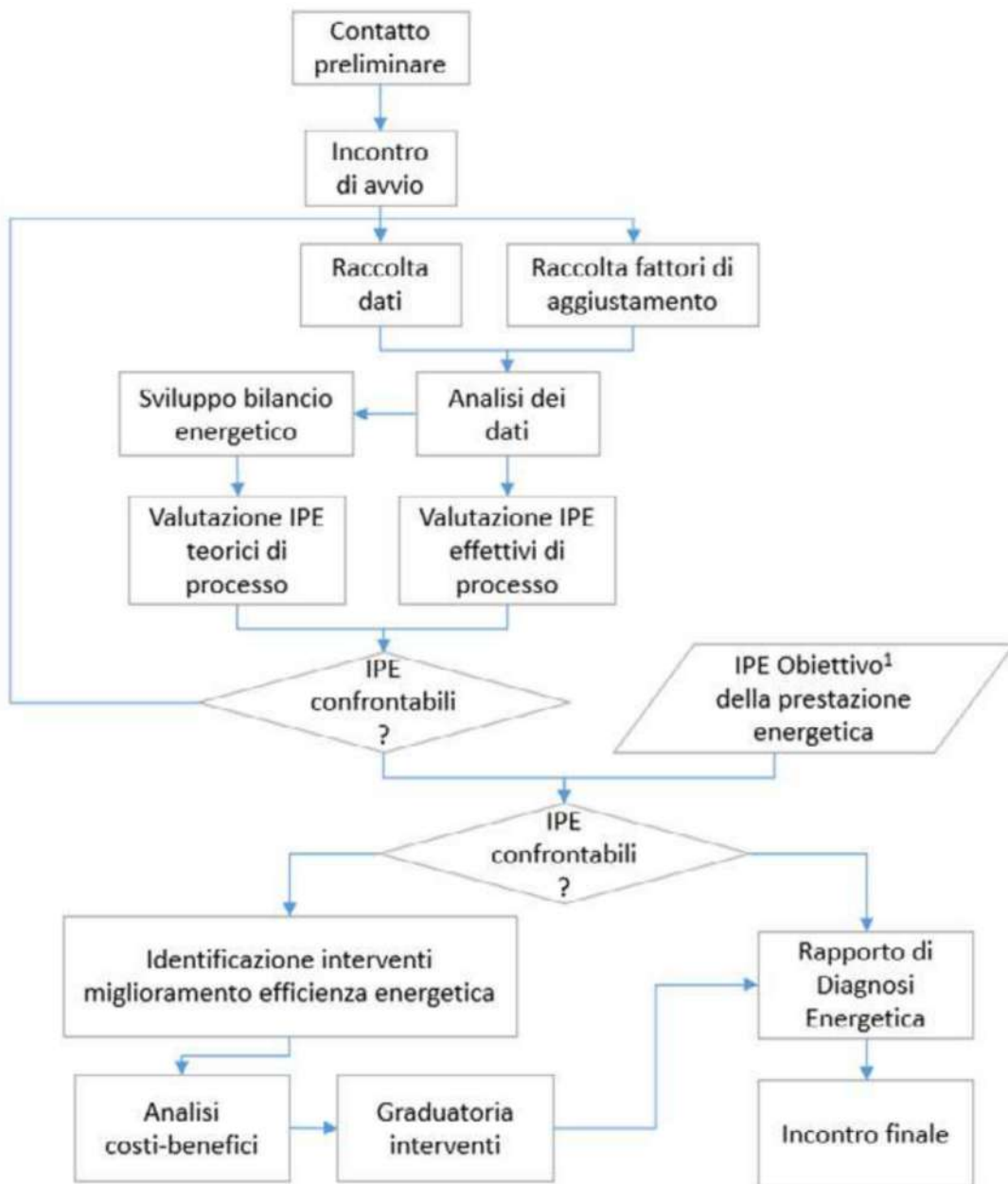


Figura 4 - Schema esecuzione diagnosi energetica secondo la UNI CEI EN 16247-1
 (¹ media di settore, benchmark, riferimento di legge oppure un miglioramento quantitativo rispetto alla situazione ex ante).

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

L'auditor energetico deve poi ispezionare in campo l'oggetto della diagnosi, 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.

L'auditor deve assicurarsi che le misure ed i rilievi siano effettuati in maniera conforme a quanto previsto dal D.Lgs 102/2014, dai chiarimenti del MISE e dalle linee guida ENEA, affidabile e in condizioni che siano rappresentative delle ordinarie condizioni di esercizio.

In fase di analisi l'auditor deve determinare il **“livello di prestazione energetica” corrente dell'oggetto sottoposto a diagnosi**. Questo rappresenta il riferimento sulla base del quale possono venire misurati i miglioramenti e deve comprendere:

- a. una *scomposizione dei consumi energetici* suddivisi per uso e fonte;
- b. i **flussi energetici** ed un bilancio energetico dell'oggetto sottoposto a diagnosi;
- c. i **flussi di massa** (prodotti, semilavorati, materie prime) dell'oggetto sottoposto a diagnosi;
- d. il diagramma temporale della domanda di energia;
- e. le **correlazioni tra consumo energetico e fattori di aggiustamento** (i fattori che incidono sul consumo energetico come, solo a titolo di esempio, la produzione);
- f. uno o più **indicatori di prestazione energetica** adatti a valutare l'oggetto sottoposto a diagnosi;
- g. le **opportunità di miglioramento dell'efficienza energetica sulla base della prestazione energetica** corrente dell'oggetto sottoposto a diagnosi

valutandone l'impatto sulla base dei risparmi economici ottenibili, degli investimenti necessari, del tempo di ritorno, dei vantaggi non energetici e delle interazioni tra le diverse misure di efficientamento proponibili. Le azioni di risparmio energetico devono essere elencate secondo una graduatoria basata sui criteri concordati con l'organizzazione.

Nell'incontro finale l'auditor energetico deve:

- h. consegnare il rapporto di diagnosi energetica;
- i. presentare i risultati della diagnosi energetica in maniera da agevolare il processo decisionale dell'organizzazione;
- j. essere in grado di spiegare i risultati.

Uno dei punti chiave nella valutazione delle prestazioni energetiche di un sito, di un processo, etc. è il confronto delle sue prestazioni con quelle di impianti/processi simili.

Questa fase di confronto però non può prescindere da una chiara standardizzazione delle caratteristiche del processo che permetta confronti omogenei con, ad esempio, indici di prestazione energetica presenti in letteratura, o anche più semplicemente confronti con impianti simili di proprietà della stessa azienda. In quest'ottica di standardizzazione, nel 2018 ENEA, in collaborazione con Assovetro e la Stazione Sperimentale del Vetro, ha redatto una prima linea guida settoriale [5] che ha permesso di approcciarsi alla diagnosi energetica in maniera strutturata, andando ad evidenziare le singole fasi di processo da prendere in considerazione nell'analisi dei consumi, come monitorarli e come rappresentarli nel rapporto di diagnosi.

Uno dei primi output evidenziati nella linea guida è stato quello di individuare le differenti tipologie di processo e prodotti prevalentemente presenti sul mercato nazionale. Questo ha permesso di individuare quattro sotto-settori:

- I. **Vetro piano** (produzione vetro piano per automotive e building).
- II. **Vetro cavo** (produzione contenitori per food and beverage).
- III. **Vetro casalingo e vetro bianco di qualità** (produzione di articoli per la casa, profumeria e cavo farmaceutico).
- IV. **Fibra di vetro** (produzione filamento continuo e lana di vetro).

Per ciascun sotto-settore è stata individuata una struttura energetica aziendale tipo.

Per ognuno dei sotto-settori analizzati è stata predisposta una linea guida dedicata, con l'indicazione della struttura energetica aziendale di riferimento, da tenere in considerazione durante la preparazione delle Diagnosi Energetiche. La struttura energetica per ogni sotto-settore è suddivisa in diverse aree funzionali secondo un flowchart. Per ogni area funzionale è stato esplicitato l'ambito di pertinenza (attività principali, servizi ausiliari o generali), i tipici vettori energetici associati, il livello indicativo di incidenza rispetto al consumo totale aziendale di ciascun vettore energetico (maggiore o minore del 5%) e la destinazione d'uso da prendere a riferimento nel calcolo dell'indice di prestazione energetica.

Contestualmente alla definizione della struttura energetica è stata anche proposta una metodologia per definire una strategia di monitoraggio dei consumi energetici principali e delle variabili che su di essi incidono.

La definizione della struttura energetica aziendale tipo, quindi, si è basata sulle seguenti considerazioni:

- possibilità di raccolta dei dati energetici, anche con strumenti di misurazione in linea;
- omogeneità tra le diverse realtà industriali;
- confrontabilità dei dati tra le diverse realtà industriali;
- peso energetico relativo dei vari vettori, con particolare riferimento alla soglia minima di rilevanza del 5% rispetto ai consumi totali per ogni singolo vettore energetico;
- obbligo di fornire dati ricavati a partire da misure, secondo determinate percentuali, per ogni singolo vettore energetico avente incidenza superiore al 10% rispetto al consumo totale (d'ora in poi definito come "non marginale");
- obbligo per ogni singolo vettore energetico "non marginale" (i.e. maggiore del 10% del totale consumi) di quantificare tramite misure almeno l'85 % dei consumi energetici afferenti al gruppo "attività principali";
- obbligo per ogni singolo vettore energetico "non marginale" di quantificare tramite misure almeno il 50% dei consumi energetici afferenti al gruppo "servizi ausiliari";
- obbligo per ogni singolo vettore energetico "non marginale" di quantificare tramite misure almeno il 20% dei consumi energetici afferenti al gruppo "servizi generali".

Sono state definite anche le unità di misura con cui debbono essere raccolti e quindi rendicontati i dati di consumo energetico:

- Energia elettrica in kWh;
- Gas naturale in Sm³;
- Eventuale Calore acquistato dall'esterno (es teleriscaldamento) in kWh;
- Eventuale energia frigorifere (Freddo) acquistata dall'esterno in kWh;
- Biomassa in tonnellate, si prega in questo caso di riportare anche il potere calorifico inferiore della biomassa;
- Olio combustibile in tonnellate;
- GPL in tonnellate;
- Gasolio in tonnellate;
- Coke di petrolio in tonnellate.

Il monitoraggio dei consumi energetici

Nei CHIARIMENTI IN MATERIA DI DIAGNOSI ENERGETICA NELLE IMPRESE del novembre 2016 pubblicati dal Ministero dello Sviluppo Economico [6], e in particolare al punto 4.1: Quali sono i requisiti minimi che la diagnosi energetica deve rispettare ai fini dell'adempimento dell'obbligo? si afferma quanto segue: "...In primis l'azienda viene suddivisa in aree funzionali. Si acquisiscono quindi i dati energetici dai contatori generali di stabilimento e, qualora non siano disponibili misure a mezzo di contatori dedicati, **per la prima diagnosi**, il calcolo dei dati energetici di ciascuna unità funzionale viene ricavato dai dati disponibili...".

Nell'Allegato II dello stesso documento si prevede: "Una volta definito l'insieme delle aree funzionali e determinato il peso energetico di ognuna di esse a mezzo di valutazioni progettuali e strumentali, si dovrà definire l'implementazione del piano di monitoraggio permanente in modo sia da tener sotto controllo continuo i dati significativi del contesto aziendale, che per acquisire informazioni utili al processo gestionale e dare il giusto peso energetico allo specifico prodotto realizzato o al servizio erogato." In tale modo si intende che **nelle diagnosi successive alla prima** per le aree funzionali devono esserci contatori dedicati, ovvero non tanto un sistema di monitoraggio completo ad esse dedicate ma una "strategia di monitoraggio" che, attraverso un'opportuna copertura di sistemi di strumentazione, di controllo e di gestione, faccia in modo che i parametri energetici ad esse relativi possano avere un'affidabilità crescente con la progressiva implementazione di detti sistemi.

Nei CHIARIMENTI IN MATERIA DI DIAGNOSI ENERGETICA NELLE IMPRESE del novembre 2016, pubblicati dal Ministero dello Sviluppo Economico [6], e in particolare al punto 4.1: Quali sono i requisiti minimi che la diagnosi energetica deve rispettare ai fini dell'adempimento dell'obbligo? Si afferma quanto segue: "...In primis l'azienda viene suddivisa in aree funzionali. Si acquisiscono quindi i dati energetici dai contatori generali di stabilimento e, qualora non siano disponibili misure a mezzo di contatori dedicati, per la prima diagnosi, il calcolo dei dati energetici di ciascuna unità funzionale viene ricavato dai dati disponibili...". Nell'Allegato II dello stesso documento si prevede: "Una volta definito l'insieme delle aree funzionali e determinato il peso energetico di ognuna di esse a mezzo di valutazioni progettuali e strumentali, si dovrà definire l'implementazione del piano di monitoraggio permanente in modo sia da tener sotto controllo continuo i dati significativi del contesto aziendale, che per acquisire informazioni utili al processo gestionale e dare il giusto peso energetico allo specifico prodotto realizzato o al servizio erogato." In tale modo si intende che nelle diagnosi successive alla prima per le aree funzionali devono esserci contatori dedicati, ovvero non tanto un sistema di monitoraggio completo ad esse dedicate ma una "strategia di monitoraggio" che, attraverso un'opportuna copertura di sistemi di strumentazione, di controllo e di gestione, faccia in modo che i parametri energetici ad esse relativi possano avere un'affidabilità crescente con la progressiva implementazione di detti sistemi.

Per facilitarne la rendicontazione e la conversione in tep dei differenti vettori energetici ENEA mette a disposizione sia la Linea guida [4] dove sono indicati i coefficienti di trasformazione che differenti tool, tra cui il foglio excel chiamato foglio "F" specifico per il settore del vetro disponibile sul sito ENEA.

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%

Tabella I - Soglie percentuali di copertura dei piani di misurazione e/o monitoraggio nel settore industriale

In ottemperanza a quanto richiesto dalla normativa cogente e successivamente sulla base di quanto riportato nel documento ENEA “*Diagnosi Energetiche art. 8 del D.Lgs. 102/2014 - Linee Guida e Manuale Operativo: Clusterizzazione, il rapporto di diagnosi ed il piano di monitoraggio*” [4] le aziende che presentano consumi superiori ai 10.000 tep annui, come schematizzato nella *Tabella 1* devono garantire un livello di copertura tramite misurazioni pari ad almeno l’85% per le attività principali, il 50% per i servizi ausiliari e il 20% per i servizi generali.

Il soddisfacimento dei criteri minimi relativi alla copertura del sistema di monitoraggio delle differenti aree funzionali può essere raggiunto attraverso differenti approcci:

- ✓ *attraverso l’utilizzo di misuratori continui in linea operativi per tutto l’anno;*
- ✓ *attraverso misuratori continui o misure spot, effettuate con campagne di misura “ad-hoc” per periodi inferiori all’anno purché queste ultime si siano sviluppate in modo da tenere in considerazione la variabilità intrinseca delle grandezze misurate (stagionalità ambientale e della produzione).*

Le campagne di misurazione possono essere effettuate nel caso dei consumi di energia elettrica grazie a strumentazioni portatili “*clamp on*”, come per es. le pinze amperometriche, mentre risultano di ben più problematica realizzazione nel caso dei flussi di combustibile. In questo caso, infatti, le strumentazioni portatili da applicare all’esterno delle tubazioni per rivelare le portate istantanee di fluido sono caratterizzate da un livello di affidabilità non sempre adeguato, specialmente nel caso del gas naturale.

Indipendentemente dalla tipologia di vettore, la definizione di un protocollo di monitoraggio discontinuo deve essere fatta in funzione delle variabilità del consumo dello stesso nel tempo e dell’entità di tale variazione. Per quanto riguarda i consumi elettrici, sono state individuati 2 principali gruppi di cause di variabilità, uno di origine ordinaria e uno straordinaria.

Tra le cause ordinarie si collocano, a titolo di esempio:

- **Cause produttive:** stagionalità dei volumi produttivi in ragione delle richieste di mercato; frequenza delle operazioni di cambio formato/ cambio stampi legata alla domanda o alla specificità produttiva e/o settore di appartenenza;

- **Cause ambientali:** periodicità giorno/notte, che per es. influenza le temperature di ingresso dell'aria comburente o dell'aria di raffreddamento per stampi e/o altre sezioni delle macchine di formatura; periodicità inverno/estate sulle temperature dell'aria in ingresso ai compressori e al forno fusorio, o anche sul livello di umidità della miscela vetrificabile in ingresso al forno (che aumenta i consumi di fusione).

Tra le cause straordinarie invece si collocano le fermate per manutenzione a freddo o per incidente sulla linea (guasto macchinari, perdite di vetro dal forno, ecc), le operazioni di *hot-repair*, lo *shut down* e *start up* di forni e linee produttive, ecc, che vanno tenute in debita considerazione nelle operazioni di contabilizzazione.

Per alcuni sub-settori dell'industria vetraria, come la produzione di vetro piano (processo *float*) o, in misura minore, di vetro cavo per imballaggi, è stato osservato che i volumi e le tipologie di articoli prodotti, e quindi i consumi energetici in senso lato, hanno un certo livello di stabilità nell'arco dell'anno, per cui le più rilevanti fonti di variabilità risultano quelle ambientali e straordinarie.

Per altri sub-settori, come per es. la profumeria o il vetro casalingo, la vasta gamma di forme e dimensioni degli articoli producibili e le fluttuazioni stagionali nella domanda del mercato rendono piuttosto variabile la stessa produzione industriale, e quindi anche i consumi ad essa associati.

Per garantire una fotografia il più possibile rappresentativa della variabilità dei consumi energetici delle aree funzionali sprovviste di monitoraggio in linea è pertanto necessario che le rilevazioni siano non solo caratterizzate da adeguata frequenza, ma anche in alcuni casi estese su un periodo di tempo di idonea durata.

Laddove sia presente una variabilità ambientale **stagionale** rilevante, per es. tra estate e inverno, o tra stagione piovosa e stagione asciutta (es. essiccatoio sabbia in presenza di parco minerali all'aperto, sala compressori, ventilatori di combustione o di raffreddamento, centrale termica, ecc), è necessario prevedere che le campagne di misurazioni sperimentali coprano con adeguata frequenza sia periodi invernali che estivi.

Laddove in aggiunta alla stagionalità sia presente una rilevante variabilità **giornaliera** dei consumi (es. ventilatori di raffreddamento stampi macchine IS,

climatizzazione), con massimi e minimi che differiscono in modo significativo, è necessario effettuare le operazioni di rilevamento previste dalle campagne di misura sia in corrispondenza ai picchi massimi che ai minimi di consumo, per es. effettuando letture sia durante la notte (T_{amb} minima) che nel pieno del pomeriggio (T_{amb} massima).

In presenza di aree funzionali o macchinari a **funzionamento discontinuo**, le operazioni di misura dovranno essere effettuate in corrispondenza a momenti di attività dello stesso, e per il computo dei consumi annuali di competenza sarà necessario disporre di un sistema di **misurazione dei tempi di effettivo funzionamento** del sistema.

Nella Tabella 2 si riportano a titolo di esempio le principali aree funzionali e sotto sistemi comuni al processo produttivo della maggior parte dei settori dell'industria vetraria, ciascuno associato ai livelli di variabilità che tipicamente lo caratterizzano.

Tabella 2 – Tipologia di variabilità da prendere in considerazione nelle misure a “spot” in funzione della tipologia di sistema che si intende monitorare.

Sotto-sistema	Variabilità con i volumi produttivi	Variabilità estate/inverno	Variabilità giorno / notte
Composizione			
Sollevatori	x		
Nastri	x		
Bilance	x		
Frantoio rottame	x		
Fusione			
Boosting elettrico	x		
Formatura			
Canali / feeder	x		
Macchine di formatura	x		
Hot end coating	x		
Tunnel di ricottura e tin bath	x		
Cold end e quality control	x		
Imballaggio e stoccaggio	x		

Sotto-sistema	Variabilità con i volumi produttivi	Variabilità estate/ inverno	Variabilità giorno / notte
Servizi Ausiliari			
Compressori d'aria	x	x	x
Ventilatori di raffreddamento macchine di formatura (cavo)	x	x	x
Ventilatori di raffreddamento forno fusorio	x	x	x
Chiller acque di cooling forno	x	x	
Preriscaldamento stampi (cavo)	x		
Ventilatore di combustione	x	x	x
Impianto filtrazione fumi	x		
Servizi Generali			
Centrali termiche		x	x
Climatizzazione		x	x
Illuminazione		x	x
Gruppi elettrogeni			

Per l'esecuzione delle campagne di misurazione mediante rilievi discontinui con strumentazioni "clamp-on" è necessario pertanto che ogni azienda definisca un adeguato protocollo di monitoraggio in relazione al proprio ciclo produttivo.

A titolo di esempio si riporta di seguito una linea guida per la stesura del protocollo di monitoraggio.

5.1 Linea guida per la stesura del protocollo di monitoraggio

Assovetro con il supporto del Stazione sperimentale ha concordato con ENEA una linea guida per la stesura di un protocollo di monitoraggio energetico, che abbia il duplice scopo di rispondere a quanto previsto dalla normativa cogente e dalle Linee Guida ENEA [4], [5], ma anche e soprattutto che permetta un'analisi dei consumi energetici che sia efficace ed efficiente rispondendo alle peculiarità del settore del vetro.

Pertanto si suggerisce di seguire i seguenti accorgimenti nella stesura del

protocollo di monitoraggio:

- Dare tempestivamente inizio alle campagne di misurazione già nel periodo estivo (possibilmente da luglio), in special modo per i sotto-sistemi caratterizzati da variabilità stagionale dei consumi energetici, così da poter disporre di un numero adeguato di dati misurati anche per il periodo caldo dell'anno.
- Per i sotto-sistemi i cui consumi specifici non manifestano rilevante variabilità stagionale o giornaliera (vedasi tabella 2), iniziare con 2 misurazioni a settimana a orari prefissati per il primo mese di campagna; se i dati sperimentali così acquisiti risultano avere oscillazioni inferiori a $\pm 30\%$ rispetto al valor medio, ridurre la periodicità di misura a 1 volta a settimana per i successivi 2 mesi; se i nuovi risultati "settimanali" rimangono entro l'intervallo del $\pm 30\%$, continuare ad effettuare misurazioni regolarmente 1 volta ogni mese. Qualora in qualsiasi momento si riscontrino valori che escono dal summenzionato intervallo di "stabilità" dei consumi, monitorabile attraverso una carta di controllo, ritornare al livello di periodicità precedente per un mese, e poi ripetere la verifica.
- Per i sotto-sistemi i cui consumi specifici manifestano rilevante variabilità stagionale (vedasi tabella sopra), ma non giornaliera, iniziare con 2 misurazioni a settimana a orari prefissati per il primo mese di campagna; se i dati sperimentali così acquisiti risultano avere oscillazioni inferiori a $\pm 30\%$ rispetto al valor medio, ridurre la periodicità di misura a 1 volta alla settimana per i mesi successivi. In corrispondenza all'avvicinarsi della stagione fredda, e.g. a novembre, riprendere con le misurazioni 2 volte la settimana per almeno un mese. Qualora in qualsiasi momento si riscontrino valori che escono dal summenzionato intervallo di "stabilità" dei consumi, ritornare al livello di periodicità precedente per un mese, e poi ripetere la verifica.
- Per i sotto-sistemi i cui consumi specifici manifestano rilevante variabilità giornaliera, oltre che stagionale, iniziare la prima settimana di campagna con 2 misurazioni al giorno, effettuate a orari prefissati una durante la notte e una durante il giorno; se i dati sperimentali così acquisiti (confrontati separatamente tra notte e giorno) risultano avere oscillazioni inferiori a $\pm 30\%$ rispetto al valor medio, ridurre la periodicità di misura a 2 volte alla settimana

(sempre notte + giorno) per il resto del primo mese. Se i nuovi risultati “bi-settimanali” rimangono entro l’intervallo del $\pm 30\%$, continuare ad effettuare misurazioni 1 volta alla settimana (notte+giorno) per i mesi successivi. In corrispondenza all’avvicinarsi della stagione fredda (ad es. a novembre), riprendere con le misurazioni 2 volte la settimana. Prevedere all’inizio del mese di dicembre almeno una settimana di misurazioni giornaliere (notte + giorno). Qualora in qualsiasi momento si riscontrino valori che escono dal summenzionato intervallo di “stabilità”, ritornare al livello di periodicità precedente per un mese, e poi ripetere la verifica.

- La campagna di misurazioni dovrà coprire adeguatamente sia il periodo caldo che quello freddo dell’anno. Per valutare la differenza dei consumi legata alla stagionalità e in particolare alla temperatura dell’aria è possibile un approccio ingegneristico.

I dati sperimentali di consumo così raccolti in modo discontinuo, ciascuno associato al proprio cavato e tipologia di prodotto, verranno elaborati per ottenere un valore di consumo specifico medio giornaliero di riferimento, a seconda dei casi da ritenersi valido a livello annuale, oppure per un determinato mese, o una determinata stagione (invernale o estiva); grazie alla frequenza delle misurazioni consigliate e alla conoscenza dei livelli produttivi giornalieri, sarà possibile ricostruire a posteriori in modo affidabile i livelli di consumo complessivo lungo tutto l’arco del periodo coperto da campagna di misura, e da qui estrapolarli, se necessario, all’anno intero.

5.2 Rendicontazione dei consumi energetici

Per la rendicontazione dei consumi energetici è necessario attenersi alla suddivisione sia per differenti vettori energetici che differenti aree funzionali e processi come illustrato nelle Linee Guida ENEA [4] (Figura 5). Inoltre, ENEA in accordo con Assovetro ha sviluppato appositi strumenti, come ad esempio un foglio di calcolo, per facilitare ed uniformare la metodologia di rendicontazione dei consumi energetici del sito produttivo.

La rendicontazione dei consumi si struttura su diversi livelli (Figura 5) [4]:

- Livello A: dove devono essere riportate le informazioni principali del sito

oggetto di analisi quali:

- Dati identificativi dello stabilimento e della diagnosi (es.: P.IVA, località, settore merceologico a sei cifre, periodo di riferimento, etc.)
 - Produzione annua;
 - Vettori energetici in ingresso allo stabilimento nell'anno di riferimento, come da fatture di acquisto o contatori fiscali.
- **Livello A1:** trasformazioni di energia o energia autoprodotta. In questo livello debbono essere inseriti sia riferimenti a sistemi di autoproduzione di energia (ad esempio: impianti fotovoltaici ed eolici, che le trasformazioni dei vettori acquistati (ad esempio: la cogenerazione che trasforma il gas naturale in ingresso in energia elettrica e calore).
 - **Livello B:** qui vanno riportati i valori del consumo energetico, suddiviso per ciascun vettore energetico, effettivamente imputabili al sito produttivo. Si differenziano dal livello A nel caso vi siano sistemi di autoproduzione o trasformazione dell'energia (es. Cogenerazione).
 - **Livello C:** prevede la suddivisione dei consumi energetici per vettore e per area funzionale (Attività Principali, Servizi Ausiliari, Servizi Generali).
 - **Livello D:** riporta il dettaglio di come il consumo energetico si suddivide nelle "fasi principali del processo". Ad esempio qui per la produzione di vetro, nelle attività principali dovranno essere riportati sia i consumi della fase di preparazione, di quella di fusione, etc etc.. che i relativi output (es. vetro cavato).

Nota metodologica: laddove a valle del forno fusorio siano presenti più linee di produzione dello stesso prodotto, è necessario distinguere i consumi e la destinazione d'uso (i.e. il quantitativo di vetro lavorato) per ciascuna di esse (sono ammesse stime).

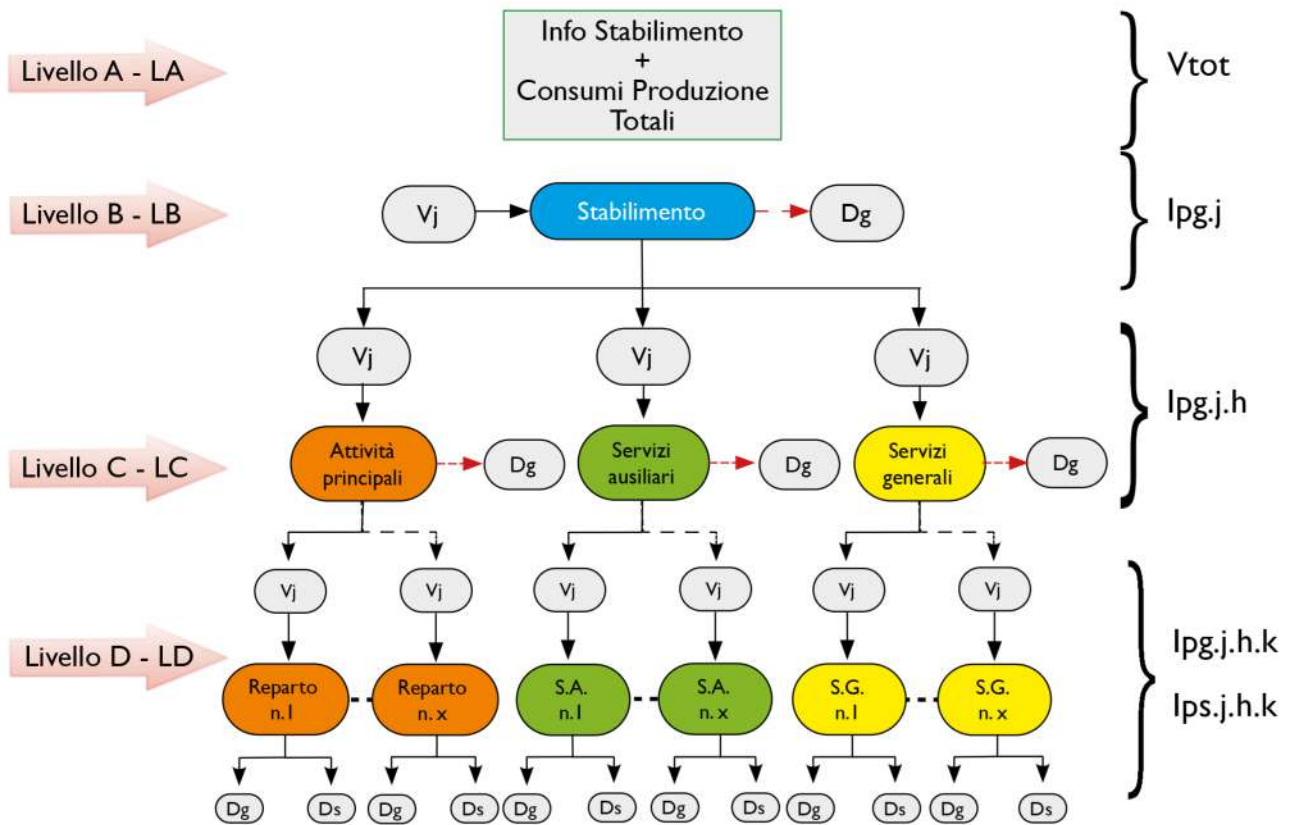
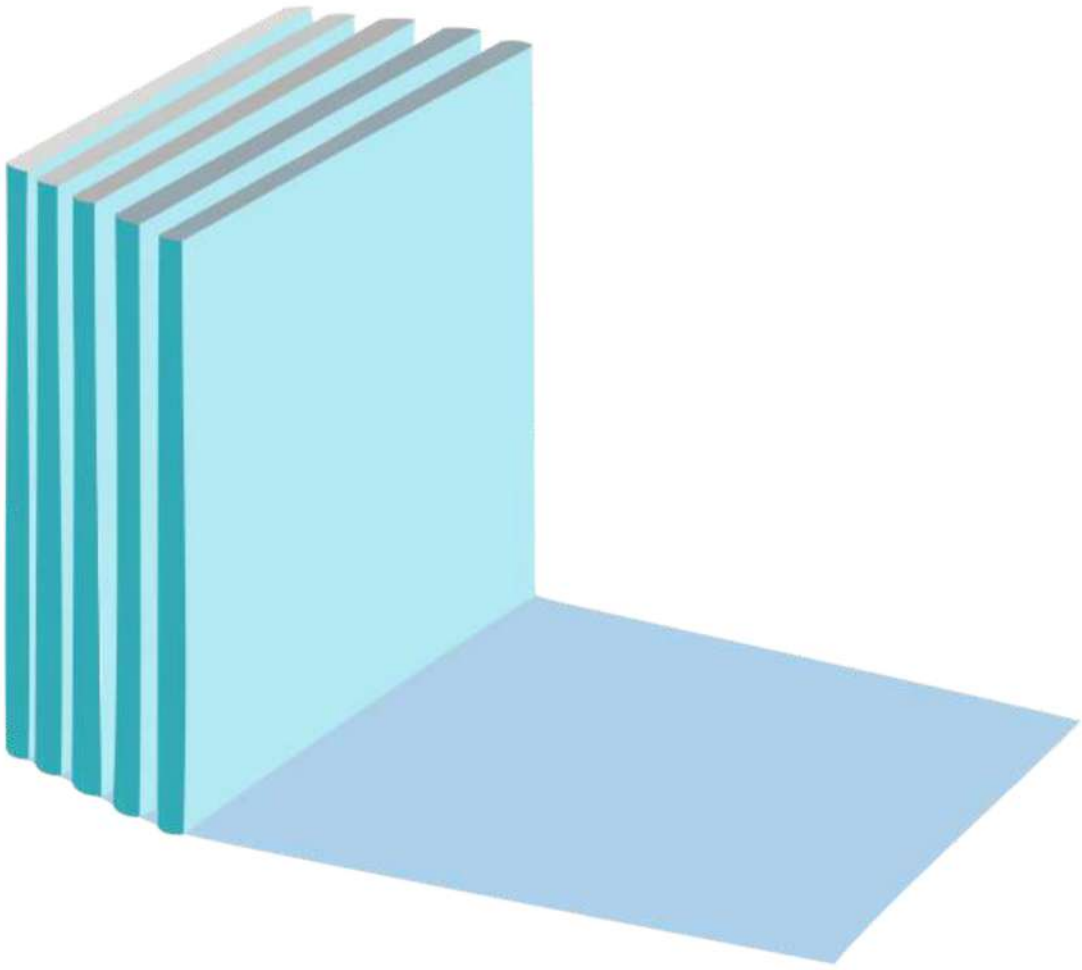
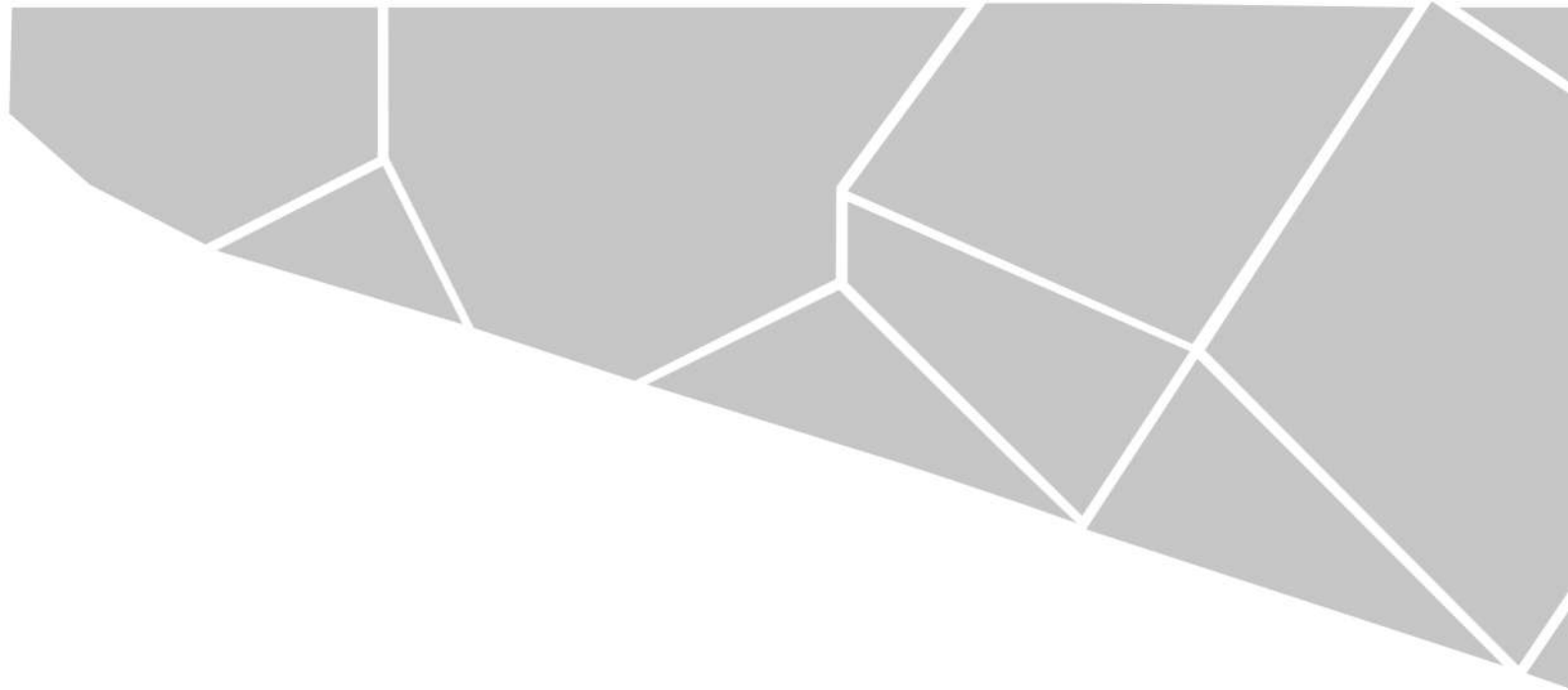


Figura 5 - Schematizzazione della struttura energetica aziendale

Come riportato sulle Linee Guida ENEA [4] è possibile trascurare nei livelli B, C e D i vettori energetici utilizzati in stabilimento che abbiano un'incidenza inferiore al 5% sui consumi globali. Tra questi ad esempio il gasolio per autotrazione l'acetilene, ecc, i quali dovranno comunque essere sempre riportati almeno nel Livello A.





6. VETRO PIANO O VETRO FLOAT

(CODICE ATECO 23.11.00 E 23.12.00)

6

6. Vetro Piano o vetro Float (codice Ateco 23.11.00 e 23.12.00)

In questo paragrafo viene definita la struttura energetica che dovrebbe essere presa in considerazione nel momento in cui si affronta la diagnosi energetica in stabilimenti produttivi relativi alla produzione e lavorazione del vetro piano. Benché le aziende riconducibili al vetro piano possono appartenere a due sotto gruppi merceologici differenti:

- Sottogruppo Ateco 23.11.00 produzione di vetro piano;
- Sottogruppo Ateco 23.12.00 lavorazione di vetro piano.

La filiera può essere considerata come un unico processo produttivo che va dalla produzione del vetro alla sua successiva lavorazione. In quest'ottica è stata realizzata la struttura energetica qui proposta. Chi poi affronterà la diagnosi energetica non dovrà far altro che eliminare le parti di processo che non appartengono al sito produttivo.

6.1 Struttura Energetica vetro piano

La struttura energetica all'interno dell'industria del vetro piano risulta abbastanza omogenea e standardizzabile (Figura 6). Alcune differenze possono esistere soprattutto sulle seconde lavorazioni con riferimento al settore commerciale di indirizzo (building o automotive) o alla tipologia di articolo prodotto (laminato, temprato, ecc.).

Nel processo di produzione di vetro piano gli usi energetici significativi sono (Figura 6):

- la fusione e la formatura del vetro (prime lavorazioni);
- la tempra, la stratificazione e la curvatura (seconde lavorazioni);
- incapsulaggio, estrusione termoplastica e *add on* (terze lavorazioni);
- in misura minore, ma comunque non trascurabile, la produzione di aria compressa (quando non fornita da parti terze) per la movimentazione dei macchinari (trasferitori aerei, *handling*, presse...) e la produzione del vuoto (con i sistemi a effetto Venturi) quando non prodotto direttamente dalle pompe.

Dal diagramma di *Figura 7* risulta evidente quanto l'energia elettrica ed il gas naturale (o in alternativa l'olio combustibile) siano importanti, poiché intervengono, praticamente, in quasi tutte le principali fasi produttive.

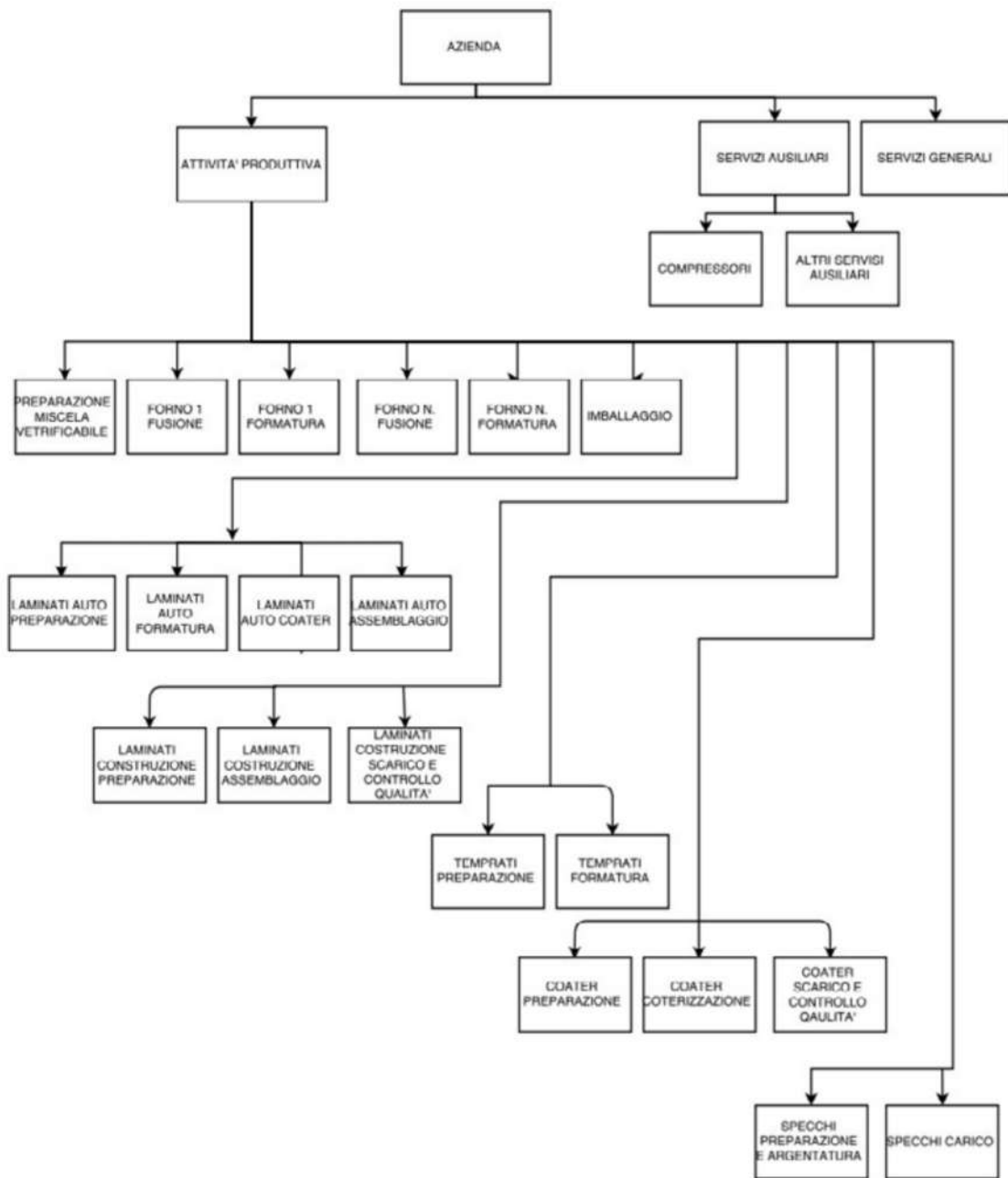


Figura 6 – Diagramma di flusso nel processo di produzione del vetro piano

Per quanto riguarda gli altri processi (es.: l’imballaggio, i servizi ausiliari diversi dall’aria compressa, alcune delle aree funzionali afferenti alle seconde lavorazioni, i servizi generali, etc) presentano spesso consumi energetici trascurabili e comunque inferiori al 5% del consumo energetico totale. Analogamente possono essere trascurati i consumi energetici legati a vettori secondari quali l’acetilene, i gas tecnici, vapore, acqua calda, il gpl e il gasolio.

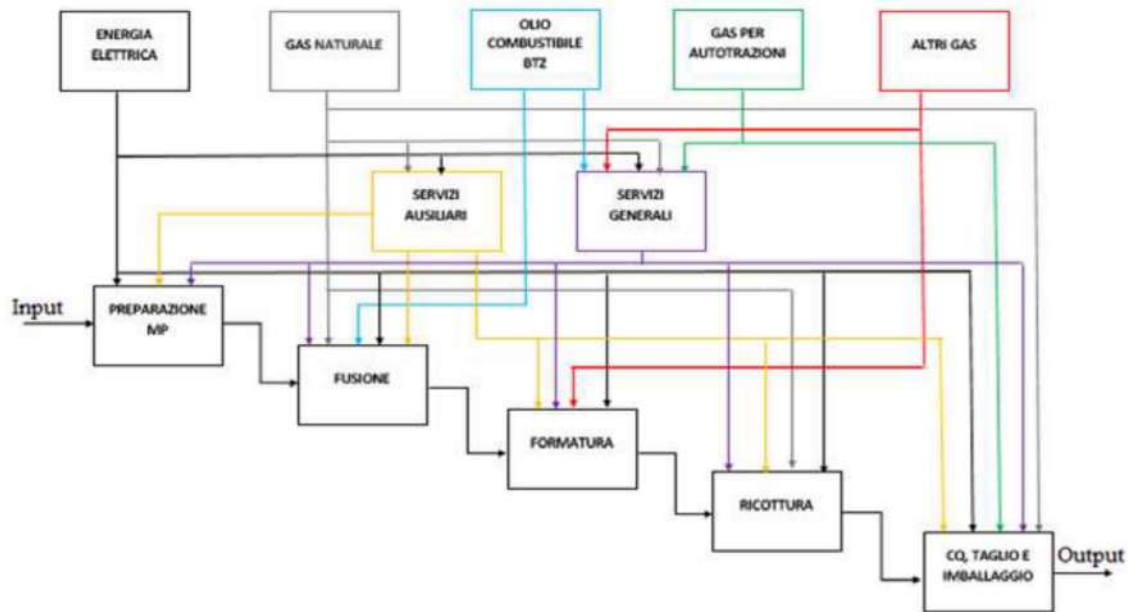


Figura 7 – Ripartizione dei vettori energetici nella produzione di vetro piano

Dettagliando le fasi principali della struttura energetica possiamo trovare:

A. ATTIVITÀ PRINCIPALI:

I. Preparazione miscela vetrificabile:

- ✓ ambito: dal carico delle materie prime;
- ✓ infornaggio, compreso rottame [sollevatori, nastri trasportatori, bilance, impianto trasporto e recupero rottame interno, ecc.];
- ✓ possibile vettore energetico: energia elettrica;
- ✓ consumo energetico previsto: <5% tep (da verificare per singolo vettore energetico e per confronto con il consumo energetico totale calcolato per il livello superiore);
- ✓ destinazione d'uso: cavato vetro (nel calcolo dell'IPS utilizzare il consumo energetico normalizzato al 50% di rottame).

II. Forno n-esimo: Fusione

- ✓ ambito: dall'infornaggio all'uscita del bacino del forno [elettrodi; bruciatori metano o olio combustibile BTZ];
- ✓ possibile vettore energetico: energia elettrica, metano, olio combustibile BTZ;
- ✓ consumo energetico previsto: >20% tep (stima nel caso di forno singolo da verificare per singolo vettore energetico e per confronto con il consumo energetico totale calcolato per il livello superiore);
- ✓ destinazione d'uso: cavato vetro (nel calcolo dell'IPS utilizzare il

consumo energetico normalizzato al 50% di rottame); nel caso di fusione ad ossicombustione si deve dichiarare anche il consumo di ossigeno al fine di ottenere un quadro comparabile tra combustione tradizionale e ossicombustione.

III. Forno n-esimo: Formatura

- ✓ ambito: dall'uscita della colata all'uscita del tunnel di ricottura [bagno stagno; solforazione; raffreddamenti; forno di ricottura; ecc.];
- ✓ possibile fonte energetica: energia elettrica, metano, idrogeno;
- ✓ consumo energetico previsto: >5% tep (stima nel caso di forno singolo - da verificare per singolo vettore energetico e per confronto con il consumo energetico totale calcolato per il livello superiore);
- ✓ destinazione d'uso: cavato vetro (escluso i FEEDERS e non normalizzato).

IV. Imballaggio

- ✓ ambito: dall'uscita della formatura al magazzino, compreso trasporto e movimentazione [controllo qualità; nastri; termo retrazione; taglio; mezzi per movimentazione di proprietà, ecc.];
- ✓ possibile vettore energetico: energia elettrica, metano, gasolio per autotrazione;
- ✓ consumo energetico previsto: <5% tep (da verificare per singolo vettore energetico e per confronto con il consumo energetico totale calcolato per il livello superiore);
- ✓ destinazione d'uso: superficie vetro buono.

V. Laminati Auto: Preparazione

- ✓ ambito: preparazione vetro alle successive fasi di formatura [CBG (*Cut, Break, Grind*), lavaggio, serigrafia, ecc.];
- ✓ possibile vettore energetico : energia elettrica, metano, acqua calda e vapore;
- ✓ consumo energetico previsto: <5% (da verificare per singolo vettore energetico e per confronto con il consumo energetico totale calcolato per il livello superiore);
- ✓ destinazione d'uso: superficie vetro.

VI. Laminati Auto: Formatura

- ✓ ambito: curvatura vetri [carico, forni di curvatura];
- ✓ possibile fonte energetica: energia elettrica, metano;

- ✓ consumo energetico previsto: >5% (da verificare per singolo vettore energetico e per confronto con il consumo energetico totale calcolato per il livello superiore);
- ✓ destinazione d'uso: superficie vetro.

VII. Laminati Auto: Coater

- ✓ ambito: coatizzazione;
- ✓ possibile fonte energetica: energia elettrica;
- ✓ consumo energetico previsto: <5% (da verificare per singolo vettore energetico e per confronto con il consumo energetico totale calcolato per il livello superiore);
- ✓ destinazione d'uso: superficie vetro.

VIII. Laminati Auto: Assemblaggio

- ✓ ambito: assemblaggio [camere bianche, deaerazione cristallini nei forni a borse/mangani e autoclavi];
- ✓ possibile fonte energetica : energia elettrica, metano, vapore;
- ✓ consumo energetico previsto: >5% (da verificare per singolo vettore energetico e per confronto con il consumo energetico totale calcolato per il livello superiore);
- ✓ destinazione d'uso: superficie vetro laminato.

IX. Laminati Costruzione: Preparazione

- ✓ ambito: preparazione vetro alle successive fasi di trasformazione [Scarico del prodotto di base, lavaggio, trasporto in camera di assemblaggio];
- ✓ possibile vettore energetico: energia elettrica, metano, acqua calda e vapore;
- ✓ consumo energetico previsto: <5% (da verificare per singolo vettore energetico e per confronto con il consumo energetico totale calcolato per il livello superiore);
- ✓ destinazione d'uso: superficie vetro accoppiato uscito dopo lo scarico.

X. Laminati Costruzione: Assemblaggio

- ✓ ambito: assemblaggio [assemblaggio in camere bianche, sistema di raffreddamento camera bianca, deaerazione cristallini nei forni a mangani e processo di autoclave compreso produzione vapore per

autoclave];

- ✓ possibile fonte energetica: energia elettrica, metano, vapore;
- ✓ consumo energetico previsto: >5% (da verificare per singolo vettore energetico e per confronto con il consumo energetico totale calcolato per il livello superiore);
- ✓ destinazione d'uso: superficie vetro accoppiato uscito dopo lo scarico.

XI. Laminati Costruzione: Scarico e Controllo Qualità

- ✓ ambito: assemblaggio [Trasporto sulla linea di scarico, scarico, del vetro, controllo qualità, carico del vetro];
- ✓ possibile fonte energetica: energia elettrica, metano, vapore;
- ✓ consumo energetico previsto: : >5% (da verificare per singolo vettore energetico e per confronto con il consumo energetico totale calcolato per il livello superiore);
- ✓ destinazione d'uso: superficie vetro accoppiato uscito dopo lo scarico.

XII. Temperati: Preparazione

- ✓ ambito: preparazione vetro alle successive fasi di formatura [CBG (Cut, Break, Grind), lavaggio, serigrafia];
- ✓ possibile vettore energetico: energia elettrica, metano, acqua calda e vapore;
- ✓ consumo energetico previsto: <5% (da verificare per singolo vettore energetico e per confronto con il consumo energetico totale calcolato per il livello superiore);
- ✓ destinazione d'uso: superficie vetro.

XIII. Temperati: Formatura

- ✓ ambito: curvatura vetri [carico, forni di tempera];
- ✓ possibile vettore energetico: energia elettrica;
- ✓ consumo energetico previsto: >5% (da verificare per singolo vettore energetico e per confronto con il consumo energetico totale calcolato per il livello superiore);
- ✓ destinazione d'uso: superficie vetro.

XIV. Specchi: Preparazione e Argentatura

- ✓ ambito: preparazione vetro alle successive fasi di trasformazione [Scarico del prodotto di base, lavaggio, preparazione chimica della

superficie deposizione dell'argento, verniciatura argento, cottura della vernice];

- ✓ possibile vettore energetico: energia elettrica, metano, acqua calda e vapore;
- ✓ consumo energetico previsto: <5% (da verificare per singolo vettore energetico e per confronto con il consumo energetico totale calcolato per il livello superiore);
- ✓ destinazione d'uso: superficie vetro argentato.

XV. Specchi: Carico

- ✓ ambito: assemblaggio [CBG, Carico e movimentazione a magazzino];
- ✓ possibile fonte energetica : energia elettrica;
- ✓ consumo energetico previsto: <5% (da verificare per singolo vettore energetico e per confronto con il consumo energetico totale calcolato per il livello superiore);
- ✓ destinazione d'uso: superficie vetro argentato.

XVI. Coater: Preparazione

- ✓ ambito: preparazione vetro alle successive fasi di trasformazione [Scarico del prodotto di base, lavaggio, asciugatura e trasporto in camera di coaterizzazione];
- ✓ possibile vettore energetico : energia elettrica, acqua calda;
- ✓ consumo energetico previsto: <5% (da verificare per singolo vettore energetico e per confronto con il consumo energetico totale calcolato per il livello superiore);
- ✓ destinazione d'uso: superficie vetro cotizzato.

XVII. Coater: Coterizzazione

- ✓ ambito: Coater [Energia del tunnel di coterizzazione, compreso gli ausiliari del solo processo di coterizzazione];
- ✓ possibile fonte energetica: energia elettrica;
- ✓ consumo energetico previsto: <5% (da verificare per singolo vettore energetico e per confronto con il consumo energetico totale calcolato per il livello superiore);
- ✓ destinazione d'uso: superficie vetro cotizzato.

XVIII. Coater: Scarico e Controllo Qualità

- ✓ ambito: assemblaggio [Controllo qualità e carico del vetro];
- ✓ possibile fonte energetica: energia elettrica;

- ✓ consumo energetico previsto: <5% (da verificare per singolo vettore energetico e per confronto con il consumo energetico totale calcolato per il livello superiore);
- ✓ destinazione d'uso: superficie vetro cotizzato.

B. SERVIZI AUSILIARI

I. IMPIANTO ARIA COMPRESSA

- ✓ ambito: compressori produzione aria compressa;
- ✓ possibile fonte energetica: energia elettrica;
- ✓ consumo energetico previsto: <5% tep (da verificare per singolo vettore energetico e per confronto con il consumo energetico totale calcolato per il livello superiore);
- ✓ destinazione d'uso: superficie vetro (inteso come somma di tutto il vetro prodotto; float, stratifica, argentatura, coater, dalle linee + vetro esterno acquistato e lavorato in stabilimento; è escluso il vetro comprato e rivenduto direttamente).

II. ALTRI SERVIZI AUSILIARI

- ✓ ambito: impianto acque di raffreddamento e di lavaggio vetri dal prelievo dell'acqua al trattamento finale e riciclo; impianto filtrazione emissioni in atmosfera, compreso ventilatore; raffreddamenti; aria comburente, ecc.
- ✓ possibile fonte energetica: energia elettrica, metano;
- ✓ consumo energetico previsto: < 5% tep (da verificare per singolo vettore energetico e per confronto con il consumo energetico totale calcolato per il livello superiore);
- ✓ destinazione d'uso: superficie vetro (inteso come somma di tutto il vetro prodotto; float, stratifica, argentatura, coater, dalle linee + vetro esterno acquistato e lavorato in stabilimento; è escluso il vetro comprato e rivenduto direttamente).

C. SERVIZI GENERALI

III. SERVIZI GENERALI

- ✓ ambito: centrali termiche ; condizionamento; illuminazione, gruppo elettrogeno, ecc.
- ✓ possibile vettore energetico: energia elettrica, metano, olio BTZ,

carburanti per autotrazione, ecc.

- ✓ consumo energetico previsto: <5% tep (da verificare per singolo vettore energetico e per confronto con il consumo energetico totale calcolato per il livello superiore);
- ✓ destinazione d'uso: superficie vetro (inteso come somma di tutto il vetro prodotto; *float*, stratifica, argentatura, *coater*, dalle linee + vetro esterno acquistato e lavorato in stabilimento; è escluso il vetro comprato e rivenduto direttamente).

6.2 Analisi dei consumi energetici

Per analizzare i consumi energetici di un qualsivoglia stabilimento produttivo è necessario che questi vengano normalizzati con i fattori di aggiustamento o “*driver di consumo*” corretti in modo tale da individuare degli Indici di Prestazione Energetica che siano realmente rappresentativi e confrontabili.

Questi “*driver di consumo*” possono essere differenti in funzione del livello energetico ed in funzione dello specifico processo che si va ad analizzare.

In particolare, è possibile individuare i seguenti parametri correttivi o “*driver di consumo*” per i differenti Livelli della struttura energetica proposta da ENEA:

- Livelli A, B e C, quantità di vetro prodotto (cavato in tonnellate/anno) e quantità di rottame utilizzato (rottame in tonnellate/anno).
- Livello D – Attività Principale: Preparazione e fusione quantità di vetro prodotto (cavato in tonnellate/anno) e quantità di rottame utilizzato (rottame in tonnellate/anno). In particolare:
 - Formatura quantità di vetro prodotto (cavato in tonnellate/anno);
 - Altre lavorazioni (seconde e terze lavorazioni) quantità di vetro trattato (tonnellate/anno) in alternativa, ma fortemente sconsigliato superficie di vetro lavorata ($m^2/anno$);
 - Imballaggio quantità di vetro prodotto (cavato in tonnellate/anno) e quantità di vetro imballato (tonnellate/anno).
- Livello D – Servizi ausiliari: quantità di vetro prodotto (cavato in tonnellate/anno) o quantità di vetro lavorato (tonnellate/anno) e se disponibile quantità di aria compressa prodotta ed utilizzata ($Nm^3/anno$).
- Livello D – Servizi generali: quantità di vetro prodotto (cavato in tonnellate/anno) e superficie locali climatizzati.

Per la determinazione degli Indici di Prestazione Energetica Specifici (IPS) per la fase di preparazione della miscela vetrificabile e di fusione, come anche indicato nelle BAT di settore [3], bisogna ricondursi ad un consumo energetico normalizzato al 50% di rottame. Questa normalizzazione permette un confronto prestazionale oggettivo tra le diverse realtà produttive, non influenzato da componenti esterne quali la quantità di rottame introdotto nel forno. La riduzione del consumo energetico legato all'aumento dell'uso del rottame non è infatti legata alle prestazioni della macchina, ma alla possibilità di approvvigionamento di rottame di qualità e alla qualità di vetro prodotto.

Nel calcolo dell'Indice Prestazionale Specifico (IPS) relativo al livello LD della struttura energetica proposta da ENEA deve essere applicata la seguente formula:

$$IPE50\% = \frac{\frac{\text{Consumo energetico totale}}{1 + \frac{(50 - \text{percentuale rottame\%}) * 0,025}{10}}}{\text{Cavato}}$$

6.3 Risultanze delle diagnosi energetiche ripartizione dei consumi ed indici di prestazione energetica

Come evidenziato precedentemente i codici Ateco che riguardano la produzione e lavorazione del vetro piano sono rispettivamente il 23.11.00 ed il 23.12.00. I siti che hanno presentato la diagnosi energetica afferenti alla produzione e lavorazione di vetro piano sono circa il 44% del totale dei siti riconducibili alla produzione del vetro. Bisogna però evidenziare come nel panorama italiano [1], i siti che producono vetro float sono meno del 10% dei siti che lavorano il vetro piano.

6.3.1 Codice Ateco 23.11.00 “Fabbricazione del vetro piano”

Per quanto riguarda il codice Ateco 23.11.00 “Fabbricazione del vetro piano” l'analisi delle diagnosi ha evidenziato come i consumi energetici legati al processo produttivo del vetro piano abbiano una netta prevalenza nell'utilizzo del calore. In particolare, nel diagramma riportato in Figura 8, è possibile osservare come l'energia termica richiesta abbia un'incidenza del 91% rispetto ai consumi totali ed il rimanente 9% è imputato al consumo di energia elettrica. Andando ad analizzare la suddivisione dei consumi energetici per le differenti aree funzionali (Figura 9), è possibile osservare come circa il 94% del consumo totale di energia è imputabile alle attività principali, il restante 6% risulta imputabile ai servizi ausiliari per il 4% ed ai servizi generali per il 2%.

Codice Ateco 23.11.00: Incidenza dei vettori energetici

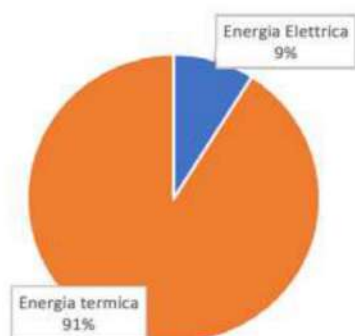


Figura 8 – Codice Ateco 23.11.00: Incidenza dei vettori energetici

Ripartizione consumi energetici totali

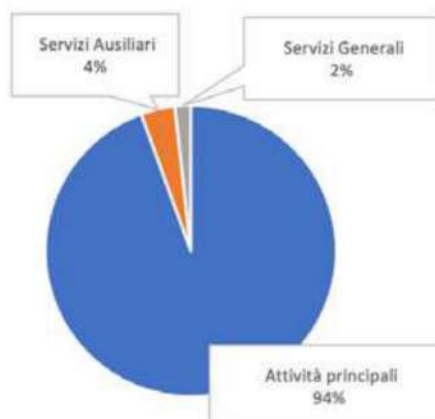


Figura 9 - Codice Ateco 23.11.00: Ripartizione dei consumi energetici tra le aree funzionali

Di questi, come evidenziano i diagrammi riportati in *Figura 10*, le attività principali sono caratterizzate da una netta prevalenza (circa il 95% del consumo totale dell'attività principale) del consumo termico (GN o Olio combustibile) e al contrario i servizi ausiliari presentano una predominanza del consumo elettrico (88% del consumo totale dei servizi ausiliari) rispetto al consumo termico.

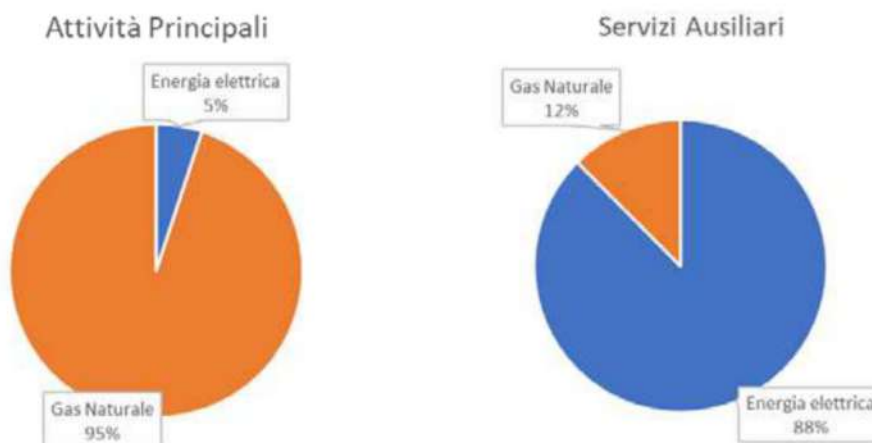


Figura 10 - Codice ATECO 23.11.00: Incidenza dei vettori energetici nelle attività principali e sui servizi ausiliari

Benchè per il codice Ateco 23.11.00 il numero delle diagnosi energetiche presenti nella banca dati ENEA fosse esiguo è stato possibile determinare con buona affidabilità degli indici di prestazione energetica di primo livello (*Tabella 3*).

Gli indici individuati di prestazione energetica individuati debbono considerarsi riferiti ai consumi finali di energia e non a consumi primari.

Tabella 3 – Sottogruppo Ateco 23.11.00 – Indici di primo livello: Globale, Elettrico e Termico

23.11.00: IPE Globale				
Campo variazione produzione		IPE	Affidabilità	
Min	Max			
t	t	MJ/t	Coeff. di Variazione	Affidabilità
170.000	250.000	7.039 ± 367	5,2 %	ALTA
23.11.00: IPE Elettrico				
Campo variazione produzione		IPE	Affidabilità	
Min	Max			
t	t	MJ/t	Coeff. di Variazione	Affidabilità
170.000	250.000	592 ± 186	31,4 %	MEDIA
23.11.00: IPE Termico				
Campo variazione produzione		IPE	Affidabilità	
Min	Max			
t	t	MJ/t	Coeff. di Variazione	Affidabilità
170.000	250.000	6.445 ± 370	5,7%	ALTA

Osservazione sul campione statistico: il campione dati è limitato, tuttavia l'analisi dati delle diagnosi relative alla produzione di vetro piano ha permesso di determinare degli indici di prestazione energetici caratteristici con una buona affidabilità nel campo di esistenza riportato.

Si fa però presente che i siti produttivi presentano produzioni di due tipologie differenti, intesi per usi e mercati differenti. Ciascuna produzione potrebbe risentire di specializzazioni produttive che potrebbero rendere l'analisi poco significativa in termini di media per tutto il codice merceologico che si intende rappresentare.

Analizzando nel dettaglio le diagnosi energetiche afferenti al codice Ateco 23.11.00 è stato possibile isolare il consumo energetico afferente alla fase di fusione, è stato quindi individuato un indice di prestazione energetico della fase di fusione relativo ai forni "Side Port". Anche in questo caso l'indice di prestazione energetico individuato deve essere considerato come un indice relativo ai consumi finali di energia e non consumi primari (Tabella 4).

23.11.00: IPE globale medio forni Side Port				
Campo variazione produzione		IPE	Affidabilità	
Min	Max		Coeff. di Variazione	Affidabilità
t/g	t/g	MJ/t		
480	660	6.320 ± 620	10,2 %	ALTA

Tabella 4 - Sottogruppo Ateco 23.11.00 – Indice globale di secondo livello: fase di fusione - forni side-port

6.3.2 Codice Ateco 23.12.00 “Lavorazione e trasformazione del vetro piano”

L’analisi delle diagnosi energetiche del sottogruppo Ateco 23.12.00 “Lavorazione e trasformazione del vetro piano” ha evidenziato una forte eterogeneità sia nei prodotti che nei processi. Tale eterogeneità viene evidenziata anche dall’utilizzo, nella rappresentazione della produzione, di differenti unità di misura. Le 45 diagnosi energetiche pervenute sono state pertanto così suddivise:

- 28 diagnosi energetiche con produzione espressa in metri quadri [m²];
- 8 diagnosi energetiche con produzione espressa in massa [t];
- 4 diagnosi energetiche con produzione espressa in numero di pezzi [pz];
- 2 diagnosi energetiche con produzione espressa in volume [m³];
- 3 diagnosi energetiche con produzioni espresse in ore lavorate [h].

L’analisi si è pertanto concentrata sui primi due gruppi di diagnosi energetiche e cioè quelle con produzione espressa in metri quadri ed in massa. Il sottogruppo Ateco 23.12.00 è caratterizzato principalmente da seconde o terze lavorazioni. Tale peculiarità comporta una netta predominanza del consumo di energia elettrica rispetto a quella termica. Nel grafico di *Figura 11* è possibile osservare come il consumo elettrico incida per circa l’80% sui consumi totali e solo il restante 20% è relativo ad un consumo termico. In *Figura 12* è riportata la ripartizione dei consumi termici ed elettrici nelle diverse aree funzionali, in particolare il consumo elettrico è concentrato principalmente sulle attività principali con un’incidenza di circa il 78% e sui servizi ausiliari con un’incidenza del 16% con solo un 6% del consumo elettrico imputabile ai servizi generali. Situazione completamente diversa per il consumo termico dove risulta essere concentrato in egual maniera, con un’incidenza del 45% sia sulle attività principali che sui servizi generali, mentre i servizi ausiliare presentano solamente una quota di consumo termico pari al 10%.

Incidenza dei vettori energetici

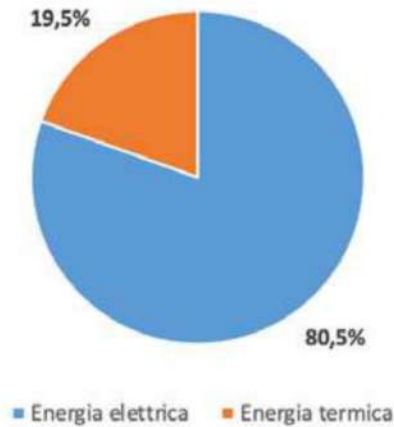


Figura 11 – Codice Ateco 23.12.00: Incidenza dei vettori energetici sul processo di lavorazione del vetro

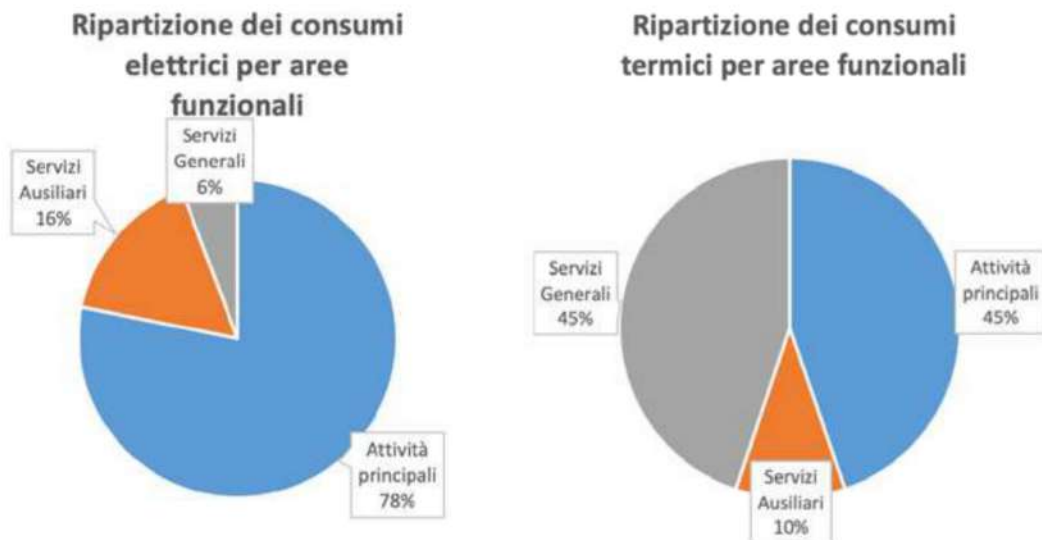


Figura 12 – Codice Ateco 23.12.00: Ripartizione dei consumi elettrici e termici sulle differenti aree funzionali

Per quanto riguarda la determinazione degli indici di prestazione energetica, questi sono stati calcolati sia rispetto alla lavorazione del vetro in tonnellate che in metri quadri.

Causa l'elevata eterogeneità del campione dati non è stato possibile individuare indici di prestazione energetica di secondo livello per il sotto-gruppo Ateco 23.12.00.

6.3.3 Indici di prestazione energetica riferiti alle tonnellate di vetro lavorato

Per quanto riguarda la lavorazione del vetro con produzione espressa in tonnellata è stato possibile ricavare l'indice di prestazione energetica di primo livello, globale, elettrico e termico (Tabella 5).

Gli indici individuati di prestazione energetica individuati debbono considerarsi riferiti ai consumi finali di energia e non a consumi primari.

23.12.00: IPE Globale				
Campo variazione produzione		IPE	Affidabilità	
Min	Max		Coeff. di Variazione	Affidabilità
t	t	MJ/t		
1.500	7.500	2.367 ± 787	33,2%	MEDIA
23.12.00: IPE Elettrico				
Campo variazione produzione		IPE	Affidabilità	
Min	Max		Coeff. di Variazione	Affidabilità
t	t	MJ/t		
1.500	7.500	2.414 ± 567	23,5%	MEDIA
23.12.00: IPE Termico				
Campo variazione produzione		IPE	Affidabilità	
Min	Max		Coeff. di Variazione	Affidabilità
t	t	MJ/t		
1.500	7.500	169 ± 142	84,0%	BASSA

Tabella 5 - Sottogruppo Ateco 23.12.00 – Indici di primo livello per produzioni espresse in tonnellate: Globale, Elettrico e Termico

Osservazione sul campione statistico: il campione dati ricavato risulta essere poco omogeneo in quanto presenta una notevole varietà di seconde e terze lavorazioni che non è stato possibile aggregare ulteriormente.

6.3.4 Indici di prestazione energetica riferiti ai metri quadri di vetro lavorato

Per quanto riguarda la lavorazione del vetro con produzione espressa in metri quadri è stato possibile ricavare l'indice di prestazione energetica di primo livello riferito solo al consumo globale e al consumo elettrico (Tabella 6).

I dati relativi al consumo termico presentano un'elevata eterogeneità non correlata con i livelli di produzione.

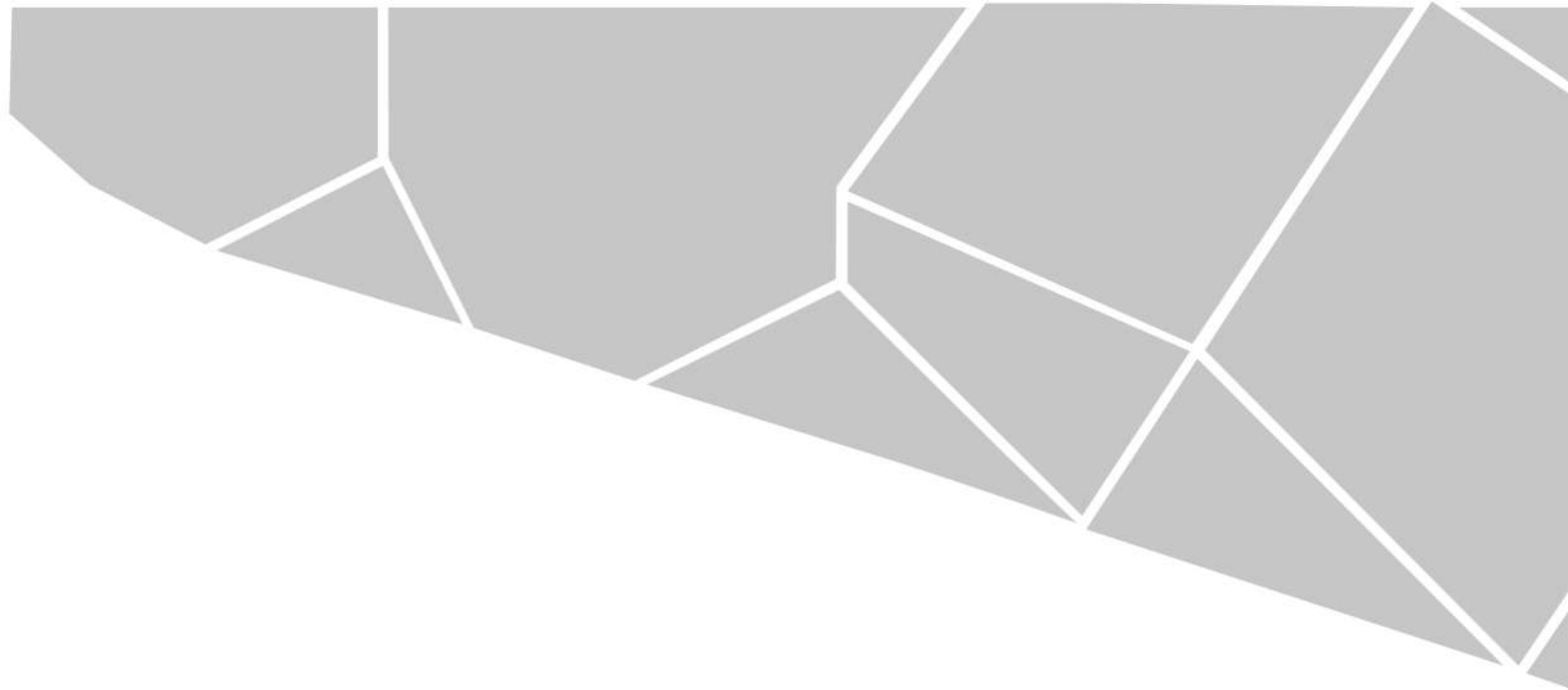
Gli indici individuati di prestazione energetica individuati sono riferiti ai consumi finali di energia e non a consumi primari.

23.12.00: IPE Globale				
Campo di variazione produzione		IPE	Affidabilità	
Min	Max		Coeff. di Variazione	Affidabilità
m ²	m ²	MJ/m ²		
30.000	99.999	127 ± 56	44,1%	MEDIA
100.000	900.000	53 ± 26	49,1%	MEDIA
23.12.00: IPE Elettrico				
Campo di variazione produzione		IPE	Affidabilità	
Min	Max		Coeff. di Variazione	Affidabilità
m ²	m ²	MJ/m ²		
30.000	290.000	63,2 ± 37,2	58,9%	MEDIA
640.000	890.000	45,9 ± 19,2	41,8%	MEDIA

Tabella 6 - Sottogruppo Ateco 23.12.00 – Indici di primo livello per produzioni espresso in metri quadri: Globale ed Elettrico

Osservazione sul campione statistico: il campione dati ricavato risulta essere poco omogeneo in quanto presenta una notevole varietà di seconde e terze lavorazioni che non è stato possibile aggregare ulteriormente. Inoltre la produzione espressa solamente in metri quadri crea un'ulteriore difficoltà nel rendere omogenei i dati.

Questa elevata eterogeneità del campione dati non ha permesso l'individuazione di un indice di prestazione energetica termico riferito alle produzioni in metri quadri.





VETRO CAVO PER LA
PRODUZIONE DI IMBALLAGGI
ALIMENTARI
(SOTTOGRUPPO ATECO 23.13.00)



7

7. Vetro Cavo per la produzione di imballaggi alimentari (Sottogruppo Ateco 23.13.00)

In questo capitolo viene definita la struttura energetica che dovrebbe essere presa in considerazione nel momento in cui si affronta la diagnosi energetica in stabilimenti produttivi relativi alla produzione di vetro cavo per la produzione di imballaggi alimentari.

7.1 Struttura Energetica vetro cavo

La struttura energetica dell'industria del vetro cavo (Figura 13) risulta abbastanza omogenea e standardizzabile.

I principali consumi energetici derivano dalla fusione e formatura del vetro e, in misura minore, ma comunque significativa, dalla produzione di aria compressa per la movimentazione e funzionamento dei macchinari, in particolare per le macchine di formatura.

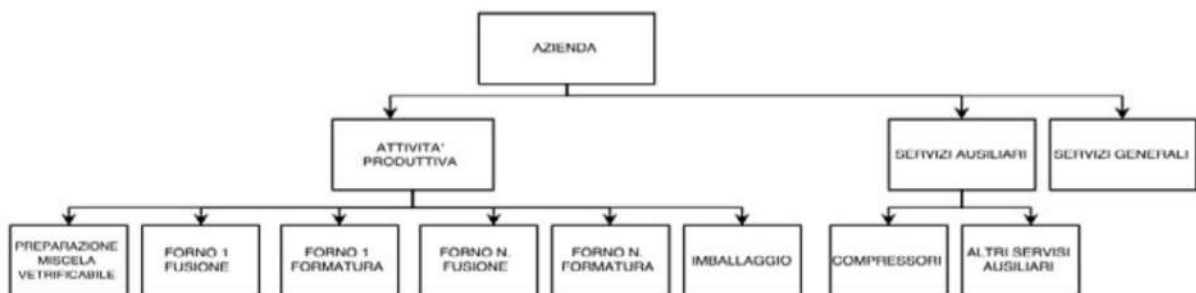


Figura 13 - Diagramma di Flusso nel processo di produzione del vetro cavo

Dettagliando le fasi principali della struttura energetica possiamo trovare:

A. ATTIVITÀ PRINCIPALI

I. Preparazione miscela vetrificabile

- ✓ ambito: dal carico delle materie prime all'infornaggio, compreso rottame [sollevatori, nastri trasportatori, bilance, impianto trasporto e recupero rottame interno, ecc.];
- ✓ possibile vettore energetico: energia elettrica, combustibile per autotrazione (marginale);
- ✓ consumo energetico previsto: <5% del totale (da verificare per singolo vettore energetico e per confronto con il consumo energetico totale calcolato per il livello superiore);

- ✓ destinazione d'uso: cavato vetro (nel calcolo dell'IPS utilizzare il consumo energetico normalizzato al 50% di rottame).

II. Forno n-esimo: Fusione

- ✓ ambito: dall'inforaggio all'uscita del bacino del forno [elettrodi; bruciatori metano o olio combustibile BTZ];
- ✓ possibile vettore energetico: energia elettrica, metano, olio combustibile BTZ, ossigeno;
- ✓ consumo energetico previsto: >60% del totale (stima nel caso di forno singolo - da verificare per singolo vettore energetico e per confronto con il consumo energetico totale calcolato per il livello superiore);
- ✓ destinazione d'uso: cavato vetro (nel calcolo dell'IPS utilizzare il consumo energetico normalizzato al 50% di rottame); nel caso di fusione ad ossicombustione si deve contabilizzare anche il consumo di ossigeno acquistato (i.e. non autoprodotta in situ), al fine di ottenere un quadro comparabile tra combustione tradizionale e ossicombustione.

III. Forno n-esimo: Formatura

- ✓ ambito: dall'uscita del bacino del forno all'uscita del forno di ricottura [canali di condizionamento; macchine formatura; scivolatura automatica; bruciatori per riscaldamento trasportatori; trattamento a caldo; forni preriscaldamento stampi; forni di ricottura; trattamento a freddo] possibile vettore energetico: energia elettrica, metano; gas tecnici;
- ✓ consumo energetico previsto: >10% tep (stima nel caso di forno singolo - da verificare per singolo vettore energetico e per confronto con il consumo energetico totale calcolato per il livello superiore);
- ✓ destinazione d'uso: cavato vetro.

IV. Imballaggio

- ✓ ambito: dall'uscita del trattamento a freddo al magazzino, compreso trasporto e movimentazione [controllo qualità; nastri; termo retrazione; mezzi per movimentazione di proprietà; ecc.];
- ✓ possibile vettore energetico: energia elettrica, metano, gasolio per autotrazione;

- ✓ consumo energetico previsto: <5% tep (da verificare per singolo vettore energetico e per confronto con il consumo energetico totale calcolato per il livello superiore);
- ✓ destinazione d'uso: cavato vetro.

B. SERVIZI AUSILIARI

I. Impianto aria compressa

- ✓ ambito: compressori produzione aria compressa;
- ✓ possibile vettore energetico: energia elettrica;
- ✓ consumo energetico previsto: >5% tep (da verificare per singolo vettore energetico e per confronto con il consumo energetico totale calcolato per il livello superiore);
- ✓ destinazione d'uso: cavato vetro.

II. Altri servizi ausiliari

- ✓ ambito: impianto acque di raffreddamento formatura, dal prelievo al trattamento finale e riciclo; raffreddamenti; aria comburente; impianto filtrazione emissioni in atmosfera, compreso ventilatore; ecc.
- ✓ possibile vettore energetico: energia elettrica, metano, gas tecnici;
- ✓ consumo energetico previsto: >5% tep (da verificare per singolo vettore energetico e per confronto con il consumo energetico totale calcolato per il livello superiore);
- ✓ destinazione d'uso: cavato vetro.

C. SERVIZI GENERALI

- ✓ ambito: centrali termiche; condizionamento; illuminazione, gruppo elettrogeno, ecc.
- ✓ possibile vettore energetico: energia elettrica, metano, olio BTZ, carburanti per autotrazione, ecc.
- ✓ consumo energetico previsto: <5% tep (da verificare per singolo vettore energetico e per confronto con il consumo energetico totale calcolato per il livello superiore);
- ✓ destinazione d'uso: cavato vetro.

La preparazione della miscela vetrificabile, l'imballaggio e i servizi generali risultano tutti generalmente inferiori al 5% del consumo energetico complessivo,

e pertanto non sono stati suddivisi in ulteriori aree funzionali. Allo stesso modo non sono stati “approfonditi” i consumi energetici legati a vettori secondari quali l’acetilene, i gas tecnici, vapore, acqua calda, il gpl e il gasolio, in quanto singolarmente inferiori al 5% del consumo totale di stabilimento.

7.2 I vettori energetici

La tipologia di vettori energetici impiegati nella produzione del vetro cavo dipende dal tipo di azienda e dalle singole scelte di politica energetica adottate: tipicamente si tratta di energia elettrica, metano ed olio combustibile BTZ. Gli altri vettori hanno un peso minore sul consumo energetico complessivo (generalmente marginale, i.e. < 5%), e comprendono principalmente gasolio per autotrazione e per i generatori di emergenza, e gas tecnici (e.g. acetilene per stampi e saldature, ossigeno). In rari casi possono essere presenti anche forniture di energia da fonti esterne, quali vapore e acqua calda.

Nel caso di forni ad ossicombustione in cui l’ossigeno comburente non venga totalmente autoprodotta in situ, il quantitativo di ossigeno acquistato deve essere specificato nella diagnosi, affinché i consumi di energia primaria (tep) associati alla sua generazione possano essere debitamente contabilizzati.

L’autoproduzione di elettricità dai cascami energetici del forno fusorio o mediante altri mezzi (e.g. solare o eolico) risulta al momento sostanzialmente marginale, seppur in progressiva diffusione.

I vettori energetici individuabili all’interno dell’industria del vetro cavo sono pertanto:

1. *Energia elettrica;*
2. *Metano;*
3. *Olio combustibile BTZ;*
4. *Ossigeno per ossicombustione (se acquistato);*
5. *Gasolio per autotrazione;*
6. *Altri (gas tecnici, vapore, acqua calda, ecc.).*