



ISO 14955-2: Metodologia di Misura dell'Efficienza Energetica nelle Macchine Utensili

La ISO 14955-2 rappresenta il "braccio operativo" della normativa sull'ecodesign delle macchine utensili. Mentre la parte 1 definisce i principi generali, la parte 2 stabilisce rigorosamente come misurare l'energia fornita alla macchina e ai suoi componenti in modo riproducibile e documentabile.

L'obiettivo della norma non è quello di definire se una macchina "consuma tanto o consuma poco", ma è quello di fornire ai progettisti una metodologia standard per raccogliere dati solidi. Questi dati sono fondamentali per progettare macchine più efficienti, documentare i miglioramenti tecnici e stimare con precisione l'energia associata alla produzione di un singolo pezzo o di un intero ciclo produttivo.

La Filosofia della Misura: Dai Dati Qualitativi ai Numeri Oggettivi

Il cuore della norma ISO 14955-2 risiede in un principio fondamentale: l'efficienza energetica si valuta misurando, non "intuendo". Sebbene la norma ammetta l'uso di stime in circostanze specifiche, queste rappresentano l'eccezione e non la regola. Un'applicazione corretta della norma richiede il passaggio da supposizioni qualitative a dati numerici oggettivi.

Misura come Prerequisito

Un report dichiarato "in conformità alla 14955-2" che non presenta misure reali è in diretto contrasto con lo spirito della norma. La credibilità tecnica si basa su dati tracciabili, una descrizione chiara del setup di misura e la dichiarazione dell'incertezza associata.

Il Ruolo delle Stime

Le stime sono consentite solo per utenze minori o difficilmente strumentabili (es. piccole pompe ausiliarie). Tuttavia, ogni stima deve essere accompagnata da assunzioni esplicite e giustificate nel report tecnico, mantenendo la trasparenza metodologica.

Obiettivo Finale

Lo scopo è trasformare l'analisi energetica da una check-list formale a uno strumento ingegneristico. Senza misura fisica diretta, non esiste una vera applicazione della norma e non si possono ottenere benchmark affidabili per l'R&S.

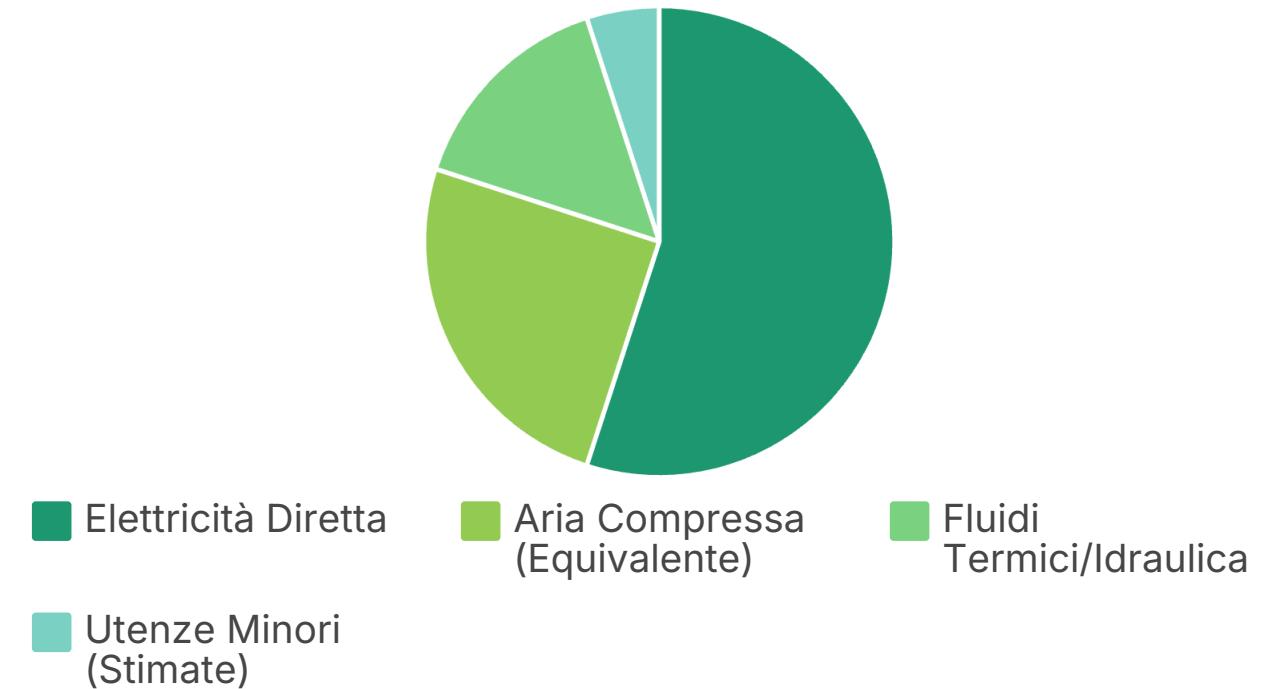
Cosa Misurare: La Regola dell'80% e l'Energia Equivalente

Per ottenere un bilancio energetico rappresentativo senza complicare eccessivamente il setup di misura, è necessario adottare una logica operativa pragmatica. L'obiettivo minimo deve essere la copertura di almeno l'80% dei consumi reali della macchina.

Questo include i carichi principali come i quadri macchina, gli azionamenti principali e le principali periferiche: chiller, aspiratori, pompe ad alta pressione. La parte residua (circa il 20%) può essere stimata o, in casi specifici, trascurata purché tale esclusione sia motivata esplicitamente nella definizione dei confini del sistema.

□ Electrical Energy Equivalent

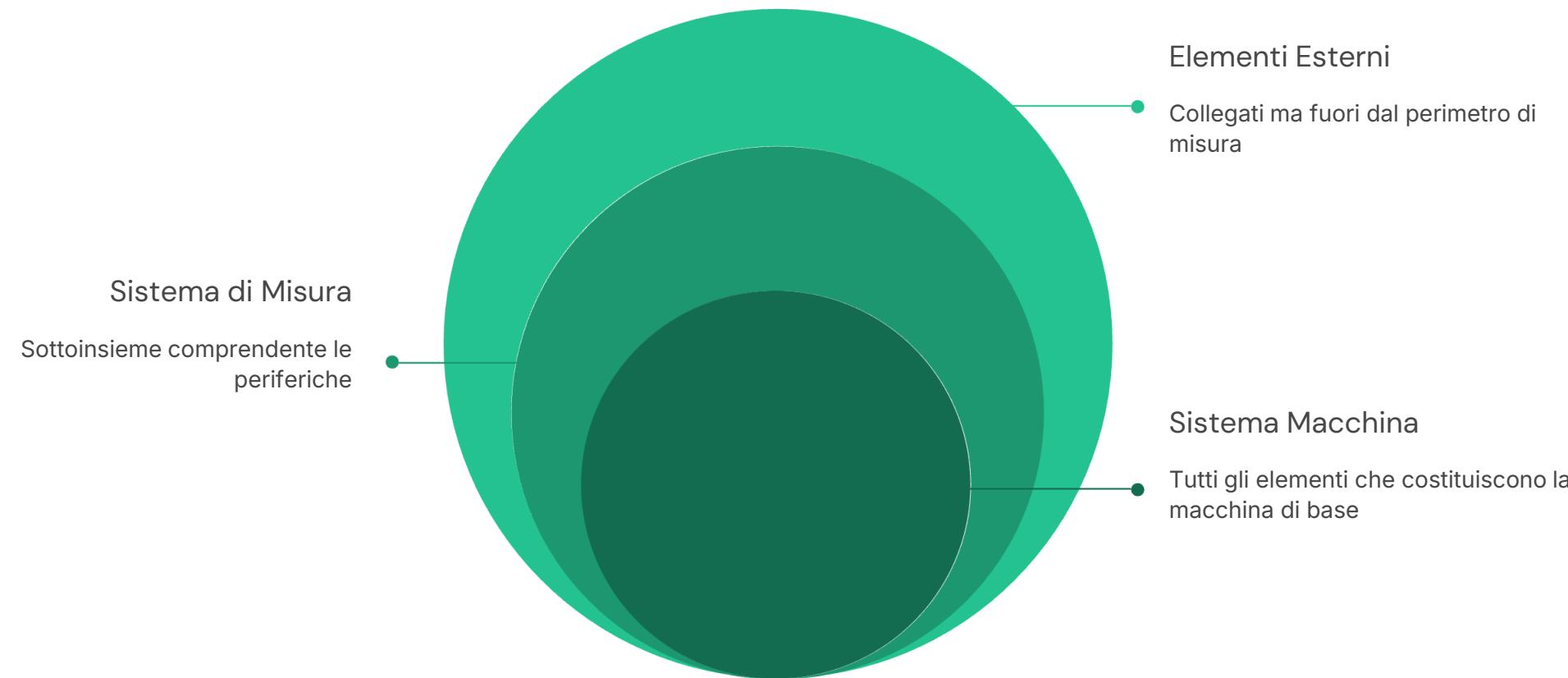
La norma introduce il concetto cruciale di "energia elettrica equivalente" per uniformare vettori diversi (elettricità, aria compressa, calore) sotto un unico denominatore misurabile in kWh.



Esempio di ripartizione dell'energia equivalente in un centro di lavoro complesso, dove i vettori non elettrici hanno un peso significativo.

Confini del Sistema: Macchina vs. Sistema di Misura

La definizione dei confini (boundaries) è il primo passo critico dell'analisi. La norma distingue nettamente tra il "Sistema Macchina" (tutto ciò che concorre alla funzione) e il "Sistema di Misura" (il sottoinsieme effettivamente strumentato).



1 Inclusioni Tipiche

Un chiller fornito specificamente con la macchina rientra quasi sempre nel perimetro di misura. Anche i nastri trasportatori trucioli integrati sono parte del sistema.

2 Esclusioni Motivate

Utenze centralizzate di stabilimento (es. aspirazione fumi generale) o componenti usati raramente (es. pompe ausiliarie attive <10% del tempo) possono essere escluse, ma la decisione deve essere trasparente.

Scenari di Prova: Regime Campione vs. Regime Specifico

La norma costruisce l'intera metodologia di misura attorno al concetto di "regime di turno" (shift regime), definendo la durata degli stati operativi (OFF, READY, PROCESSING) all'interno di un periodo di valutazione di 24 ore.

Regime di Turno Campione

È lo standard di riferimento "di base" (Sample Shift Regime), composto tipicamente da: 4 ore OFF, 4 ore READY, 16 ore PROCESSING.

Utilizzo: Ideale per confronti interni tra macchine simili, per la documentazione tecnica di base e per fornire dati standardizzati in fase di vendita. Rappresenta una media teorica di 2,5 turni.

Regime di Turno Specifico

Derivato dai dati reali di produzione, log macchina o sistemi MES. Può includere stati aggiuntivi come warm-up, setup, manutenzione o attrezzaggio.

Utilizzo: Fondamentale quando si vuole tracciare un profilo energetico realistico legato al contesto d'uso specifico del cliente. Permette di "clusterizzare" attività simili per un'analisi di dettaglio.

Nota Tecnica: La scelta tra i due regimi cambia radicalmente i risultati finali. Il regime specifico è preferibile per audit energetici, mentre il campione è utile per il benchmarking R&S.

Strategie di Misura: Machine-based vs. Task-based

Non esiste un metodo "giusto" in assoluto per misurare l'efficienza. La ISO 14955-2 propone due approcci complementari, da selezionare in base agli obiettivi dell'analisi (marketing tecnico, progettazione o audit cliente).



Approccio Machine-based

Si concentra sul comportamento tipico della macchina durante un regime di turno standardizzato. Misura il consumo di base in kWh/24h su un mix definito di stati (OFF, READY, PROCESSING).

È la scelta ideale per macchine flessibili che realizzano molti codici pezzo diversi, o per la produzione di macchine in serie dove serve una baseline da dichiarare al mercato.



Approccio Task-based

Parte dal compito produttivo specifico: un pezzo o una famiglia di pezzi con geometria, tolleranze e tempi ciclo definiti. Misura l'energia specifica per quel task (kWh/pezzo o kWh/kg asportato).

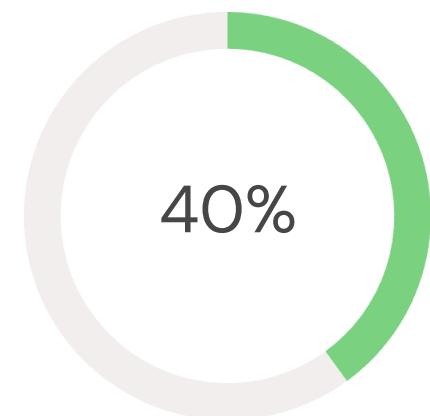
È l'approccio corretto per impianti custom o quando si lavorano grandi lotti di prodotti identici. Misura l'impatto reale della produzione concreta.

Oltre l'Elettricità: L'Importanza dei Vettori Energetici Multipli

Un errore comune è ridurre la ISO 14955-2 a una norma puramente elettrica. Al contrario, essa impone di considerare tutti i vettori energetici rilevanti. Ignorare vettori come l'aria compressa significa spesso falsare completamente la "fotografia" energetica della macchina.

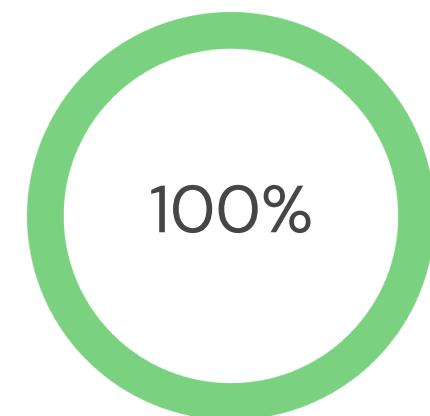
In molte applicazioni industriali, l'aria compressa non è un semplice servizio esterno, ma un componente strutturale del processo (es. per cambi utensile, lubrificazione, automazione pneumatica). La norma fornisce, negli Annex A e B, i coefficienti per convertire questi consumi in energia elettrica equivalente.

Ad esempio, l'aria compressa può pesare fino al 40% del bilancio energetico totale.



Peso Aria Compressa

Incidenza tipica in macchine con molta automazione pneumatica.



Copertura Vettori

Obiettivo ideale per una compliance totale alla norma.



Conversione

Riferimento normativo per il calcolo dell'energia equivalente.

Analisi Preliminare e Strumentazione

Prima di installare qualsiasi strumento, è necessario un rigoroso lavoro di strutturazione della campagna di misura. La qualità del dato finale dipende interamente dalla pianificazione e dalla scelta di strumenti idonei allo scopo. La certificazione MID non è il requisito centrale; conta la qualità metrologica complessiva.

1. Analisi Documentale

Studio degli schemi elettrici, pneumatici e idraulici. Identificazione dei sistemi di recupero energia (es. azionamenti rigenerativi) e delle utenze "secondarie" ma energivore come pompe sempre attive o chiller.

2. Definizione della Matrice Componente-Funzione

Si decide cosa misurare, dove posizionare i sensori e per quanto tempo. Si costruisce la matrice che associa ogni consumo a una funzione macchina specifica (art. 9), essenziale per il reporting.

3. Selezione della Strumentazione e Incertezza

Scelta di strumenti con frequenza di campionamento adeguata alla dinamica del processo (es. picchi veloci mandrino). Valutazione e dichiarazione dell'incertezza di misura estesa (strumento + trasduttori + setup).

Dalla Misura al Dato: Pulizia e Interpretazione

La fase di acquisizione è solo l'inizio. Il valore aggiunto di chi esegue le misure risiede nella capacità di trasformare dati grezzi in informazioni coerenti. Misurare è relativamente semplice; interpretare correttamente i fenomeni fisici richiede competenza specifica.

→ Pulizia del Segnale

Eliminazione degli outlier evidenti come picchi di disturbo elettromagnetico, transitori non rappresentativi o errori di setup. I dati devono essere "puliti" per essere statisticamente validi.

→ Verifica di Coerenza Fisica

Analisi critica dei valori: ad esempio, potenze negative sono un "red flag" se non ci sono sistemi di recupero (possibile sensore invertito). Se c'è rigenerazione al DC bus, i valori negativi vanno invece quantificati correttamente.

→ Rappresentatività del Campione

Verifica che i periodi misurati si allineino realmente agli stati operativi dichiarati nello scenario. Bisogna escludere cicli "fuori norma" dovuti a errori operatore o fermate anomale che falserebbero la media.

Reporting e Conclusioni: La Conformità all'Articolo 9

La ISO 14955-2 si conclude con l'Articolo 9, che definisce la struttura obbligatoria del report. Un reporting standardizzato è fondamentale per la leggibilità e la comparabilità dei dati nel tempo.

Elementi Obbligatori del Report

- **Descrizione della macchina:** tipologia di macchina, matricola, modello, tipo di lavorazione.
- **Descrizione del Sistema:** Confini macchina e sistema di misura.
- **Setup di Misura:** Strumenti usati, punti di prelievo, modalità simultanee.
- **Risultati:** Energia per vettore, per stato operativo e per componente.
- **Mappatura:** Matrici componente-funzione e grafici a barre.
- **Metrologia:** Dichiarazione esplicita dell'incertezza e delle ipotesi.

Sintesi: Punti di Forza e Limiti

Punti di Forza

Metodo ripetibile, approccio multi-vettore e forte legame con il design (ISO 14955-1). Trasforma l'efficienza in un dato tecnico.

Limiti

Non fornisce benchmark assoluti (buono/cattivo). I confronti tra costruttori restano difficili a causa delle differenze di scenario e perimetro.

In conclusione, la ISO 14955-2 non è una norma di semplice applicazione, ma richiede competenza interna su misura e processo. Se applicata con rigore, diventa uno strumento molto utile per guidare l'innovazione sostenibile nell'industria della macchina utensile.