

ENEA

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

RdS
RICERCA DI SISTEMA

AGENZIA NAZIONALE
EFFICIENZA ENERGETICA

ENEA



GUIDA SULL'EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DELLE AZIENDE VITIVINICOLE

A+++



A++



A+



B



www.energiaenergetica.enea.it

Guida sull'efficiamento energetico delle aziende vitivinicole

A cura di:

Dipartimento Unità Efficienza Energetica
ENEA Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo sostenibile
Lungotevere Thaon di Revel 76 - 00196 Roma

Autore:

Alessandro Tallini

Con il contributo di:

Francesco Baldi, Miriam Benedetti, Simone Beozzo, Biagio Di Pietra, Francesco Erice, Giovanni Landi, Giovanni Puglisi, Paolo Sdringola

Editing:

Antonio Disi, Valerio Refat, Ilaria Sergi

Si ringrazia l'Istituto Regionale del Vino e dell'Olio e in particolare il dr. Mario Ragusa per la preziosa collaborazione fornita

Guida realizzata nell'ambito Accordo di Programma Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica - ENEA Piano Triennale di Realizzazione 2025-2027 Progetto 1.6 "Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali"

Aprile 2026

INDICE DEI CONTENUTI

INTRODUZIONE	4
1. CONSUMI E COSTI ENERGETICI DELLE CANTINE	7
2. SOLUZIONI PER L'EFFICIENZA ENERGETICA	15
3. IL PUNTO DI PARTENZA: MONITORAGGIO DEI CONSUMI E DIAGNOSI ENERGETICA	18
3.1. MONITORAGGIO DEI CONSUMI ENERGETICI	20
<i>Casi studio – Sistema di monitoraggio dei consumi</i>	25
3.2. SISTEMI DI GESTIONE DELL'ENERGIA	26
<i>Casi studio – Sistema di Gestione dell'Energia</i>	31
4. OTTIMIZZAZIONE DEI SISTEMI DI PROCESSO	32
4.1. SISTEMI DI REFRIGERAZIONE	33
4.1.1. <i>Gestione della refrigerazione nel settore vitivinicolo</i>	33
4.1.2. <i>Efficientamento dei sistemi di refrigerazione</i>	33
<i>Casi studio – Ottimizzazione dei sistemi di refrigerazione</i>	41
4.2. ARIA COMPRESSA.....	43
4.2.1. <i>Efficientamento dei sistemi ad aria compressa</i>	44
<i>Casi studio – Ottimizzazione dei sistemi di aria compressa</i>	48
4.3. STRATEGIE DI RECUPERO TERMICO	49
<i>Casi studio – Strategie di recupero termico</i>	53
5. TECNOLOGIE TRASVERSALI DI EFFICIENTAMENTO	54
5.1. INTEGRAZIONE DEL FOTOVOLTAICO NELLE CANTINE.....	55
<i>Casi studio – Impianto fotovoltaico</i>	59
5.2. POMPE DI CALORE	62
<i>Casi studio – Pompe di calore</i>	66
5.3. POMPE DI CALORE GEOTERMICHE	67
5.4. RIFASAMENTO DEI CARICHI ELETTRICI.....	71
<i>Casi studio – Rifasamento dei carichi elettrici</i>	76
5.5. SISTEMI DI ILLUMINAZIONE	80
<i>Casi studio – Relamping a LED</i>	84

5.6. EFFICIENTAMENTO DEI MOTORI ELETTRICI	85
<i>Casi studio – Motori elettrici e inverter</i>	94
5.7. COIBENTAZIONE DI SERBATOI NON ISOLATI	97
<i>Casi studio – Coibentazione di serbatoi non isolati</i>	100
6. INTEGRAZIONE E FUTURO: NUOVI PARADIGMI DI EFFICIENTAMENTO.....	101
6.1. COMUNITÀ ENERGETICHE RINNOVABILI.....	102
<i>Casi studio – Comunità Energetica</i>	104
6.2. SOLAR COOLING.....	106
<i>Casi studio – Solar cooling</i>	109
6.3. CAMPI ELETTRICI PULSATI (PEF)	111
6.3.1. <i>La tecnologia PEF nel settore enologico</i>	112
6.3.2. <i>Configurazioni impiantistiche</i>	115
6.3.3. <i>Efficienza energetica e operativa della tecnologia PEF</i>	117
6.3.4. <i>Casi di studio: risultati della sperimentazione</i>	118
6.3.5. <i>Sfide, costi e prospettive</i>	124
ACRONIMI E ABBREVIAZIONI	126
RIFERIMENTI NORMATIVI	128
RISORSE UTILI	129

Introduzione

Analisi del contesto: l'efficienza energetica quale leva di competitività aziendale

L'attuale scenario economico, caratterizzato dall'incremento dei costi energetici e da una fase di crisi che il settore vitivinicolo sta attraversando, rende l'efficienza energetica una priorità strategica per la resilienza delle imprese. L'efficiamento energetico non deve essere interpretato esclusivamente come un'operazione volta al risparmio economico o alla riduzione dei consumi, bensì come un driver per il miglioramento complessivo del servizio e della qualità del processo produttivo. In termini scientifici, l'efficienza energetica è definita come la capacità di garantire un servizio superiore o una migliore qualità del prodotto finale a parità di costo energetico, spostando il focus dal risparmio delle spese per l'energia al valore aggiunto derivante dall'innovazione tecnologica.

L'efficiamento energetico rappresenta una leva strategica per ridurre i costi operativi e consolidare la redditività della cantina, riflettendo una gestione lungimirante del patrimonio aziendale. Integrare pertanto efficienza energetica e sostenibilità nei processi produttivi trasforma la gestione energetica da semplice costo a vantaggio competitivo, garantendo una maggiore stabilità finanziaria nel lungo periodo.

Il quadro istituzionale e la ricerca territoriale

L'attività di ENEA sull'efficiamento del comparto vitivinicolo si colloca nell'ambito del progetto 1.6 del Piano Triennale di Realizzazione (PTR) 2022-2024 e 2025-2027 della Ricerca di Sistema Elettrico. In tale contesto, in collaborazione con l'Istituto Regionale del Vino e dell'Olio (IRVO), è stata condotta una analisi sulla situazione energetica delle cantine in Sicilia, tra le regioni italiane con maggiore produzione vinicola. Attraverso un censimento delle aziende vitivinicole, interviste dirette e la mappatura dei flussi energetici e produttivi, sono stati individuati i processi a maggiore impatto ed è stata definita una classificazione basata sull'Indicatore di Prestazione Energetica, parametro essenziale per il monitoraggio dei consumi e l'efficiamento continuo. L'attività, avviata in un primo momento a livello territoriale, è stata progressivamente estesa e ha condotto alla redazione della presente guida sull'efficiamento energetico delle aziende vitivinicole, che raccoglie un catalogo di soluzioni efficienti applicabili ai differenti contesti produttivi

del territorio nazionale, rivolte a cantine di piccola, media e grande dimensione e adattabili alle diverse tipologie di prodotto.

Finalità e destinatari della guida

Il presente documento funge da catalogo di soluzioni efficienti per l'ottimizzazione dei consumi e la gestione sostenibile delle cantine. La guida non rappresenta un manuale di progettazione esecutiva “chiavi in mano”, ma uno strumento di orientamento metodologico per la definizione di percorsi di efficientamento. Il documento costituisce uno strumento tecnico-operativo finalizzato a delineare una “mappa” per l'efficienza energetica aziendale, integrando soluzioni consolidate e innovazioni di settore. Attraverso un linguaggio accessibile, la guida orienta i processi decisionali per favorire l'implementazione di interventi efficienti lungo l'intera filiera produttiva. L'approccio metodologico proposto individua nella diagnosi energetica e nel monitoraggio i presupposti indispensabili per ogni strategia di investimento. Viene definita una precisa gerarchia d'azione che privilegia la riduzione delle inefficienze energetiche attraverso interventi a basso costo (ad esempio l'ottimizzazione dei settaggi e le misure gestionali) rispetto a investimenti tecnologici onerosi, garantendo così una transizione energetica sostenibile e razionale.

I destinatari primari sono i responsabili di produzione ed enologi - figure chiave nella gestione dei flussi energetici - oltre a proprietà aziendali, consulenti e tecnici. L'obiettivo è favorire l'integrazione tra la pratica di cantina, la fattibilità ingegneristica e la percezione del valore dell'efficienza promossa.

Il settore in cifre: posizionamento economico e valoriale nell'industria italiana

Il settore vitivinicolo italiano gioca un ruolo importante nell'economia del Paese, il cui valore trascende la semplice produzione di vino. Le cantine rappresentano il cuore di una tradizione antica e incarnano aspetti significativi della cultura e dell'innovazione in Italia. L'industria vinicola italiana è uno dei maggiori esportatori mondiali di vino, forte di una reputazione consolidata su qualità, varietà e tradizione. Il vino, in particolare, è un pilastro del Made in Italy, simbolo riconosciuto di eccellenza e autenticità a livello globale.

L'Italia vanta un numero elevato di aziende vitivinicole, sebbene i dati precisi possano variare tra le fonti. A fronte di circa 241.000 imprese viticole sono circa 30.000 le aziende

vinificatrici, a maggioranza piccole e medie imprese. La superficie vitata nazionale ammonta a circa 681.000 ettari, con una dimensione media di 2,83 ettari per azienda, a conferma di un tessuto produttivo frammentato ma caratterizzato da un'elevata diversificazione dell'offerta¹.

La produzione vinicola italiana è estremamente diversificata, offrendo una vasta gamma di vini: dai rossi, bianchi e rosati agli spumanti, vini passiti, e vini biologici e naturali. Ogni regione, tipo di uva e metodo di vinificazione contribuiscono a rendere ogni cantina unica nel suo genere. Si osserva una crescente attenzione verso la qualità e l'efficienza energetica, con un focus sempre maggiore su vini biologici, biodinamici e a basso impatto ambientale.

Nonostante le fluttuazioni della produzione vinicola, attestatasi nel 2024 a 43,97 milioni di ettolitri (+15% rispetto alla scarsa vendemmia 2023) e trainata dalla crescita degli spumanti che rappresentano ormai il 17% del totale nazionale, l'innovazione tecnologica e l'efficiamento energetico rappresentano leve sempre più importanti per mantenere la leadership globale e rispondere alla crescente domanda di prodotti ecosostenibili.

Il mercato genera un fatturato industriale di 14,3 miliardi di euro, incidendo per il 10% sull'intero comparto agroalimentare. Il mercato italiano attraversa una fase di consolidamento: nel 2024 l'export italiano di vino ha registrato il record storico di 21,19 milioni di ettolitri e circa 8 miliardi di euro. I principali mercati di sbocco per il vino italiano includono Stati Uniti, Germania, Regno Unito, Canada e Svizzera².

¹ Fonte: ISTAT, 7° Censimento Generale dell'Agricoltura

² Fonte: *L'Italia del vino - Report ISMEA 2025*

1. Consumi e costi energetici delle cantine

Struttura dei consumi energetici in cantina

L'analisi dei profili energetici delle aziende vitivinicole rivela una struttura dei consumi fortemente polarizzata verso la componente elettrica. Tale fenomeno è la diretta conseguenza dell'evoluzione tecnologica dei processi enologici, che oggi affidano al controllo delle temperature nelle varie fasi della vinificazione la garanzia della qualità organolettica del prodotto finale. Il principale vettore energetico risulta infatti essere quello elettrico, che copre circa il 90% del consumo totale, mentre l'energia termica copre il restante 10%.

Costi dell'energia e strategie d'investimento

Nel contesto dei mercati energetici del 2024-2025, la competitività delle aziende italiane affronta uno scenario di prezzi che, pur in flessione del 15% rispetto ai picchi del biennio precedente, permangono stabilmente superiori alle medie storiche del decennio 2010-2020. I dati ENEA confermano incrementi del 60% per il gas e di oltre il 100% per l'elettricità rispetto ai valori precrisi.³ La spesa energetica è una componente centrale del bilancio, poiché incide direttamente sul costo del venduto e sulla liquidità aziendale. Il controllo di tali costi, attuabile tramite audit energetici e strategie di efficientamento, è determinante per la stabilità dei margini e la resilienza operativa a lungo termine.

Il consumo energetico elettrico del comparto vitivinicolo italiano si attesta su valori significativi, con stime che indicano un fabbisogno energetico superiore ai **500 milioni di kWh (500 GWh/anno)**⁴.

Lo scenario finanziario attuale che le aziende si trovano a fronteggiare, con notevoli aumenti del costo del capitale, riducono i margini di manovra per investimenti strutturali onerosi. Tale pressione economica rende prioritari il **monitoraggio** e gli **interventi**

³ Analisi Trimestrale del Sistema Energetico Italiano - Anno 2025

⁴ TESLA (Transferring Energy Save Laid on Agroindustry), 2014. *Manuale sull'efficienza energetica nelle aziende vinicole*. Progetto cofinanziato dal programma "Intelligent Energy Europe" dell'Unione Europea.

gestionali e a basso costo, soluzioni capaci di generare flussi di cassa immediati senza ricorso a indebitamento critico. Per ottimizzare il rendimento degli asset, l'efficiamento deve focalizzarsi in via preliminare sui **processi a maggiore intensità energetica**, come i sistemi di refrigerazione, garantendo così la sostenibilità economica e un rapido tempo di ritorno dell'investimento (Return on Investment, ROI) anche con tassi di interesse elevati.

Metodologia di analisi dei consumi energetici

La valutazione dei consumi energetici in cantina può essere condotta attraverso due approcci complementari: l'analisi dei centri di consumo e degli usi energetici significativi.

Sebbene la ripartizione per centri di consumo rappresenti una schematizzazione dei flussi, essa fornisce una **prospettiva strategica e gestionale fondamentale**. Mappare i consumi per sistemi funzionali facilita invece l'individuazione delle aree prioritarie di intervento e ottimizza la pianificazione finanziaria degli investimenti, offrendo una visione tecnica complementare all'analisi sequenziale delle fasi produttive.

I **centri di consumo** identificano "dove" viene consumata l'energia, spesso per finalità di contabilità analitica o monitoraggio fisico e rappresentano una ripartizione logica o spaziale dell'azienda vitivinicola. Esempi tipici: area ricezione uve, cantina di fermentazione, reparto imbottigliamento, uffici, magazzino spedizioni, locali tecnici. Essi servono a mappare la struttura e a installare misuratori energetici (sub-metering) per isolare il consumo delle diverse fasi del processo.

Gli **Usi Energetici Significativi (USE)**, definiti secondo i criteri della norma **ISO 50001**, identificano i sistemi o i processi a elevato assorbimento energetico o con ampi margini di miglioramento prestazionale. A differenza della suddivisione per centri di costo, l'analisi degli USE si focalizza sulla **funzione tecnologica**, come il **gruppo frigorifero per il controllo termico**, i sistemi di aria compressa o i motori elettrici.

Sebbene la ripartizione per centri di consumo rimanga una schematizzazione necessaria per la contabilità industriale, l'identificazione degli USE fornisce la prospettiva strategica e gestionale fondamentale per una reale ottimizzazione. Tale mappatura funzionale permette di isolare le variabili operative che influenzano il consumo, facilitando l'individuazione delle **aree prioritarie di intervento** e garantendo il **massimo ritorno sugli investimenti** attraverso una pianificazione finanziaria basata su dati tecnici oggettivi.

Per definire quali sono gli Usi Significativi di Energia (USE) si esegue un'**analisi energetica** seguendo alcuni passaggi: si elencano tutti i sistemi che consumano energia (mappatura), si **misura** quanto consuma ogni sistema, si analizzano le variabili che influenzano il consumo e si stabilisce se il sistema può essere reso più efficiente. Identificare gli USE permette di pianificare e indirizzare in maniera efficiente ed efficace gli sforzi: invece di fare piccoli interventi diffusi, l'azienda concentra le risorse dove il ritorno è massimo.

I principali Usi Significativi di Energia in cantina

La domanda energetica di una cantina è caratterizzata da una marcata stagionalità, con picchi di assorbimento concentrati nel periodo vendemmiale e nella successiva fase di fermentazione in cui la richiesta di frigoriferie per il controllo termico dei mosti può assorbire fino al 50-60% dell'energia elettrica totale annua (Tabella 1).

L'identificazione degli Usi Significativi di Energia e l'analisi dei flussi energetici risulta fondamentale per ottimizzare l'impatto economico delle attività in cantina. Per quanto riguarda l'energia elettrica, i sistemi di refrigerazione rappresentano solitamente il principale uso energetico significativo, essendo essenziali per il controllo termico durante la fermentazione, la stabilizzazione e la conservazione. Seguono per incidenza le lavorazioni meccaniche (pompaggi e pressature) e le linee di confezionamento. L'energia termica, quantitativamente inferiore, è destinata prioritariamente alla sanificazione degli impianti e alla gestione climatica degli ambienti di stoccaggio.

Tabella 1. Stima della ripartizione dei consumi energetici in cantina.

Categoria Consumo	Uso Energetico Significativo	Incidenza % (media)	Fasi e attività
Processo Produttivo	Refrigerazione e Controllo Termico	50% – 60%	Fermentazione Stabilizzazione
	Lavorazioni Meccaniche	5% – 10%	Ricevimento uve Diraspatura Pressatura Pompaggio
Servizi Ausiliari	Aria Compressa	5% – 8%	Alimentazione presse pneumatiche e automazione linee
	Lavaggio e Sanificazione	Variable	Prevalenza di carico termico per riscaldamento acqua
Servizi Generali	Imbottigliamento e Confezionamento	10% – 15%	Linee automatizzate (riempimento ed etichettatura)
	Illuminazione e climatizzazione (HVAC)	5% – 10%	Gestione uffici Illuminazione LED e sensori

La Figura 1 illustra una tipica ripartizione dei consumi elettrici in cantina. L'energia elettrica è destinata prioritariamente alla gestione termica: i processi fermentativi e i trattamenti post-fermentazione sono i centri di costo energetico predominanti. La ripartizione stimata attribuisce il 50% dei consumi alle fasi di fermentazione e stabilizzazione, il 25% all'affinamento, il 15-20% al confezionamento e il residuo 8-10% ai servizi ausiliari.

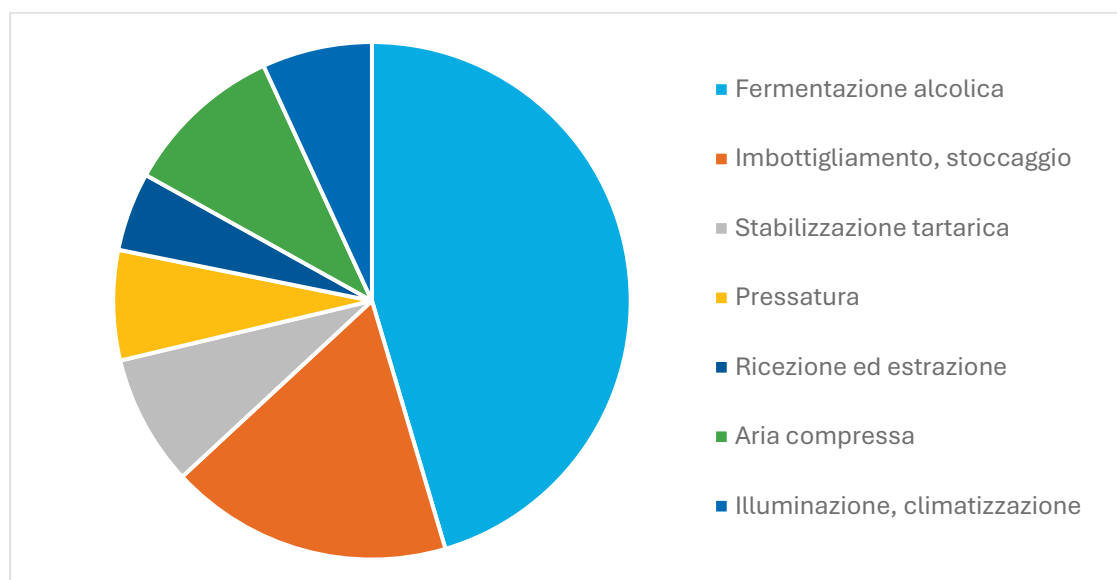


Figura 1. Esempio di distribuzione percentuale dei fabbisogni elettrici in una cantina

Indicatori di prestazione energetica

La valutazione dell'efficienza richiede l'adozione di strumenti quantitativi atti a monitorare l'uso dell'energia e a misurare il successo delle strategie di efficientamento. Gli **indicatori di prestazione energetica**, comunemente indicati con l'acronimo **IPE** o con il termine internazionale **EnPI** (*Energy Performance Indicators*), sono parametri quantitativi che mettono in relazione il consumo di energia con i fattori che lo influenzano (variabili produttive o operative), consentendo di oggettivare lo stato energetico aziendale e di confrontarlo nel tempo o rispetto a benchmark (riferimenti) di settore. Per ogni uso significativo di energia possono essere definite le seguenti quantità:

- **Indicatori di Prestazione Energetica**, ossia dei parametri quantitativi che permettono di monitorare l'efficienza dei processi. Nel settore vitivinicolo, si esprimono tipicamente come consumo specifico (es. **kWh/hl** di vino prodotto) o attraverso indici tecnici, come il rapporto tra energia assorbita dai sistemi di refrigerazione e calore effettivamente rimosso. Tali metriche risultano essenziali

per normalizzare il dato, permettendo di valutare l'efficienza dei macchinari indipendentemente dal volume produttivo o da variabili operative esterne.

- Una **Baseline energetica (EnB - Energy Baseline)**: costituisce il riferimento quantitativo per misurare l'evoluzione della performance energetica. Stabilendo un termine di paragone pre-intervento, la Baseline consente di verificare l'efficacia delle azioni di efficientamento, distinguendo i risparmi reali dalle fluttuazioni causate dalla stagionalità o dalle variazioni nei ritmi di produzione (Figura 2).

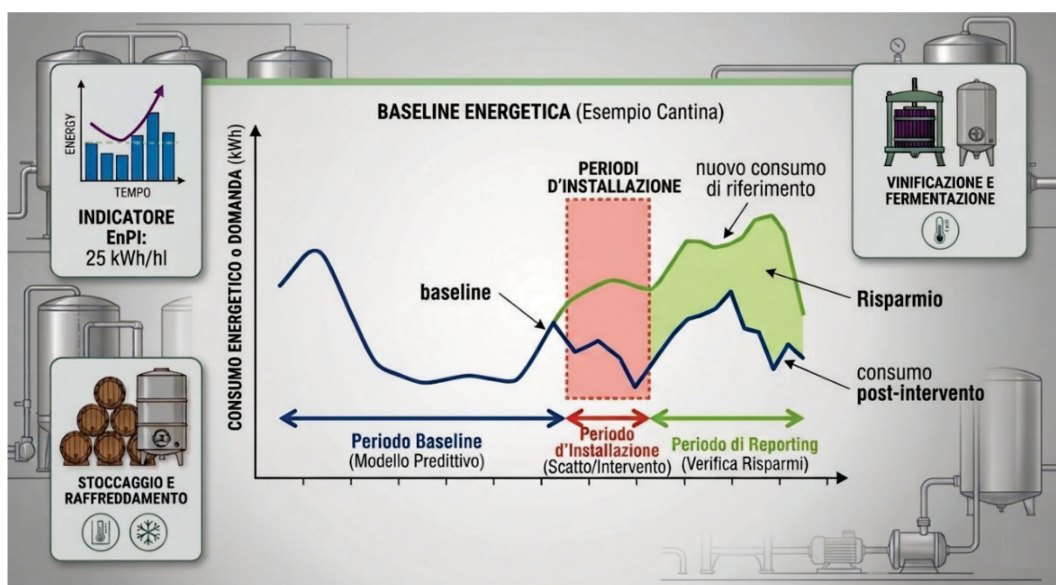


Figura 2. Esempio di Baseline energetica per una cantina

L'analisi congiunta ENEC-IRVO correla l'Indice di Prestazione Energetica alla capacità produttiva annua (P). Nonostante alcuni studi indichino un valore di riferimento di 11 kWh/hl per produzioni standard di 30.000 hl, il consumo reale evidenzia una marcata variabilità: le economie di scala nelle cantine industriali ottimizzano l'efficienza specifica, mentre i processi di vinificazione di pregio incrementano il fabbisogno energetico a causa di trattamenti termici più intensivi (Tabella 2).

Tabella 2. Produzione di vino e valori indicativi dell'IPE elettrico [fonte: progetto TESLA]

	Categoria A	Categoria B	Categoria C
Produzione media annua [P]	< 25.000 hl	25.000 hl ≤ P ≤ 50.000 hl	> 50.000 hl
IPE [kWh/hl]	16 kWh/hl	11 kWh/hl	4 kWh/hl

Il contesto geografico e la tipologia di prodotto influenzano il dato di consumo perché, ad esempio, i dati per le cantine siciliane evidenziano un consumo medio di riferimento

prossimo a 20 kWh/hl, valore superiore rispetto alla media di 11 kWh/hl. Per cantine di grandi dimensioni l'impatto sui consumi di energia, in particolare di energia elettrica, è ancora maggiore. I risultati delle elaborazioni condotte da ENEA hanno mostrato che l'IPE dei consumi elettrici (IPE elettrico) decresce rapidamente all'aumentare dei volumi prodotti: le realtà con produzione inferiore a 200.000 hl hanno IPE variabili da circa 20 kWh/hl a circa 60 kWh/hl, mentre i centri che superano il milione di hl si attestano intorno ai 10 kWh/hl (Figura 3). L'eterogeneità dell'indice di prestazione energetica dipende strettamente dal ciclo produttivo. Le unità di imbottigliamento e confezionamento presentano consumi ridotti, solitamente inferiori a 20 kWh/hl elettrici. Nel processo di vinificazione, invece, si rileva una maggiore variabilità: le piccole realtà risentono di specificità impiantistiche che limitano l'efficienza, mentre le strutture di grandi dimensioni raggiungono performance migliori e standard di consumo più omogenei.

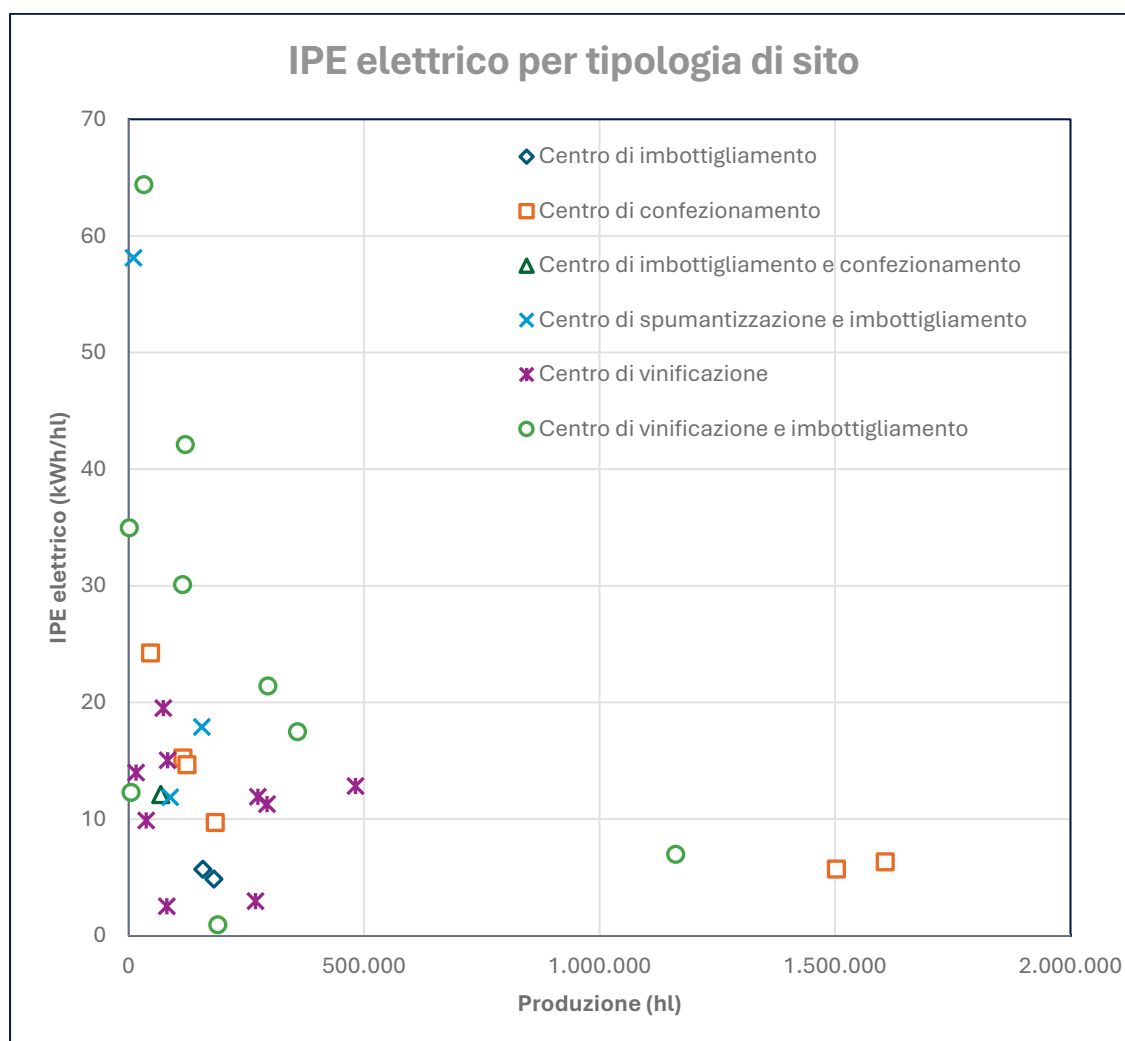


Figura 3. IPE elettrico per tipologia di sito [elaborazione ENEA]

La sussistenza di consumi differenti tra cantine analoghe per dimensioni e tipologia produttiva evidenzia il considerevole potenziale di risparmio energetico ancora inespresso nel settore vitivinicolo.

SOLUZIONI PER L'EFFICIENZA ENERGETICA

2. Soluzioni per l'efficienza energetica

La guida è concepita come uno strumento pratico che analizza tecnologie e soluzioni efficienti pronte per l'implementazione di investimenti in efficienza energetica. Ogni soluzione è stata selezionata seguendo tre criteri fondamentali: l'ottimizzazione energetica, il ritorno economico dell'investimento, il mantenimento delle singole fasi di processo e la salvaguardia della qualità del vino.

Organizzazione degli interventi: una strategia in due fasi

Per massimizzare il rendimento degli investimenti, l'adozione di soluzioni di efficientamento deve seguire un percorso logico basato sull'analisi dei vettori energetici e degli usi energetici significativi, identificando le priorità d'intervento non in base a una sequenza fissa, ma in funzione del potenziale di risparmio specifico di ogni azienda. La categorizzazione proposta funge da supporto metodologico per la fase di analisi e valutazioni tecniche:

- Le **tecnologie per l'efficiamento del processo produttivo** intervengono direttamente sul core produttivo attraverso l'efficiamento del **controllo termico**, della **climatizzazione** e dell'**aria compressa**; tali interventi assicurano la riduzione dei consumi elettrici e limitati costi di investimento.
- Le **tecnologie trasversali di efficientamento** rappresentano soluzioni consolidate, affidabili e ampiamente diffuse sul mercato come i sistemi fotovoltaici per l'autoconsumo, il rifasamento dei motori elettrici e l'illuminazione **LED** (*Light Emitting Diode*).
- Le **tecnologie emergenti** rappresentano soluzioni in fase di sviluppo o prima applicazione per il settore, come i campi elettrici pulsati (PEF), con elevato potenziale ma con prestazioni e costi ancora non ben definiti

Come consultare le schede

Per agevolare una lettura rapida e mirata, ogni intervento è presentato attraverso una scheda sintetica che risponde in modo diretto alle domande essenziali, necessarie alle valutazioni del management aziendale.

Descrizione della tecnologia: si descrive in cosa consiste l'intervento e come si integra fisicamente nelle strutture o nei processi di cantina. Rappresenta la carta d'identità tecnica della soluzione.






Indicatori di fattibilità tecnico-economica

- *Quanto costa e in quanto tempo viene recuperato l'investimento?* Si fornisce una stima dell'investimento, dei risparmi attesi e del tempo di recupero dell'investimento per agevolare la pianificazione finanziaria.
- *Quali sono i benefici energetici?* Illustra come l'intervento riduca i prelievi di energia a parità di servizio reso.

I valori indicati riflettono dati di letteratura, medie di settore, standard prestazionali applicabili sia a tecnologie specifiche che trasversali, dati di audit energetici. La validità tecnica di tali parametri consente un trasferimento delle metodologie di calcolo dall'ambito industriale generale a quello vitivinicolo. È importante considerare che, mentre per le tecnologie "orizzontali" i risparmi energetici sono di semplice reperimento, per le tecnologie di processo (es. controllo termico della fermentazione) i valori possono subire variazioni sensibili in base alle condizioni climatiche stagionali e alle specificità tecnologiche della cantina.

Inoltre, per facilitare il confronto tra le diverse soluzioni, a ogni scheda è assegnato un punteggio di efficienza. Questa valutazione sintetizza il potenziale di risparmio, la facilità di installazione e il tempo di rientro dell'investimento, permettendo di identificare sinteticamente gli interventi con il miglior impatto costi-benefici per la realtà aziendale.

A ogni indicatore è assegnato un punteggio da **1 (minimo)** a **5 (massimo)**, visualizzato graficamente con simboli di diverso tipo. La somma dei punteggi porta a una **valutazione di efficienza**. Il giudizio complessivo è corredato da una sintesi dei criteri di valutazione.

Categoria	MOTORI ELETTRICI	
Tecnologia	SPEGNIMENTO DEI MOTORI IN ORARI NON OPERATIVI	
INDICATORI DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA		
Costi di investimento	Bassi, con rapporto costi-benefici molto favorevole	
Risparmi energetici	fino a 20-40%	
Tempo di recupero	inferiore a 3 anni	
Implementazione	Elevata replicabilità in generale	
Valutazione globale		

COME SI LEGGE IL PUNTEGGIO

Il sistema di valutazione (da 1 a 5 icone) misura quanto ogni caratteristica sia **vantaggiosa per l'utente**.

- ⇒ **Punteggio Alto (4-5 icone):** Indica un punto di forza, un vantaggio competitivo o un aspetto eccellente.
- ⇒ **Punteggio Basso (1-2 icone):** Segnala un punto critico, un costo elevato o una scarsa efficienza.

In sintesi: Più icone vedi, più il parametro è favorevole.



Completano la scheda alcune note utili per la messa in opera:

- **Raccomandazioni di ottimizzazione:** suggerimenti pratici su come gestire la tecnologia per massimizzarne la durata e l'efficienza.
- **Ostacoli e barriere:** un'analisi delle possibili difficoltà (tecniche, burocratiche o economiche) che potrebbero sorgere durante l'implementazione, fornendo indicazioni su come prevenirle o superarle.

Esempi applicativi e casi studio

A completamento della soluzione tecnologica, vengono presentati casi studio reali derivanti anche da diagnosi energetiche presso aziende vitivinicole. Ciascuna scheda illustra analiticamente lo stato di fatto ante-operam, le specifiche dell'intervento di ottimizzazione e i relativi indicatori tecnico-economici, validando l'efficacia delle misure proposte attraverso dati prestazionali misurati direttamente sul campo.

3. Il punto di partenza: monitoraggio dei consumi e diagnosi energetica

Il presupposto tecnico e strategico per l'avvio di un percorso di efficientamento energetico risiede nella conoscenza dei consumi energetici delle fasi di produzione: non è infatti possibile gestire o ottimizzare ciò che non viene puntualmente misurato. La diagnosi energetica e il monitoraggio dell'energia costituiscono la base di partenza per identificare le inefficienze e valutare su quali aree, soluzioni o tecnologie investire.

In un contesto produttivo moderno, i **sistemi di monitoraggio dei consumi energetici** sono tecnologie non complesse, data l'elevata maturità dei dispositivi e la facilità di installazione favorita dalla predisposizione impiantistica già presente in molte cantine. L'obiettivo primario di tali sistemi è la raccolta sistematica di dati legati al consumo energetico, che permette di acquisire una piena consapevolezza sui prelievi di energia, individuare tempestivamente sprechi latenti o anomalie di funzionamento e stimare con accuratezza i carichi energetici futuri.

La misurazione dei flussi energetici rientra nelle attività di **diagnosi energetica**, “una 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 efficaci sotto il profilo dei costi, a individuare le possibilità di usare o produrre energia rinnovabile con efficacia di costo e a riferire in merito ai risultati”⁵. Questo approccio mira prioritariamente a ottimizzare le prestazioni di impianti e macchinari esistenti attraverso interventi gestionali a costo ridotto, come la rimodulazione dei set-point operativi; in secondo luogo, è uno strumento imprescindibile nello sviluppo e implementazione degli interventi di efficientamento dei consumi, dei costi e dell'impatto energetico.

Il monitoraggio sistematico consente inoltre di stabilire la baseline energetica, valore quantitativo di riferimento necessario per misurare oggettivamente l'efficacia dei progressi

⁵ DIRETTIVA (UE) 2023/1791 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 13 settembre 2023 sull'efficienza energetica e che modifica il regolamento (UE) 2023/955

futuri e degli interventi realizzati. Attraverso la definizione degli Indicatori di Prestazione Energetica, come il rapporto tra energia consumata e volume di vino prodotto (kWh/hl), i dati di consumo energetico vengono trasformati in parametri gestionali confrontabili nel tempo. In conclusione, la diagnosi e il monitoraggio non rappresentano semplici opzioni tecnologiche, ma costituiscono la fase propedeutica indispensabile e l'elemento abilitante per la costruzione di una "roadmap" aziendale verso l'eccellenza energetica e la sostenibilità operativa.

3.1. Monitoraggio dei consumi energetici

L'efficiamento energetico nel settore vitivinicolo rappresenta oggi una leva strategica non solo per la riduzione dei costi operativi. Il punto di partenza imprescindibile di questo percorso è il monitoraggio energetico, in particolare della componente elettrica, che costituisce la quota prevalente dei consumi in cantina. Il monitoraggio energetico trasforma l'energia da costo fisso a variabile gestibile, consentendo una conduzione aziendale basata sull'evidenza anziché su stime approssimative, particolarmente critica durante i picchi stagionali della vendemmia.

Ottimizzazione della domanda e gestione dei carichi


La finalità è la creazione di una *baseline* energetica accurata, essenziale per definire gli indici di prestazione energetica, come il rapporto kWh/hl. I vantaggi immediati includono:

- **Individuazione delle inefficienze:** rilevazione di consumi anomali, sfasamenti elettrici o malfunzionamenti dei gruppi frigo e nelle linee di imbottigliamento.
- **Gestione dei picchi di carico:** riduzione di potenza prelevata e costi fissi attraverso la desincronizzazione di carichi non prioritari ridistribuendo i cicli di lavoro.
- **Integrazione con fonti rinnovabili:** sincronizzazione dei processi a più alta richiesta di energia con i momenti di massima produzione dell'impianto fotovoltaico aziendale, massimizzando l'autoconsumo.
- **Validare gli investimenti in efficienza energetica:** verifica dell'effettivo risparmio derivante ad es. dal *revamping* di macchinari o dall'installazione di inverter.

Metodologia e infrastruttura di monitoraggio

L'implementazione di un sistema di monitoraggio segue una logica piramidale. Si parte dall'installazione di *smart meter* (misuratori intelligenti) e analizzatori di rete nei quadri generali, per scendere nel dettaglio dei singoli centri di costo (centrali frigorifere, linee di imbottigliamento, sistemi di pompaggio, ecc.). Tali dispositivi convogliano i dati verso piattaforme software di *Energy Management* che rielaborano i flussi in tempo reale evidenziando inefficienze non visibili.

Categoria	GESTIONE DELL'ENERGIA
Tecnologia	MONITORAGGIO DEI CONSUMI ENERGETICI
Descrizione tecnologia	<p>L'integrazione di sistemi di monitoraggio nelle cantine di piccole e medie dimensioni si focalizza sulla misurazione dei carichi elettrici e, al crescere della scala produttiva, dei consumi idrici.</p> <p>L'architettura di monitoraggio (Figura 4) si articola su tre livelli funzionali:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ il livello di campo, composto da multimetri di rete per la misura di tensione e della corrente assorbita (con trasformatori amperometrici, TA) dotati di uscite con protocolli standard (es. Modbus) per la trasmissione delle misure al concentratore (gateway) ○ il livello di comunicazione, basato su gateway e data logger che aggregano le misure, e li trasmettono ad un server centrale tramite protocolli standard tipo TCP/IP ○ il livello di gestione, costituito da piattaforme software che trasformano i dati e le misure in cruscotti per l'analisi dei consumi in tempo reale. <p>Questa struttura permette di correlare i consumi energetici alle specifiche fasi di vinificazione, facilitando l'individuazione di inefficienze termiche e operative.</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p><i>Figura 4. Schema esemplificativo di sistema di monitoraggio dei consumi</i></p> <p>Criteri per la scelta di un sistema di monitoraggio</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Dimensione aziendale: i costi stimati variano in base alla capacità produttiva, passando da realtà medio-piccole a siti industriali complessi. ○ Perimetro di misurazione: l'investimento aumenta passando dal solo monitoraggio delle grandezze elettriche ad un'analisi multiservizio (acqua, gas, aria compressa), a causa della necessità di sensoristica specifica e infrastrutture dati avanzate. ○ Architettura tecnologica: la scelta tra sistemi cablati, caratterizzati da elevata stabilità ma maggiori costi di posa, e soluzioni wireless, più rapide da installare ma soggette a manutenzione delle batterie, incide sul budget.

	<p>Influiscono inoltre la precisione dei sensori (es. analisi della <i>power quality</i>) e il modello di licenza software adottato.</p> <p>Funzionalità avanzate: l'integrazione di strumenti per l'analisi storica, la reportistica automatizzata, la gestione degli allarmi e l'interoperabilità con i sistemi gestionali aziendali (ERP) accresce il valore strategico e tecnico dell'infrastruttura.</p>																					
Obiettivi	<p>Ottimizzazione dei consumi energetici: minimizzazione degli assorbimenti attraverso l'individuazione di sprechi e inefficienze.</p> <p>Miglioramento dell'efficienza operativa: adattamento delle operazioni per massimizzare il rendimento di macchinari e impianti e individuazione precoce di derive prestazionali.</p> <p>Monitoraggio analitico: controllo degli assorbimenti per la gestione della domanda energetica.</p>																					
Benefici	<p>Riduzione dei costi operativi: traduzione delle ottimizzazioni tecniche in un risparmio diretto e misurabile sulle spese in bolletta.</p> <p>Protezione dalla volatilità dei prezzi dell'energia: capacità di anticipare e mitigare gli aumenti del costo dell'energia sul mercato.</p> <p>Incremento dell'affidabilità: maggiore efficacia e continuità dei processi produttivi e dei servizi aziendali.</p> <p>Tutela degli investimenti: certezza del tempo di ritorno dell'Investimento (ROI) basata su dati misurati e conformità alle garanzie contrattuali dei fornitori</p> <p>Accesso ad agevolazioni fiscali: ottenimento di incentivi, sgravi e contributi dedicati all'efficienza energetica.</p>																					
INDICATORI DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA																						
Costi di investimento	<p>Valori orientativi:</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  </div> <ul style="list-style-type: none"> ○ cantina piccola: fino a 5.000 € ○ cantina media: 5.000€ - 15.000 € <p>Segue il dettaglio dei costi orientativi per una cantina di piccole dimensioni.</p> <p>Monitoraggio Energetico per Cantine di Piccola Dimensione Capacità Produttiva: < 50.000 hl/anno</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Componenti e Servizi</th> <th>Investimento Stimato [€]</th> <th>Note Tecniche</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sistemi di misurazione elettrica</td> <td>500 – 1.500</td> <td>Installazione di analizzatori di rete con interfaccia digitale per il monitoraggio dei carichi principali.</td> </tr> <tr> <td>Unità di acquisizione (Gateway/Data logger)</td> <td>300 – 800</td> <td>Dispositivo centrale per la concentrazione e la trasmissione dei pacchetti dati verso la piattaforma di gestione.</td> </tr> <tr> <td>Piattaforma di analisi Open Source</td> <td>Gratuito</td> <td>Soluzione priva di costi di licenza; l'implementazione richiede competenze tecniche avanzate per la configurazione del sistema.</td> </tr> <tr> <td>Servizio Cloud Entry Level</td> <td>250 – 600 (annui)</td> <td>Canone di abbonamento ricorrente per la gestione remota dei dati, escluso dal calcolo dell'investimento iniziale.</td> </tr> <tr> <td>Software con licenza perpetua</td> <td>500 – 1.500</td> <td>Opzione con pagamento unico; applicazione scarsamente diffusa nelle piccole realtà produttive.</td> </tr> <tr> <td>Messa in servizio e setup</td> <td>500 – 1.500</td> <td>Intervento tecnico semplificato per l'integrazione del solo monitoraggio dei parametri elettrici fondamentali.</td> </tr> </tbody> </table>	Componenti e Servizi	Investimento Stimato [€]	Note Tecniche	Sistemi di misurazione elettrica	500 – 1.500	Installazione di analizzatori di rete con interfaccia digitale per il monitoraggio dei carichi principali.	Unità di acquisizione (Gateway/Data logger)	300 – 800	Dispositivo centrale per la concentrazione e la trasmissione dei pacchetti dati verso la piattaforma di gestione.	Piattaforma di analisi Open Source	Gratuito	Soluzione priva di costi di licenza; l'implementazione richiede competenze tecniche avanzate per la configurazione del sistema.	Servizio Cloud Entry Level	250 – 600 (annui)	Canone di abbonamento ricorrente per la gestione remota dei dati, escluso dal calcolo dell'investimento iniziale.	Software con licenza perpetua	500 – 1.500	Opzione con pagamento unico; applicazione scarsamente diffusa nelle piccole realtà produttive.	Messa in servizio e setup	500 – 1.500	Intervento tecnico semplificato per l'integrazione del solo monitoraggio dei parametri elettrici fondamentali.
Componenti e Servizi	Investimento Stimato [€]	Note Tecniche																				
Sistemi di misurazione elettrica	500 – 1.500	Installazione di analizzatori di rete con interfaccia digitale per il monitoraggio dei carichi principali.																				
Unità di acquisizione (Gateway/Data logger)	300 – 800	Dispositivo centrale per la concentrazione e la trasmissione dei pacchetti dati verso la piattaforma di gestione.																				
Piattaforma di analisi Open Source	Gratuito	Soluzione priva di costi di licenza; l'implementazione richiede competenze tecniche avanzate per la configurazione del sistema.																				
Servizio Cloud Entry Level	250 – 600 (annui)	Canone di abbonamento ricorrente per la gestione remota dei dati, escluso dal calcolo dell'investimento iniziale.																				
Software con licenza perpetua	500 – 1.500	Opzione con pagamento unico; applicazione scarsamente diffusa nelle piccole realtà produttive.																				
Messa in servizio e setup	500 – 1.500	Intervento tecnico semplificato per l'integrazione del solo monitoraggio dei parametri elettrici fondamentali.																				

<p>Risparmi energetici</p>	<p>5-15%</p>  <p>L'adozione di un monitoraggio puntuale individua sprechi latenti, garantendo risparmi energetici medi tra il 5% e il 15%. Sebbene il 15% sia un risultato ottimale, in contesti meno efficienti è possibile raggiungere traguardi vicini al 20%. Tale approccio assicura benefici economici e prestazionali duraturi nel tempo.</p>
<p>Tempo di recupero</p>	<p>1-3 anni</p>  <p>L'intervento si caratterizza per un rapido ammortamento, con un tempo di ritorno dell'investimento stimato tra 1 e 3 anni grazie a risparmi energetici del 5-15%. Per le strutture produttive di grandi dimensioni, la maggiore complessità impiantistica può estendere i tempi di ritorno anche fino a circa 10 anni.</p>
<p>Implementazione</p>	<p>implementazione agevole</p>  <p>L'intervento si distingue per l'elevata replicabilità e una semplicità d'uso significativa, in particolare nel monitoraggio dei consumi elettrici. L'impiego di tecnologie wireless e soluzioni "plug-and-play" agevola l'installazione, supportata da interfacce software intuitive. Sebbene le configurazioni articolate o le integrazioni con sistemi gestionali esistenti richiedano competenze tecniche specializzate, per le realtà produttive minori l'adozione di kit semplificati risulta immediata e di facile gestione.</p>
<p>Valutazione globale</p>	 <p>L'adozione di sistemi per il monitoraggio energetico rappresenta una pratica d'eccellenza per il settore vitivinicolo. Tale misura garantisce un elevato rapporto costi-benefici, semplicità di integrazione operativa e un concreto ritorno in termini di efficientamento. Il controllo costante dei parametri di consumo costituisce il presupposto fondamentale per ogni strategia di efficientamento, configurandosi come il primo passo indispensabile per l'ottimizzazione energetica e la valorizzazione ambientale della cantina.</p>
<p>OTTIMIZZAZIONE ENERGETICA</p>	
<p>Raccomandazioni di ottimizzazione</p>	<p>Per l'efficace implementazione di questa pratica, si consigliano le seguenti azioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Rilevazione e reportistica: analizzare i consumi tramite le fatture e le letture dei contatori, strutturando un cruscotto (<i>dashboard</i>) che includa parametri quali l'energia (kWh), i picchi di potenza, la potenza reattiva e i costi associati. ○ Analisi delle curve di carico: monitorare le potenze elettriche con cadenza quattoraria (ogni 15 minuti) per identificare i carichi di base e i picchi di assorbimento, permettendo di rilevare tempestivamente anomalie o malfunzionamenti delle apparecchiature. ○ Definizione della Baseline energetica: identificare un periodo storico rappresentativo dei consumi aziendali da utilizzare come "base di riferimento". Questo punto zero permette di misurare oggettivamente i progressi futuri. La baseline può riferirsi a intervalli temporali variabili (ore o anno) a seconda della disponibilità dei dati e finalità dell'analisi.

	<ul style="list-style-type: none"> ○ Gradualità di applicazione: non occorre monitorare ogni utenza. Iniziare dal contatore generale e dal reparto frigo; i primi risparmi finanzieranno l'espansione del sistema negli anni successivi. ○ Sistemi aperti: prediligere dispositivi compatibili con il protocollo Modbus. Questo garantisce che in futuro sarà possibile aggiungere sensori di qualsiasi marca senza restare vincolato a un unico fornitore. ○ Frequenza del dato: chiedere che i dati siano registrati ogni 1-5 minuti. Le medie orarie sono troppo lente e "nascondono" i picchi di avviamento dei motori, che sono i momenti di maggiore stress energetico.
<p>Ostacoli e barriere</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Barriere economiche e percezione dei costi: l'investimento iniziale è spesso ritenuto oneroso, in particolare per le piccole aziende con budget limitati. ○ Carenza di competenze e consapevolezza: scarsa conoscenza dei vantaggi e mancanza di figure interne per la gestione dei sistemi. ○ Ostacoli organizzativi: carenza di tempo, difficoltà di integrazione con i flussi di lavoro e una resistenza al cambiamento procedurale rallentano l'adozione. ○ Limiti infrastrutturali: la presenza di impianti obsoleti o problemi di connettività nelle aree rurali possono complicare l'installazione tecnica. ○ Sicurezza e incentivi: preoccupazioni sulla protezione dei dati aziendali e un quadro di incentivi talvolta percepito come insufficiente potrebbero frenare ulteriormente il processo

Casi studio – Sistema di monitoraggio dei consumi

Categoria	GESTIONE DELL'ENERGIA
Tecnologia	MONITORAGGIO DEI CONSUMI ENERGETICI
Caso studio	Azienda vitivinicola di grandi dimensioni – Nord Italia
Stato di fatto	<p>L'azienda vinicola produce annualmente circa 70.000 hl di vino da uve nazionali in un grande sito produttivo operando su due turni giornalieri.</p> <p>Profilo dei consumi e costi energetici Il bilancio energetico ante-intervento evidenziava una bolletta elettrica di circa 130.000 € (800 MWh/anno), rappresentante l'80% dei costi energetici totali; oltre il 50% di tale quota era assorbito dalle linee produttive. Tra i carichi critici si segnalava la centrale aria compressa da 70 kW complessivi. Il fabbisogno termico, pari a 650 MWh, comportava una spesa di 30.000 €. Il gas alimenta un generatore di vapore per il lavaggio e condizionamento contenitori, mentre il riscaldamento uffici è gestito da una caldaia dedicata.</p>
Obiettivi	L'obiettivo è implementare un sistema di monitoraggio per mappare i consumi, calcolare gli IPE (kWh/hl) e individuare sprechi energetici. Tale analisi mira a ottimizzare la manutenzione, ridurre i costi operativi.
OTTIMIZZAZIONE ENERGETICA	
Descrizione	<p>Per l'ottimizzazione delle prestazioni della cantina, è stato implementato un sistema di monitoraggio conforme alle linee guida ENEA (D.Lgs. 102/14).</p> <p>Il piano di monitoraggio energetico prevede l'installazione di 24 misuratori totali, suddivisi tra energia elettrica (15), temperatura (5), portata (3) e pressione (1). La distribuzione dei sensori copre capillarmente gli uffici, le linee di produzione, il magazzino e l'illuminazione esterna, con una concentrazione specifica sui servizi ausiliari. In particolare, la gestione dei carichi termici e dei fluidi è presidiata da sensori dedicati su chiller, centrale termica e impianti di aria compressa per garantire l'efficienza sistemica.</p> <p>Il sistema di monitoraggio impiega sensori e analizzatori wireless autoalimentati che trasmettono i dati di consumo a una piattaforma cloud tramite gateway (Wi-Fi, LAN o rete cellulare). Le informazioni, archiviate in database dedicati, vengono elaborate in indicatori gestionali accessibili mediante interfaccia protetta. Il sistema integra strumenti per l'esportazione dei dati in formati standard, dashboard di analisi visiva (<i>diagrammi di Sankey e heatmap o mappe di calore</i>) per evidenziare picchi di consumo e funzionalità per la gestione flessibile delle utenze. Il monitoraggio ha consentito di valutare in <i>real time</i> gli Indicatori di Prestazione Energetica, permettendo interventi rapidi in caso di scostamenti dai target prefissati.</p> <p>Il sistema rileva i consumi specifici per centri di costo e identifica anomalie prestazionali, ottimizzando i cicli di manutenzione e riducendo i fermi impianto.</p>
INDICATORI DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA	
Costi investimento	30.000 € (acquisto e installazione della strumentazione)
Risparmi energetici	16.000 kWh/anno (risparmio di energia elettrica) 1.300 Sm³/anno (risparmio di gas naturale)
Risparmi economici	4.000 €/anno
Tempo di recupero	7,5 anni

3.2. Sistemi di gestione dell'energia

Le informazioni raccolte dal sistema di monitoraggio costituiscono la base per la pianificazione e il controllo richiesti da un Sistema di Gestione dell'Energia (SGE) conforme allo standard internazionale **ISO 50001**. Esso rappresenta per una cantina moderna lo strumento strategico definitivo per trasformare il monitoraggio dei dati in un percorso rigoroso di efficienza e competitività. Non si tratta di una semplice raccolta di misure, ma di una metodologia strutturata che integra la gestione dell'energia nei processi decisionali aziendali, puntando al miglioramento continuo delle prestazioni energetiche.

Finalità e realizzazione: il Ciclo PDCA

L'adozione di un Sistema di Gestione dell'Energia, strutturato secondo il modello **Plan-Do-Check-Act (PDCA)** e i requisiti della norma **ISO 50001**, permette di ottimizzare i consumi agendo congiuntamente sull'efficienza tecnologica e sulle prassi operative. In ambito enologico, l'efficacia di tale sistema risiede nella capacità di **mappare gli Usi Energetici Significativi** (refrigerazione, pompaggio, imbottigliamento) e di tradurli in **Indicatori di Prestazione Energetica (EnPI)** misurabili, come il rapporto **kWh/hl**. Il **monitoraggio costante** diviene quindi il pilastro fondamentale per alimentare il miglioramento continuo, garantendo la verifica dei risultati rispetto agli obiettivi prefissati e la correzione tempestiva delle non conformità (Figura 5).



Figura 5. Esempio di applicazione dello standard ISO 50001 a una cantina vitivinicola

La Tabella 3 sintetizza i principali benefici derivanti dall'applicazione di un SGE in cantina.

Tabella 3. Benefici del SGE (ISO 50001) nel settore vitivinicolo

Categoria	Benefici e impatto operativo
Performance energetica	Ottimizzazione e monitoraggio continuo: miglioramento dell'efficienza nei processi critici (fermentazione e refrigerazione). Introduzione di controlli sistematici per garantire il mantenimento degli standard prestazionali nel tempo.
Risparmio economico	Contenimento dei costi operativi: riduzione dei consumi elettrici, con particolare focus sulla fermentazione. Maggiore consapevolezza analitica della spesa per una riduzione diretta della bolletta.
Gestione del rischio	Pianificazione e sicurezza approvvigionamenti: definizione di obiettivi misurabili e mitigazione delle criticità legate a interruzioni di fornitura o all'instabilità dei prezzi dei vettori energetici.
Vantaggio competitivo	Posizionamento e reputazione: accesso prioritario a bandi pubblici e finanziamenti agevolati. Valorizzazione del brand presso segmenti di mercato orientati alla sostenibilità ambientale.
Sinergia gestionale	Integrazione standardizzata: architettura normativa interoperabile con gli standard ISO 9001 (Qualità) e ISO 14001 (Ambiente), ottimizzando le risorse dedicate alla gestione aziendale.

Categoria	GESTIONE DELL'ENERGIA
Tecnologia	SISTEMA DI GESTIONE ENERGIA CONFORME ISO 50001
<p>Descrizione tecnologia</p>	<p>La norma ISO 50001 definisce i criteri per implementare e ottimizzare un Sistema di Gestione dell'Energia (SGE), offrendo un metodo rigoroso per migliorare le prestazioni energetiche attraverso l'efficienza e il controllo dei consumi. Il successo del sistema richiede il pieno coinvolgimento del vertice aziendale.</p> <p style="text-align: center;">Fasi di implementazione</p> <p>PLAN - Pianificazione</p> <p>In questa fase si esegue l'analisi energetica per mappare i consumi e individuare gli Usi Energetici Significativi (refrigerazione, pompaggio, imbottigliamento). Si definiscono la politica energetica e obiettivi quantificabili. Eventualmente si può nominare anche un Energy Manager. Sebbene comporti costi di consulenza, audit e transizione organizzativa, i vantaggi risiedono nella riduzione dei costi operativi, nel rafforzamento del brand e nella conformità normativa.</p> <p>DO - Esecuzione</p> <p>L'attuazione prevede interventi tecnici mirati, ad es. coibentazione dei serbatoi, adozione di motori ad alta efficienza, installazione di LED e ottimizzazione dei processi produttivi. Parallelamente, si procede con la formazione del personale e la definizione di procedure documentali per garantire il controllo costante dei flussi energetici.</p> <p>CHECK - Controllo</p> <p>Il monitoraggio sistematico avviene tramite gli Indicatori di Prestazione Energetica (EnPI), come il rapporto kWh/hl. Attraverso audit interni e il periodico riesame della direzione, si verifica l'efficacia del sistema, la conformità legislativa e il raggiungimento dei traguardi prefissati, assicurando che l'infrastruttura rispetti i requisiti normativi.</p> <p>ACT - Azione</p> <p>La fase finale prevede la gestione delle non conformità e l'attuazione di azioni correttive per risolvere eventuali anomalie. Il ciclo si chiude con lo sviluppo di nuove azioni di miglioramento e l'aggiornamento degli obiettivi strategici sulla base dei risultati ottenuti e delle innovazioni tecnologiche disponibili, garantendo l'evoluzione continua dell'efficienza aziendale.</p>
<p>Obiettivi</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Ridurre i costi tramite processi ottimizzati e tecnologie efficienti. ○ Strutturare una gestione energetica sistematica monitorando le performance per garantire il miglioramento continuo.
<p>Benefici</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Conformità normativa: lo standard agevola il rispetto degli obblighi di legge vigenti in materia di efficienza energetica. ○ Valorizzare il brand e la reputazione aziendale sul mercato. ○ Accedere a nuove opportunità commerciali e opportunità di finanziamento. ○ Aumento di competitività e posizionamento strategico.

INDICATORI DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA	
Costi di investimento	 <p>In generale, l'impegno economico può variare da poche migliaia di euro per le piccole realtà fino a diverse decine di migliaia per le organizzazioni più complesse e grandi gruppi industriali, a seconda del livello di gestione energetica già presente in azienda.</p> <p>Il costo finale è influenzato dalla complessità dei processi (specialmente la gestione del freddo), dal numero di misuratori da installare e dalla presenza di sistemi di gestione preesistenti. La spesa si divide tra consulenza tecnica per l'analisi energetica (stimato tra i 3.500 e i 10.000 euro), hardware per il monitoraggio dei dati e costi dell'ente certificatore, formazione e aggiornamento del personale sulle nuove procedure, costi di mantenimento del sistema di gestione, ma viene solitamente ammortizzata in pochi anni grazie a risparmi in bolletta, oltre all'accesso ad agevolazioni fiscali e incentivi.</p>
Risparmi energetici	 <p>Pur non garantendo un risparmio energetico elevato quanto altri interventi mirati, questa soluzione offre benefici significativi e applicabili in modo diffuso.</p>
Tempo di recupero	 <p>Il tempo di recupero degli investimenti per l'implementazione della norma ISO 50001 si attesta generalmente tra 1 e 3 anni, configurando l'intervento come una soluzione ad alto rapporto costi-benefici. Nelle strutture di grandi dimensioni, l'ammortamento risulta accelerato grazie a economie di scala e risparmi energetici proporzionali ai volumi produttivi. Sebbene l'esborso iniziale possa essere significativo, la drastica contrazione delle spese operative e una pianificazione strategica mirata garantiscono il rientro dei capitali in tempi brevi, ottimizzando la gestione finanziaria e l'efficienza di processo.</p>
Implementazione	 <p>L'adozione può risultare complessa per via di ostacoli quali la scarsa informazione, la carenza di organico dedicato e le criticità tecniche nell'individuazione degli indicatori di prestazione energetica (EnPI). Tali sfide rendono necessari percorsi formativi e competenze specialistiche.</p>
Valutazione globale	 <p>L'attuazione di un SGE conforme alla norma ISO 50001 costituisce un intervento efficace, capace di generare risparmi energetici consistenti e una riduzione d'impatto ambientale rilevante. Ciononostante, le difficoltà tecniche e l'investimento iniziale possono costituire ostacoli significativi, in particolare per le realtà meno strutturate.</p>

OTTIMIZZAZIONE ENERGETICA	
Raccomandazioni di ottimizzazione	<p>Per massimizzare l'efficacia della norma ISO 50001, è necessario:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ garantire il pieno supporto della direzione e definire una politica energetica che stabilisca obiettivi e risorse. ○ effettuare una diagnosi accurata per individuare le criticità, supportata da un monitoraggio costante dei consumi per validare i risultati. ○ fissare traguardi misurabili, raggiungibili e allineati alla strategia aziendale e redigere piani d'azione con responsabilità e tempistiche certe. ○ Il successo del sistema dipende inoltre dalla formazione continua del personale e da un aggiornamento periodico del Sistema di Gestione dell'Energia (SGE), finalizzato all'integrazione di nuove tecnologie e al miglioramento dei processi organizzativi.
Ostacoli e barriere	<p>L'adozione dello standard ISO 50001 incontra ostacoli legati a:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ carenza di consapevolezza sui benefici economici e alla resistenza al cambiamento nei processi operativi. ○ percezione di elevati costi iniziali e la scarsità di competenze tecniche interne che frenano l'adesione, specialmente nelle piccole medie imprese. ○ la complessità nella gestione dei dati di consumo e la difficoltà specialistica nel definire Indicatori di Prestazione Energetica (EnPI) realmente rappresentativi dell'efficienza aziendale.

Casi studio – Sistema di Gestione dell'Energia

Categoria	GESTIONE DELL'ENERGIA
Tecnologia	SISTEMA DI GESTIONE ENERGIA CONFORME ISO 50001
Caso studio	Azienda vitivinicola di medie dimensioni – Sud Italia
Stato di fatto	L'organizzazione oggetto dell'analisi è un'azienda vitivinicola situata in Sicilia, caratterizzata da una capacità produttiva annua di circa 40.000 hl (vini da tavola e IGP). Il profilo dei consumi è dominato dai carichi elettrici dei sistemi di refrigerazione (controllo termico della fermentazione e conservazione) e dei sistemi di aria compressa. Precedentemente all'audit, il sito presentava uno stabilimento parzialmente efficientato grazie a un intervento di relamping LED integrale e all'aggiornamento tecnologico dei compressori, azioni che avevano già ridotto i costi operativi di base ma senza una struttura di monitoraggio e gestione sistematica del dato energetico.
Obiettivi	L'obiettivo primario dell'organizzazione consisteva nell'integrare un sistema di gestione dell'energia conforme allo standard ISO 50001 , finalizzato all'ottimizzazione dei prelievi e al potenziamento delle prestazioni ambientali. Il piano d'azione mirava a una riduzione del 15% dei consumi in un arco temporale di tre anni.
OTTIMIZZAZIONE ENERGETICA	
Descrizione	L'intervento core consiste nell'implementazione di un Sistema di Gestione dell'Energia (SGE) conforme alla norma ISO 50001:2018 . Il processo si articola nelle seguenti fasi tecniche: <ul style="list-style-type: none"> ○ Diagnosi energetica analitica: mappatura puntuale dei vettori energetici e dei centri di costo (refrigerazione, fermentazione, imbottigliamento). ○ Monitoraggio e automazione: integrazione di misuratori fiscali e sensori IoT per il controllo in tempo reale dei flussi energetici e l'individuazione tempestiva di scostamenti (anomalie). ○ Efficientamento del ciclo del freddo: ottimizzazione dei set-point termici e miglioramento delle logiche di controllo delle centrali frigorifere. ○ Formazione e protocolli operativi: redazione di procedure gestionali per il personale e programmi di sensibilizzazione volti al risparmio energetico comportamentale.
INDICATORI DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA	
Costi investimento	25.000 € (costi per l'audit iniziale, l'acquisto di hardware di monitoraggio - power meters, gateway - e le spese di certificazione da parte dell'ente terzo)
Risparmi economici	~ 8.500 - 12.000 €/anno
Tempo di recupero	2,5 - 3 anni

4. Ottimizzazione dei sistemi di processo

L'efficiamento dei sistemi di processo si basa sull'individuazione dei carichi energetici principali, con particolare attenzione ai **servizi ausiliari** (centrali frigorifere, aria compressa, pompaggio). Tale analisi non segue l'ammodernamento tecnologico, ma lo precede: la **diagnosi energetica e il monitoraggio sono** il presupposto indispensabile per definire una **strategia d'investimento basata su dati reali**. Attraverso il **monitoraggio dei consumi** è possibile implementare correzioni immediate, trasformando la gestione energetica da una semplice sostituzione di componenti a un **sistema integrato di controllo delle risorse**.

Sistemi di Refrigerazione

La gestione del freddo costituisce l'ambito prioritario di intervento, data l'elevata incidenza energetica nei processi di vinificazione e stabilizzazione. L'efficiamento è perseguito attraverso la regolazione avanzata dei chiller e l'ottimizzazione dei parametri termici del ciclo frigorifero. Nello specifico, l'innalzamento della temperatura di evaporazione e la contestuale riduzione di quella di condensazione consentono di elevare l'efficienza energetica, garantendo risparmi medi del 2-4% per ogni grado di variazione. Risulta inoltre strategico il recupero dei cascami energetici: il calore di scarto, intercettato durante la fase di desurriscaldamento o condensazione, può essere convertito in risorsa gratuita per il riscaldamento di acqua di processo o ambienti, riducendo drasticamente il ricorso a fonti termiche primarie.

Sistemi ad aria compressa

Il vettore pneumatico, pur essendo fondamentale per l'automazione e il confezionamento, presenta intrinsecamente rendimenti termodinamici ridotti, con circa l'80-90% dell'energia assorbita dissipata in calore. L'ottimizzazione si articola sulla bonifica sistematica delle perdite lungo la rete di distribuzione - che possono incidere fino al 25% della produzione totale - e sulla taratura della pressione d'esercizio ai minimi funzionali. L'adozione di compressori correttamente dimensionati e dotati di sistemi di recupero termico permette di trasformare un sottoprodotto energetico in una leva di risparmio operativo.

4.1. Sistemi di refrigerazione

4.1.1. Gestione della refrigerazione nel settore vitivinicolo

L'ottimizzazione dei sistemi di refrigerazione rappresenta il pilastro fondamentale per l'efficienza in cantina, garantendo la sostenibilità economica e il rigore qualitativo. Il controllo termico risulta determinante nel governare le cinetiche microbiche e le fermentazioni, prevenendo alterazioni biochimiche o degradazioni del profilo aromatico. Come indicato nei parametri di riferimento di Tabella 4, il mantenimento di range termici costanti assicura la stabilità organolettica e la corretta conservazione del prodotto. L'impiego di tecnologie performanti permette una gestione energetica di precisione, riducendo drasticamente i costi operativi in ogni fase del processo trasformativo.

Tabella 4. Temperature minime e massime di riferimento nei processi di vinificazione⁶

Tipo vinificazione / metodo	Fase	Intervallo di temperatura
Vinificazione in rosso	Fermentazione e macerazione	20–30 °C
	Decantazione	10–15 °C
	Chiarifica	10–15 °C
	Stabilizzazione tartarica	tra -4 °C e 0 °C
Vinificazione in bianco	Decantazione e pulizia mosto	10–16 °C
	Fermentazione in vasca	12–20 °C
	Chiarifica	5–10 °C
	Stabilizzazione tartarica	tra -4 e 0 °C
Martinotti – Charmat	Seconda rifermentazione in autoclave	12–18 °C
	Stabilizzazione	tra -4 e 0 °C
Champenois - Classico	Seconda rifermentazione in bottiglia	10–15 °C
	Remuage	10–14 °C
	Sboccatura	tra -35°C e -15°C

4.1.2. Efficientamento dei sistemi di refrigerazione

L'ottimizzazione dei sistemi di refrigerazione richiede una strategia integrata basata su **diagnosi e monitoraggio energetico**, essenziali per mappare i carichi reali e correggere le


⁶

I valori riportati costituiscono parametri di riferimento basati su medie di settore e letteratura consolidata. Le temperature effettive dipendono dallo specifico processo e dalla tipologia del prodotto, dalle tecnologie impiegate e dalla dotazione strutturale della cantina



inefficienze mediante la **taratura dei parametri operativi** (es. innalzamento della temperatura di evaporazione). Questo approccio analitico permette di ottimizzare l'asset esistente, differendo investimenti in conto capitale e garantendo il corretto dimensionamento di eventuali nuove tecnologie. L'integrazione di componenti ad alta efficienza, come l'**installazione retrofit di inverter** sui compressori e l'uso di ventilatori intelligenti, riduce drasticamente consumi e usura meccanica. Infine, l'impiego del **free-cooling** va subordinato a una rigorosa analisi delle variabili climatiche locali, implementando la tecnologia solo se il differenziale termico ambientale garantisce un ritorno economico certo rispetto ai costi di installazione.




<p>Categoria</p>	<p>SISTEMI DI REFRIGERAZIONE</p>
<p>Tecnologia</p>	<p>DIAGNOSI E OTTIMIZZAZIONE DEI SISTEMI DI REFRIGERAZIONE</p>
<p>Descrizione tecnologia</p>	<p>Regolazione delle temperature del ciclo frigorifero La regolazione dei parametri del ciclo frigorifero (Figura 6) è determinante per l'efficiamento dei processi di raffreddamento. L'Energy Efficiency Ratio (EER), dipende direttamente dalle temperature di evaporazione e condensazione: incrementando la prima e riducendo la seconda, si minimizza il lavoro del compressore necessario al trasferimento del calore. Ottimizzare questi due parametri significa, in sostanza, far fare al compressore "meno fatica" per spostare il calore dall'evaporatore al condensatore.</p> <div data-bbox="542 660 1380 1108" data-label="Diagram"> <p>SCHEMA SEMPLIFICATO DEL CICLO FRIGORIFERO</p> <p>CONDENSATORE T_{cond}</p> <p>DISPOSITIVO DI ESPANSIONE</p> <p>EVAPORATORE T_{evap}</p> <p>COMPRESSORE ROTATIVO A VITE</p> <p>EER (ENERGY EFFICIENCY RATIO)</p> <p>CAPACITÀ DI RAFFREDDAMENTO PRODOTTA (kW)</p> <p>ENERGIA ELETTRICA CONSUMATA (kW)</p> <p>Misura l'efficienza energetica del ciclo frigorifero. Un valore più alto indica maggiore efficienza.</p> </div> <p>Figura 6. Schema semplificato del ciclo frigorifero</p> <p>Manutenzione e riduzione perdite di fluido refrigerante La gestione delle perdite di fluido refrigerante, variabili tra il 5% e il 10% annuo, è cruciale per la sostenibilità e l'economicità gestionale. La dispersione di gas climalteranti danneggia l'ambiente e degrada la resa termodinamica del sistema. Per compensare la carenza di fluido e mantenere i set-point termici, l'impianto estende i cicli di lavoro, causando un aumento dei consumi elettrici e dei costi operativi. Una manutenzione rigorosa previene quindi un calo della redditività aziendale.</p>
<p>Obiettivi</p>	<p>Regolazione delle temperature del ciclo frigorifero: massimizzare l'efficienza energetica (migliorando l'Energy Efficiency Ratio) e contenere i costi operativi mediante l'allineamento dei parametri termici ai carichi reali.</p> <p>Manutenzione e riduzione perdite di fluido refrigerante: preservare la resa nominale dell'impianto attraverso il monitoraggio sistematico e il ripristino delle tenute, eliminando gli extra-consumi derivanti dal deficit di fluido.</p>
<p>Benefici</p>	<p>Efficienza e sostenibilità: abbattimento dei prelievi elettrici e riduzione dell'impronta di carbonio, limitando le emissioni dirette di gas HFC ad alto Global Warming Potential (GWP).</p> <p>Sicurezza e longevità: incremento degli standard di sicurezza nei luoghi di lavoro e protezione della continuità operativa, prevenendo guasti meccanici dovuti a regimi di funzionamento anomali.</p>

INDICATORI DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA	
Costi di investimento	<p>Investimento accessibile </p> <p>Regolazione delle temperature del ciclo frigorifero L'investimento richiesto per la calibrazione termica risulta proporzionato ai benefici ottenibili. Sebbene i costi dipendano dalle specifiche configurazioni impiantistiche e delle modifiche necessarie, l'operazione non comporta spese eccessive, garantendo la sostenibilità economica dell'intervento.</p> <p>Manutenzione e riduzione perdite di fluido refrigerante I costi di implementazione sono variabili ma generalmente contenuti, fluttuando in base alla complessità dell'impianto e ai sistemi di monitoraggio adottati. A titolo esemplificativo, un intervento ordinario di ricerca, riparazione e ripristino del gas refrigerante può richiedere un impegno economico tra 500 € e 800 €.</p>
Risparmi energetici	<p></p> <p>Regolazione delle temperature del ciclo frigorifero La regolazione delle temperature del ciclo frigorifero genera risparmi medi del 2-4% per ogni grado (K) di variazione. Tale intervento risulta strategico, poiché minimi aggiustamenti tecnici producono una riduzione immediata e consistente dei costi energetici.</p> <p>Manutenzione e riduzione perdite di fluido refrigerante Parallelamente, la manutenzione e la riduzione delle perdite di fluido refrigerante garantiscono risparmi potenzialmente significativi. L'integrità del circuito è determinante per le prestazioni: un tasso di perdita annuo del 20% compromette l'efficienza energetica di circa il 10%. L'eliminazione di tali dispersioni consente il recupero immediato della produttività, ottimizzando i consumi e prolungando la vita utile dei macchinari.</p>
Tempo di recupero	<p>Ridotti per ottimizzazioni gestionali </p> <p>Per le ottimizzazioni software, quali la regolazione dei set-point il ritorno è stimato tra 6 e 12 mesi. L'aggiornamento della componentistica, come l'integrazione di inverter, richiede mediamente 2-4 anni per il rientro economico, mentre il potenziamento degli scambiatori necessita di 4-7 anni, con tempistiche superiori in caso di manutenzioni straordinarie.</p> <p>La manutenzione e riduzione delle perdite del refrigerante garantisce un rientro economico rapido, compreso in media tra 1 e 3 anni. In presenza di fughe rilevanti, il recupero dell'investimento avviene spesso in meno di un anno, mentre per perdite di media entità il break-even si attesta di solito sui 2-3 anni.</p>
Implementazione	<p>Potenzialmente complessa </p> <p>Regolazione delle temperature del ciclo frigorifero L'intervento presenta una moderata complessità tecnica. La calibrazione di precisione delle temperature operative richiede l'apporto di personale</p>

	<p>specializzato, poiché l'adeguamento dei parametri di impianto non risulta immediato. È necessaria una conoscenza approfondita del sistema per garantire condizioni di esercizio ottimali e in sicurezza.</p> <p>Manutenzione e riduzione perdite di fluido refrigerante L'individuazione e la riparazione dei trafiletti risultano complesse, specie in impianti articolati, richiedendo strumentazione dedicata e tecnici qualificati.</p>
Valutazione globale	<div style="text-align: right;">  </div> <p>La regolazione delle temperature del ciclo frigorifero garantisce un elevato risparmio energetico, tempi di recupero molto ridotti. La principale criticità è rappresentata dalla complessità tecnica dell'esecuzione, che richiede competenze specialistiche per una corretta calibrazione dei parametri del ciclo. Il monitoraggio delle perdite di refrigerante coniuga efficienza energetica e sostenibilità ambientale, assicurando un eccellente rapporto costi-benefici e rapidi ritorni economici. Data la potenziale difficoltà diagnostica in impianti articolati, è essenziale programmare manutenzioni mirate e investire nella formazione del personale per una gestione ottimale dei guasti e delle perdite.</p>
OTTIMIZZAZIONE ENERGETICA	
Raccomandazioni di ottimizzazione	<p>Regolazione delle temperature del ciclo frigorifero L'efficienza del sistema di raffreddamento dipende dalla gestione ottimale dei livelli termici. Per elevare la temperatura di evaporazione, occorre impostare il set-point al massimo valore compatibile con il processo, evitando l'uso di un unico circuito per temperature differenti. Risulta fondamentale garantire lo scambio termico tramite la pulizia degli evaporatori, la rimozione di ostruzioni fisiche e la corretta taratura di valvole di espansione e ventilatori. La riduzione della temperatura di condensazione si ottiene abbassando i set-point di pressione minima, nel rispetto dei limiti tecnologici dei componenti.</p> <p>Manutenzione e riduzione perdite di fluido refrigerante Si richiede l'attuazione di un protocollo rigoroso:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Ispezioni periodiche: monitoraggio costante di valvole, giunti e tubazioni per l'individuazione di fughe. ○ Riparazioni tempestive: ripristino immediato dei guasti con tecniche professionali e collaudo finale della tenuta. ○ Sistemi di rilevamento: installazione di dispositivi automatici per la segnalazione in tempo reale di cali di pressione. ○ Manutenzione preventiva: programmazione di controlli per contrastare l'usura dei componenti e preservare l'efficienza nominale dell'impianto.
Ostacoli e barriere	<p>Regolazione delle temperature del ciclo frigorifero La calibrazione ottimale delle temperature operative su macchinari in funzione risulta complessa e non immediata. Tale ottimizzazione richiede l'intervento di tecnici specializzati per adattare con precisione l'impianto esistente ai nuovi standard di efficienza.</p> <p>Manutenzione e riduzione perdite di fluido refrigerante</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Consapevolezza operativa: l'incidenza delle perdite di refrigerante sui costi e sull'efficienza energetica viene spesso sottostimata. ○ Complessità tecnica: l'individuazione e il ripristino dei guasti in sistemi articolati richiedono diagnosi laboriose, strumentazione avanzata e competenze specialistiche.

Categoria	SISTEMI DI REFRIGERAZIONE
Tecnologia	FREE COOLING
Descrizione tecnologia	<p>Free Cooling (“raffreddamento naturale”)</p> <p>Il free cooling consiste nell'utilizzo dell'aria esterna come sorgente fredda per raffreddare il fluido termovettore (acqua o miscela glicolata) del sistema di refrigerazione, senza l'intervento del compressore frigorifero. L'applicabilità dipende principalmente dal differenziale di temperatura tra l'aria ambiente e il set-point richiesto dal processo. In ambito enologico, l'efficacia è massima quando la temperatura esterna è di almeno 2-3 °C inferiore alla temperatura del fluido di ritorno dall'utenza.</p> <p>Modalità di funzionamento</p> <p>Esistono due tecniche principali:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Free Cooling indiretto: attraverso scambiatori a pacco alettato (<i>dry cooler</i>), il fluido termovettore (acqua o glicole) viene raffreddato dall'aria esterna quando questa è sufficientemente fredda (solitamente sotto i 10-15 °C), consentendo lo spegnimento totale o parziale dei gruppi frigoriferi. ○ Free Cooling diretto: impiega sistemi di serrande motorizzate per immettere direttamente aria esterna nei locali di affinamento, sfruttando le condizioni climatiche favorevoli per mantenere i set-point termici. <p>Il sistema (Figura 7) opera secondo due configurazioni principali basate sul differenziale di temperatura:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Modalità parziale: la valvola deviatrice indirizza il fluido a una batteria di scambio per un preraffreddamento. Ciò riduce il lavoro richiesto al compressore, limitando l'usura meccanica e l'assorbimento elettrico. ○ Modalità totale: qualora il differenziale termico tra esterno e fluido superi il differenziale di temperatura impostato, i compressori vengono arrestati. La refrigerazione è garantita esclusivamente dallo scambio termico naturale, azzerando il consumo energetico legato al ciclo a compressione e limitandolo ai soli ventilatori, elevando così l'indice di efficienza EER (Energy Efficiency Ratio) del sistema. <p style="text-align: center;"><i>Figura 7. Schema di un sistema di refrigerazione con free cooling</i></p>

	<p>Osservazioni sull'applicabilità in cantina</p> <p>I carichi termici in cantina sono suddivisi in fasi, ognuna con potenziali benefici:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Raffreddamento del pigiato e dei mosti (controllo della fermentazione): richiede temperature tra 15°C e 28°C. Durante le stagioni o le ore più fresche, il sistema può preraffreddare i fluidi tecnici per la decantazione o il controllo delle fermentazioni. Il free cooling è estremamente efficace nelle ore notturne. ○ Stabilizzazione: anche se richiede temperature molto basse, il free cooling può abbattere sensibilmente il carico termico iniziale prima dell'intervento della refrigerazione meccanica e può intervenire come preraffreddamento o raffreddamento totale durante i mesi invernali. ○ Affinamento e invecchiamento: mantenimento di temperature costanti nelle zone di stoccaggio delle botti o delle bottiglie, sfruttando l'aria notturna o invernale. Il free cooling è applicabile per gran parte dell'anno, specialmente in strutture ipogee o ben isolate. <p>L'efficacia del sistema dipende dalla collocazione geografica della cantina (regioni con notti fresche o inverni lunghi traggono i benefici maggiori) e dalla temperatura di set-point richiesta: più la temperatura del fluido di processo è vicina a quella ambientale, più ore di free cooling sono disponibili durante l'anno:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Nord Italia e zone Appenniniche: massimo vantaggio. Le basse temperature notturne durante la vendemmia (settembre-ottobre) e i rigidi mesi invernali permettono di coprire fino al 70-80% del carico frigorifero per la stabilizzazione tartarica. ○ Centro-Sud Italia: vantaggio stagionale concentrato nelle ore notturne durante la fermentazione e molto elevato per la stabilizzazione invernale. In queste aree, l'uso di sistemi "ad acqua" (evaporativi) può estendere le ore di funzionamento rispetto ai sistemi "a secco".
<p>Obiettivi</p>	<p>Massimizzare il risparmio energetico sfruttando l'aria esterna fresca per abbattere i carichi termici di processo e affinamento, riducendo drasticamente l'uso dei compressori frigoriferi.</p>
<p>Benefici</p>	<p>Risparmio energetico: riduzione drastica del consumo elettrico (fino all'80-90% rispetto al solo chiller nelle ore di funzionamento in free cooling), eliminando l'assorbimento dei compressori.</p> <p>Longevità degli Impianti: minore usura dei componenti meccanici dei gruppi frigoriferi, che rimangono spenti per lunghi periodi dell'anno.</p>
<p>INDICATORI DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA</p>	
<p>Costi di investimento</p>	<p>Elevati</p> <div style="text-align: right;">  </div> <p>L'integrazione del free cooling comporta un investimento rilevante, con costi intorno ai 150-250€/kW termico principalmente a causa del costo aggiuntivo del dry cooler e delle valvole a 3 vie.</p>
<p>Risparmi energetici</p>	<p>fino a 30-50%</p> <div style="text-align: right;">  </div> <p>Rispetto a un sistema standard a compressione si possono conseguire risparmio fino al 30-50% nelle condizioni e nei contesti più favorevoli. Al contrario, in contesti climatici con elevate temperature medie l'introduzione del free cooling non garantisce risparmi energetici apprezzabili.</p>

<p>Tempo di recupero</p>	<p>2-5 anni</p>  <p>Il ritorno dell'investimento varia in funzione della taglia e della zona climatica.</p>
<p>Implementazione</p>	<p>Complessa</p>  <p>L'integrazione del free cooling richiede spesso modifiche al layout di impianti e tubazioni, risultando talvolta inefficiente in contesti caldi dove l'escursione termica esterna è insufficiente. Parallelamente, il retrofit per l'isolamento termico di pareti esistenti può presentare complessità costruttive elevate e un rapporto costi-benefici poco favorevole rispetto al risparmio energetico conseguibile.</p>
<p>Valutazione globale</p>	 <p>Questa soluzione rappresenta un'opzione valida per la riduzione dei consumi, con prestazioni ottimali in condizioni operative standard. Tuttavia, l'elevato investimento iniziale e le complessità tecniche costituiscono i principali ostacoli per il free cooling. Al contrario, gli interventi finalizzati alla riduzione del carico termico ambientale risultano di più facile applicazione e garantiscono un rientro economico accelerato. In sintesi, il free cooling è ideale per siti con carichi costanti, clima favorevole e spazi adeguati.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Piccole Cantine (< 1.000 hl/anno): l'investimento può presentare un PBT (Payback Time) esteso dovuto ai costi fissi. Si raccomandano sistemi semplificati di <i>night cooling</i> (ventilazione forzata). ○ Medie e Grandi Cantine (> 10.000 hl/anno): l'integrazione del modulo free cooling nel chiller costituisce una <i>best practice</i> grazie alle economie di scala. Il risparmio elettrico giustifica l'extra-costo tecnologico in tempi brevi.
<p>OTTIMIZZAZIONE ENERGETICA</p>	
<p>Raccomandazioni di ottimizzazione</p>	<p>Per il raggiungimento dell'efficienza energetica ottimale, l'adozione di questa soluzione richiede un approccio integrato focalizzato sulla riduzione dei carichi termici e sull'utilizzo del free cooling.</p> <p>Integrazione del free cooling</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Sistemi ad acqua (Dry Cooler con Spray): l'uso di acqua nebulizzata sulle batterie aumenta le ore di funzionamento del free cooling anche con temperature esterne meno favorevoli (raffreddamento adiabatico). ○ Automazione (PLC): implementare logiche di controllo che diano priorità al free cooling non appena le condizioni termometriche lo consentano.
<p>Ostacoli e barriere</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Costi Iniziali: la percezione del costo aggiuntivo rispetto a un gruppo frigo tradizionale. ○ Ingombri planimetrici: necessità di spazio esterno per l'installazione dei dry-cooler. ○ Manutenzione: necessità di pulizia periodica degli scambiatori ad aria per mantenere l'efficienza. ○ Incompatibilità climatica estemporanea: annate con autunni particolarmente caldi possono ridurre drasticamente l'efficacia durante la fermentazione.

Casi studio – Ottimizzazione dei sistemi di refrigerazione

Categoria	SISTEMI DI REFRIGERAZIONE
Tecnologia	AUMENTO TEMPERATURA DI EVAPORAZIONE
Caso studio	Azienda vitivinicola di grandi dimensioni – Nord Italia
Stato di fatto	<p>Il sito gestisce l'intero ciclo vinicolo con un sistema di confezionamento automatizzato da 14.000 bottiglie/h. L'affinamento e lo stoccaggio avvengono in vasche di cemento, barrique e serbatoi inox termoregolati ($T < 20^{\circ}\text{C}$), mentre la stabilizzazione tartarica è operata a temperatura ambiente (bianchi, rosati e spumanti) o a ciclo freddo (vini giovani) in base alla tipologia di vino.</p> <p>Assetto energetico e criticità</p> <p>Il sistema di refrigerazione centralizzato costituisce il principale centro di costo elettrico (2.400 MWh/anno, circa 360.000 €). Nonostante il recupero termico dai compressori e chiller ($45\text{-}65^{\circ}\text{C}$) per lavaggi e tunnel di riempimento, sussistono inefficienze strutturali:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Sbilanciamento stagionale: l'elevato carico termico estivo per le autoclavi e il ridotto recupero invernale determinano elevato consumo di gas. ○ Performance: gli Indicatori di Prestazione Energetica attuali (11 kWh/hl e 0,30 Sm³/hl) e l'assenza di monitoraggio conforme alla norma ISO 50001 evidenziano ampi margini di miglioramento. ○ Gestione carichi: si riscontra un incremento critico dei prelievi elettrici nelle fasce F2-F3 causato dalle turnazioni notturne nel periodo estivo.
Obiettivi	L'intervento mira a contrarre i consumi elettrici del refrigeratore e a potenziare l'integrazione termica, riducendo il fabbisogno di gas metano durante la stagione invernale.
OTTIMIZZAZIONE ENERGETICA	
Descrizione	L'efficiamento ha riguardato due chiller da 330 kW, responsabili del 40% dei consumi elettrici aziendali (900.000 kWh/anno). Il sistema, originariamente impostato a -7°C per la refrigerazione in vasche e autoclavi, è stato analizzato per ottimizzare l'indice di efficienza energetica (Energy Efficiency Ratio) tramite l'incremento della temperatura di evaporazione. Incrociando dati climatici e carichi termici di processo, modellazioni energetiche hanno dimostrato che l'innalzamento della temperatura di mandata a -4°C massimizza il risparmio energetico. Tale configurazione garantisce il mantenimento di un salto termico costante di 15°C rispetto all'ambiente esterno, tutelando l'integrità dei processi enologici.
INDICATORI DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA	
Costi investimento	0 € (Valore nullo per interventi di ottimizzazione gestionale; possibili costi correlati ad attività di analisi energetica)
Risparmi energetici	63.000 kWh/anno
Risparmi economici	9.500 €/anno
Tempo di recupero	immediato
Riduzione emissioni	21 tCO₂/anno (tonnellate di CO ₂ evitate all'anno)
Osservazioni e note	L'intervento è una soluzione a onere finanziario minimo o nullo , in quanto basato sulla rimodulazione dei parametri operativi del gruppo frigorifero. L'ottimizzazione delle logiche di funzionamento consente un sensibile incremento dell'efficienza senza necessità di sostituzione degli asset fisici.

Categoria	SISTEMI DI REFRIGERAZIONE
Tecnologia	FREE COOLING
Caso studio	Cantina di medie dimensioni – Nord Italia
Stato di fatto	<p>L'azienda oggetto dell'analisi è una cantina di medie dimensioni situata nel Nord Italia, con una produzione annua di circa 6.500 hl (circa 500.000 bottiglie). Il profilo dei consumi termici è influenzato da un'elevata escursione termica notturna tipica dell'area climatica di riferimento.</p> <p>Il sistema di generazione del freddo esistente è costituito da un chiller a compressione di vapore condensato ad aria, avente una potenza frigorifera nominale di 120 kWf e un Energy Efficiency Ratio (EER) medio pari a 3,0. Il fluido termovettore utilizzato è acqua glicolata (set-point -4°C/-8°C), impiegata per il controllo termico delle vasche di fermentazione e per il condizionamento dei locali di affinamento tramite terminali a ventilconvettore.</p> <p>Il consumo elettrico annuo specifico per la refrigerazione è stimato in circa 115.000 kWh, evidenziando un'inefficienza strutturale: il gruppo frigorifero rimane operativo anche durante le ore notturne autunnali e invernali, nonostante la temperatura dell'aria esterna sia sensibilmente inferiore a quella del fluido di ritorno dall'utenza.</p>
OTTIMIZZAZIONE ENERGETICA	
Descrizione	<p>La struttura opera in un'area climatica caratterizzata da un'elevata escursione termica notturna, condizione ideale per lo sfruttamento del potenziale termico ambientale.</p> <p>L'intervento consiste nell'integrazione di un sistema di free-cooling indiretto nel circuito di raffreddamento esistente. La soluzione prevede l'installazione di uno scambiatore di calore a piastre aggiuntivo e di una valvola a tre vie motorizzata, asserviti a una logica di controllo differenziale.</p> <p>Il sistema opera secondo il seguente principio: quando la temperatura dell'aria esterna scende di almeno 2-3°C sotto la temperatura di ritorno del glicole (solitamente tra 10°C e i 15°C nelle fasi di stabilizzazione tartarica o stoccaggio), la logica di controllo disattiva o parzializza i compressori del chiller. Il fluido termovettore viene quindi raffreddato direttamente tramite lo scambio termico con l'aria esterna forzata dai ventilatori, sfruttando il gradiente termico naturale. Tale automazione garantisce stabilità termica, prevenendo shock durante la fermentazione e preservando il profilo aromatico.</p>
INDICATORI DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA	
Costi investimento	18.500 €
Risparmi energetici	32.000 kWh (risparmio di energia elettrica)
Risparmi economici	7.500 €/anno
Tempo di recupero	2,5 anni
Osservazioni e note	<ul style="list-style-type: none"> ○ Miglioramento dell'Indicatore di Prestazione Energetica: a seguito di questo intervento l'indicatore di efficienza energetica passa da circa 18 kWh/hl a circa 13 kWh/hl. ○ Impatto sulla manutenzione: la riduzione delle ore di funzionamento dei compressori prolunga significativamente il ciclo di vita utile della macchina e riduce gli interventi di manutenzione straordinaria.

4.2. Aria compressa

L'aria compressa costituisce un vettore energetico essenziale per l'automazione, la movimentazione dei fluidi e i processi di cantina, come nelle operazioni di pressatura e per le linee di imbottigliamento. Nelle presse pneumatiche a membrana, l'aria compressa permette l'estrazione del mosto tramite compressione radiale delle uve, mentre nelle fasi di imbottigliamento ed etichettatura assicura il movimento dei fluidi e l'igienizzazione continua delle linee. Sistemi dedicati supportano la filtrazione, l'asciugatura dei contenitori e l'aerazione controllata per l'ossigenazione del prodotto. Indirettamente, l'aria compressa concorre alla gestione dei cicli termici fermentativi. Per garantire sicurezza alimentare ed eccellenza organolettica, è indispensabile l'impiego di compressori ad alta affidabilità integrati da sistemi di trattamento, quali essiccatori e filtri coalescenti, volti all'eliminazione di impurità e residui oleosi (Figura 8).

SCHEMA IMPIANTO TRATTAMENTO ARIA COMPRESSA

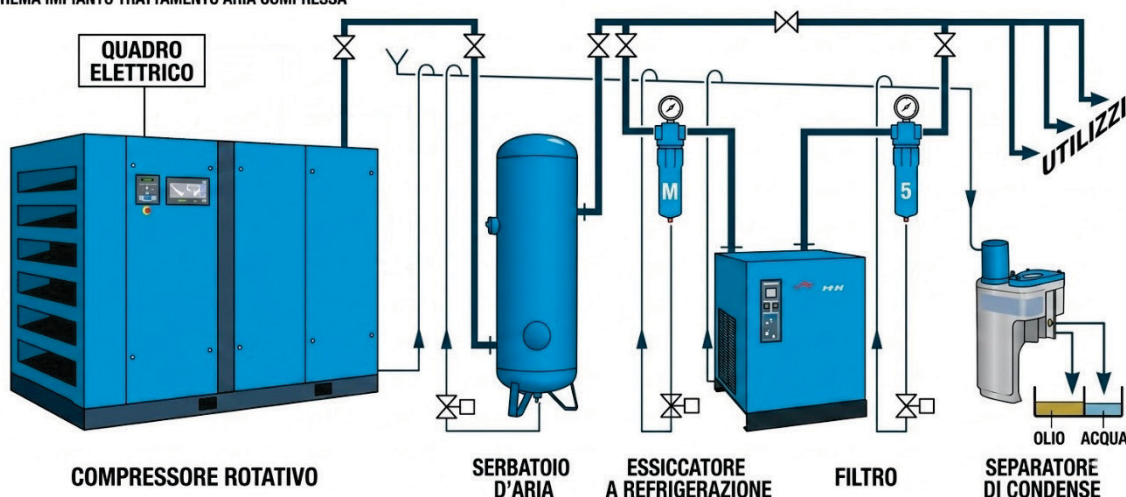



Figura 8. Schema di un impianto di produzione e trattamento di aria compressa




Tuttavia, a causa della bassa efficienza termodinamica dei compressori solo una piccola parte dell'energia elettrica utilizzata si trasforma effettivamente in lavoro utile con conseguenti elevati costi operativi. Nei compressori rotativi a vite, tecnologia prevalente nel settore vitivinicolo, circa l'80-90% dell'energia elettrica assorbita viene dissipata sotto forma di calore. Pertanto, l'adozione di una strategia di efficientamento non deve limitarsi alla sola sostituzione dei macchinari, ma deve privilegiare l'ottimizzazione dei settaggi esistenti e il recupero dei cascami termici.


4.2.1. Efficiamento dei sistemi ad aria compressa

L'efficiamento energetico dei sistemi ad aria compressa richiede un approccio integrato che parta da **interventi gestionali a basso costo**. La priorità assoluta è la **riparazione sistematica delle perdite**, responsabili del **10-25% degli sprechi** totali. Per abbattere i carichi parassiti, è necessario lo **spegnimento programmato** degli impianti nei periodi non operativi e la **riduzione della pressione di esercizio**: la contrazione di solo 1 bar genera un **risparmio elettrico del 7-8%**.

Sul piano tecnologico, l'integrazione di **inverter (VSD - Variable Speed Drive)** permette di allineare la produzione alla domanda reale, riducendo i consumi fino al **50%** rispetto ai sistemi a velocità fissa.

Categoria	ARIA COMPRESSA
Tecnologia	DIAGNOSI E OTTIMIZZAZIONE DEL SISTEMA
<p>Descrizione tecnologia</p>	<p>Spegnimento apparecchi nei periodi di inattività: è fondamentale spegnere l'impianto, totalmente o parzialmente, durante le pause produttive (notti, weekend e festività). Poiché le reti di distribuzione presentano perdite intrinseche, i sistemi continuano a consumare energia anche quando non lavorano. Interrompere l'alimentazione alle macchine non operative permette di eliminare questi "consumi parassiti".</p> <p>Ricerca e bonifica delle perdite: eliminare le fughe d'aria è l'intervento prioritario per ridurre i costi. Le analisi di settore evidenziano che una rete trascurata può disperdere mediamente il 25% dell'aria prodotta (fino all'80% nei casi peggiori), causando usura precoce dei macchinari e costi elevati.</p> <p>Esempio economico: Un piccolo foro di soli 3 mm può costare circa 1.300 € all'anno, mentre uno di 5 mm può superare i 16.000 €. <i>Nota: In impianti molto vecchi o sottodimensionati, è necessaria una valutazione preventiva per assicurarsi che i costi di riparazione non superino i benefici ottenuti.</i></p> <p>Regolazione della pressione del sistema: ridurre la pressione del sistema è una strategia efficace e poco costosa. Abbassando il livello di pressione in centrale si ottengono risparmi immediati:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Una riduzione di 1 bar può tagliare i consumi elettrici del 7-8%. ○ In generale, l'ottimizzazione del set point permette risparmi tra l'1% e il 3% del totale. <p>Per procedere correttamente, bisogna mappare le utenze per individuare la pressione minima necessaria al funzionamento, evitando inutili sprechi. L'uso di sistemi di controllo avanzati o a livelli di pressione differenziati permette di adattare l'erogazione alle reali necessità delle linee produttive.</p>
<p>Obiettivi</p>	<p>Spegnimento apparecchi nei periodi di inattività: eliminazione integrale degli assorbimenti energetici superflui durante i periodi di inattività produttiva.</p> <p>Ricerca e bonifica delle perdite: individuazione e neutralizzazione delle fughe per contenere gli oneri operativi.</p> <p>Regolazione della pressione del sistema: riduzione delle pressioni di esercizio ai minimi funzionali per abbattere i costi energetici.</p>
<p>Benefici</p>	<p>Spegnimento apparecchi nei periodi di inattività: riduzione dell'usura dei componenti, nel prolungamento della vita utile del sistema.</p> <p>Ricerca e bonifica delle perdite: superiore stabilità della pressione e affidabilità del sistema, favorendo la qualità del prodotto e la sicurezza ambientale.</p> <p>Regolazione della pressione del sistema: minori sollecitazioni meccaniche sull'impianto e un incremento degli standard di sicurezza grazie all'attenuazione dell'inquinamento acustico.</p>
INDICATORI DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA	
<p>Costi di investimento</p>	<div style="text-align: center;">  </div> <p>Spegnimento apparecchi nei periodi di inattività: l'utilizzo di strumenti semplici come timer o interruttori ha un costo irrisorio (poche decine di euro). Al contrario, i sistemi automatici evoluti possono costare migliaia di euro, pur rimanendo economicamente sostenibili nel tempo.</p>

INDICATORI DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA	
Costi di investimento	<p>Ricerca e bonifica delle perdite: in genere, la manutenzione per eliminare le perdite può costare circa 1.000 € all'anno. La spesa può tuttavia salire se le tecniche di rilevamento o i tipi di intervento diventano particolarmente complessi.</p> <p>Regolazione della pressione del sistema: l'investimento varia in base alla tecnologia scelta, passando dai regolatori semplici (poche centinaia di euro) ai sistemi di controllo avanzati, che possono richiedere una spesa di diverse migliaia di euro.</p>
Risparmi energetici	<p>Medio-alti </p> <p>Spegnimento apparecchi nei periodi di inattività (Risparmio fino al 20-25%) L'efficacia di tale misura è massima nei contesti in cui i dispositivi rimangono alimentati prolungatamente in assenza di necessità operativa.</p> <p>Ricerca e bonifica delle perdite (Risparmio fino al 10-20%) Il potenziale di efficientamento è significativo: si stima una riduzione dei consumi tra il 6% e il 10% per ogni bar di pressione ridotto. Regolazione della pressione di sistema (Risparmio fino a 10%) Il beneficio energetico è proporzionale alla taratura: mediamente si ottiene un risparmio dell'1% per ogni riduzione di 0,14 bar della pressione operativa, in funzione della configurazione e del livello di ottimizzazione del sistema.</p>
Tempo di recupero	<p>Brevi </p> <p>Spegnimento apparecchi nei periodi di inattività (Tempo di recupero < 3 anni) Gli interventi elementari permettono il rientro economico in pochi mesi. Ricerca e bonifica delle perdite (Tempo di recupero < 3 anni) Con un ritorno dell'investimento stimato inferiore ai tre anni, tale misura costituisce una delle soluzioni più efficienti, garantendo un rapporto costi-benefici ottimale per la struttura aziendale.</p> <p>Regolazione della pressione del sistema (Tempo di recupero < 3 anni)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Interventi base: presentano oneri ridotti e ammortamento rapido, frequentemente quantificabile in pochi mesi. ○ Sistemi avanzati: comportano un impegno economico superiore, con un tempo di recupero del capitale previsto entro i tre anni.
Implementazione	<p>Da semplice a moderata </p> <p>Spegnimento apparecchi nei periodi di inattività: l'impiego di timer e interruttori risulta di immediata attuazione, mentre l'integrazione di dispositivi di controllo avanzati richiede supporto tecnico specializzato. Gli interventi si caratterizzano per una complessità contenuta e tempi di esecuzione ridotti.</p> <p>Ricerca e bonifica delle perdite: l'individuazione e sigillatura delle fughe richiedono personale qualificato; l'operazione è spesso ostacolata da punti della rete difficilmente accessibili. La scarsa consapevolezza del costo economico delle perdite può frenare l'adozione di programmi di manutenzione regolari.</p> <p>Regolazione della pressione del sistema: sotto il profilo operativo, mentre le regolazioni manuali sono immediate e semplici da attuare, l'integrazione di tecnologie di controllo evolute necessita di personale specializzato per la corretta configurazione e gestione.</p>

<p>Valutazione globale</p>	<div style="text-align: right;">  </div> <p>Spegnimento apparecchi nei periodi di inattività: la disattivazione dei dispositivi durante i periodi di fermo operativo costituisce una strategia efficace per l'ottimizzazione dei consumi. Caratterizzata da investimenti contenuti, tale misura assicura un rapido ammortamento e benefici tangibili in termini di risparmio energetico. La versatilità dell'intervento garantisce un equilibrio ottimale tra costi e vantaggi gestionali in molteplici contesti produttivi.</p> <p>Ricerca e bonifica delle perdite: l'individuazione e la riparazione delle perdite rappresentano un intervento prioritario per l'efficienza impiantistica. L'esiguità dell'investimento, a fronte di risparmi immediati, consente un recupero del capitale estremamente veloce. L'efficacia della misura può essere condizionata da una percezione errata dei costi delle dispersioni o dalle difficoltà tecniche nel localizzare perdite in segmenti dell'impianto difficilmente accessibili.</p> <p>Regolazione della pressione del sistema: la calibrazione della pressione d'esercizio garantisce un eccellente compromesso tra prestazioni energetiche e sostenibilità economica. Mentre gli interventi di regolazione standard assicurano tempi di recupero brevi grazie a costi d'attuazione ridotti, l'integrazione di sistemi di controllo avanzati si rivela idonea per infrastrutture complesse, pur richiedendo investimenti iniziali superiori e tempi di recupero più estesi.</p>
<p>OTTIMIZZAZIONE ENERGETICA</p>	
<p>Raccomandazioni di ottimizzazione</p>	<p>Lo spegnimento automatizzato degli impianti si attua tramite il sezionamento della rete e l'isolamento dei compressori durante le fasi di inattività.</p> <p>La gestione delle perdite d'aria deve avvenire attraverso un protocollo sistematico di rilevamento e riparazione immediata, integrando valvole di intercettazione per neutralizzare i consumi parassiti nei rami non operativi.</p> <p>La strategia di regolazione si fonda sulla calibrazione della pressione minima funzionale e sull'impiego di controlli intelligenti per la modulazione dinamica del carico. Per utenze con requisiti di pressione elevati, come presse o linee di imbottigliamento, è necessario adottare booster localizzati anziché innalzare il set-point dell'intera rete.</p> <p>Tale approccio, unito alla riduzione dei volumi morti nelle tubazioni e alla formazione del personale, garantisce la massima resa energetica, l'abbattimento dei costi operativi e una maggiore longevità degli asset produttivi.</p>
<p>Ostacoli e barriere</p>	<p>L'automazione dello spegnimento dei dispositivi nei periodi di inattività richiede investimenti in valvole motorizzate e centraline, oltre all'aggiornamento dei protocolli operativi e alla formazione del personale per la gestione sicura dei cicli di attività.</p> <p>La bonifica delle perdite è spesso ostacolata da una sottostima dei costi occulti e da difficoltà logistiche di accesso; l'intervento necessita di strumentazione specialistica e manodopera qualificata.</p> <p>Infine, l'ottimizzazione della pressione di sistema impone l'individuazione del limite minimo d'esercizio tramite test empirici su ogni utenza, onde evitare malfunzionamenti o fermi produttivi derivanti da una riduzione eccessiva dei parametri pressori.</p>

Casi studio – Ottimizzazione dei sistemi di aria compressa

Categoria	ARIA COMPRESSA
Tecnologia	RIDUZIONE E BONIFICA DELLE PERDITE DI ARIA
Caso studio	Grande realtà vitivinicola – Nord Italia
Stato di fatto	<p>Il sito oggetto dell'analisi si estende su un'ampia superficie, di cui circa la metà è occupata da fabbricati destinati alla produzione, all'invecchiamento e all'imbottigliamento. L'attività copre l'intero ciclo enologico, dal ricevimento uve (agosto-ottobre) allo stoccaggio refrigerato, fino alla spumantizzazione in autoclave e al confezionamento finale. Il consumo di energia elettrica ammonta a circa 7 GWh/anno.</p> <p>Impianto di aria compressa L'impianto di aria compressa è asservito a tre linee di distribuzione (officina, spumantizzazione, imbottigliamento) ed è alimentato da tre compressori, di cui due dotati di inverter (per una potenza complessiva di circa 150 kW) che operano in parallelo. Prima dell'intervento, il consumo elettrico specifico per la generazione di aria compressa era stimato in circa 450.000 kWh/anno, con una spesa operativa che si attesta a meno di 90.000 € all'anno.</p>
Obiettivi	L'intervento è finalizzato all'ottimizzazione dell'efficienza del sistema pneumatico mediante l'identificazione e la neutralizzazione delle fughe lungo la rete di distribuzione, riducendo gli assorbimenti elettrici parassiti e i costi di manutenzione.
OTTIMIZZAZIONE ENERGETICA	
Descrizione	L'operazione di efficientamento si è articolata in una campagna diagnostica puntuale condotta con strumentazione a ultrasuoni per la localizzazione di microfessurazioni e perdite negli apparati utilizzatori lungo le tre direttrici della rete. Alla fase di rilevamento è seguito il ripristino dell'integrità del circuito attraverso riparazioni sistematiche. Tali misure permettono di abbattere il fabbisogno energetico del sistema del 10%, riducendo i consumi annui a circa 400.000 kWh. Oltre al risparmio elettrico diretto, l'intervento garantisce una diminuzione degli oneri manutentivi e un miglioramento del rendimento complessivo della centrale di compressione.
INDICATORI DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA	
Costi investimento	10.000 € (diagnosi e riparazione perdite)
Risparmi energetici	45.000 kWh/anno
Risparmi economici	9.000 €/anno (risparmio energetico e minori costi di manutenzione)
Tempo di recupero	1,1 anni
Osservazioni e note	L'intervento si distingue per un'altissima redditività. L'azione di bonifica delle perdite si configura come una pratica di manutenzione eccellente, capace di stabilizzare la pressione di rete e prolungare la vita utile dei compressori.


4.3. Strategie di recupero termico

Il recupero del calore di scarto rappresenta una delle frontiere più efficaci per l'efficiamento energetico nelle moderne aziende vitivinicole, trasformando un sottoprodotto inevitabile dei processi industriali in una risorsa preziosa. Il cuore di questa strategia risiede nell'integrazione sistemica di tecnologie capaci di intercettare l'energia termica prima che venga dissipata in atmosfera, con un focus particolare sui gruppi frigoriferi e sui compressori d'aria, macchinari onnipresenti in cantina ma caratterizzati da un'elevata impronta energetica.

Nei **gruppi frigoriferi**, essenziali per il controllo della temperatura durante la fermentazione e lo stoccaggio, il calore viene normalmente espulso all'esterno tramite condensatori elettroventilati. L'installazione di sistemi di recupero (desurriscaldatori o recuperatori totali) permette invece di catturare questa energia per produrre Acqua Calda Sanitaria (ACS) o riscaldamento ambiente.

Nel comparto dell'**aria compressa** la fisica della compressione trasforma circa il 90% dell'energia elettrica assorbita in calore. Attraverso scambiatori di calore olio-acqua o aria-acqua, questa energia termica può essere convogliata verso usi di processo critici, come il lavaggio delle botti o la sanificazione degli impianti, dove l'acqua deve raggiungere temperature elevate.

Attraverso il recupero del calore di scarto dei compressori, è possibile coprire quasi interamente il fabbisogno di acqua calda per i lavaggi e i processi di stabilizzazione, ottenendo un risparmio energetico specifico per la generazione di energia termica fino all'85%. Tale ottimizzazione, focalizzata sulla componente termica del bilancio energetico, abbatte drasticamente il ricorso a caldaie a combustione e fonti primarie. Il miglioramento garantisce un ritorno sull'investimento (PBP) estremamente rapido.

Categoria	STRATEGIE DI RECUPERO TERMICO	
Tecnologia	RECUPERO DEL CALORE DA COMPRESSORI E CHILLER	
<p>Descrizione tecnologia</p>	<p>I sistemi di refrigerazione e i compressori generano calore di scarto che, se opportunamente recuperato tramite unità di recupero (WHRU), può sostituire fonti energetiche tradizionali per la produzione di acqua calda sanitaria, riscaldamento di ambienti o supporto ai processi industriali (lavaggi e trattamenti termici).</p> <p>Integrazione sui gruppi frigoriferi (chiller) Il recupero termico dal ciclo frigorifero avviene mediante scambiatori a piastre o a tubi concentrici, operando su due livelli termici distinti:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Alta temperatura (70-90 °C): si ottiene tramite un desurriscaldatore posto a valle del compressore. ○ Bassa temperatura (35-45 °C): si realizza nel condensatore recuperando il calore latente. Questa quota, che costituisce la quasi totalità dell'energia termica recuperabile, è indicata per il riscaldamento degli ambienti, il post-riscaldamento dell'aria nei sistemi di deumidificazione o il controllo della fermentazione. <p>L'efficacia dell'intervento richiede la verifica della costanza della domanda termica e un'analisi accurata delle temperature di ritorno del circuito esistente.</p> <p>Integrazione sui compressori d'aria Poiché l'80-90% dell'energia elettrica assorbita da un compressore è convertita in calore, è possibile riutilizzarne fino al 90% agendo su compressore, intercooler (nei modelli multistadio) e aftercooler (post-refrigeratore). Le modalità di recupero variano in base al sistema di raffreddamento:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Sistemi raffreddati ad aria: idonei per il riscaldamento diretto dei locali o la generazione di aria calda di processo. L'uso di scambiatori specifici consente di elevare la temperatura dell'acqua fino a circa 50 °C, . ○ Sistemi raffreddati ad acqua: permettono di trasferire al fluido refrigerante fino al 70% dell'energia (quota riferita al circuito dell'olio), valore che aumenta sensibilmente includendo il post-refrigeratore dell'aria. Tramite scambiatori dedicati, l'acqua può raggiungere temperature tra 50 °C e 85 °C, facilitando l'integrazione nei circuiti di riscaldamento. <p>Data la variabilità del carico operativo, il calore recuperato va inteso come fonte energetica complementare. .</p>	
<p>Obiettivi</p>	<p>L'integrazione di sistemi di recupero termico dai gruppi frigoriferi e dai compressori permette di valorizzare l'energia di scarto dei processi di cantina.</p>	
INDICATORI DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA		
<p>Costi di investimento</p>	<p>Da moderati a elevati</p> <div style="text-align: right;">  </div> <p>I costi di investimento per i sistemi di recupero termico da chiller e compressori variano da moderati a elevati, oscillando mediamente tra 2.000 € e 5.000 €. Tale spesa può aumentare sensibilmente in caso di configurazioni personalizzate o integrazioni in impianti complessi, rappresentando talvolta una barriera all'ingresso. Nello specifico, il costo di un'unità di recupero termico (WHRU) per compressori parte da una base di circa 500-1.000 €, a cui vanno sommati gli oneri di installazione e integrazione sistemica.</p>	

INDICATORI DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA	
Risparmi energetici	<p>Fino al 10-20% dei consumi termici </p> <p>La conversione dell'energia elettrica assorbita dai compressori in calore utile tramite scambiatori dedicati potrebbe garantire un abbattimento dei consumi termici complessivi della cantina - destinati a riscaldamento di processo, lavaggi o acqua sanitaria - stimabile tra il 10% e il 20% dei consumi termici totali. L'efficacia dell'investimento è massimizzata dalla contemporaneità tra la generazione di aria compressa (o potenza frigorifera) e il fabbisogno di calore a bassa o media temperatura, garantendo un risparmio economico immediato e un'elevata efficienza energetica globale.</p>
Tempo di recupero	<p>Tra 3 e 6 anni </p> <p>Sebbene tale finestra richieda una visione strategica a medio termine rispetto a interventi più immediati, l'operazione risulta economicamente sostenibile. La redditività effettiva è strettamente correlata alla costanza della richiesta di calore nel sito produttivo e al differenziale di costo tra l'energia recuperata e la fonte energetica sostituita, quale il gas metano.</p>
Implementazione	<p></p> <p>Il recupero dai compressori risulta una soluzione ad elevata replicabilità, grazie a sistemi integrati o kit di retrofitting compatibili con la quasi totalità del parco macchine. Sebbene l'installazione richieda una progettazione specifica dei circuiti idraulici o aerulici, la trasformazione del calore di scarto in risorsa gratuita garantisce un sensibile miglioramento dell'efficienza energetica globale e tempi di ammortamento ridotti, bilanciando ampiamente la moderata complessità d'intervento. Al contrario, l'implementazione del recupero termico dai gruppi frigo presenta criticità legate alla disponibilità di spazio e alla complessità di integrazione in impianti esistenti. Tali variabili possono dilatare tempi e costi, rendendo necessaria una meticolosa pianificazione preliminare.</p>
Valutazione globale	<p></p> <p>Recupero dai compressori: rappresenta una soluzione altamente efficace e facile da replicare. Grazie a kit pronti all'uso o sistemi integrati, è applicabile a quasi tutti i macchinari. Nonostante richieda una progettazione tecnica per i circuiti di distribuzione (acqua o aria), l'investimento si ripaga velocemente. Il vantaggio principale è la trasformazione del calore disperso in energia gratuita, migliorando l'efficienza complessiva dell'impianto.</p> <p>Recupero dai gruppi frigo: questa opzione risulta più complessa. Le difficoltà principali riguardano la mancanza di spazio e l'integrazione difficile negli impianti già presenti. Questi fattori possono aumentare i costi e allungare i tempi di realizzazione, richiedendo quindi una pianificazione iniziale molto dettagliata.</p>

OTTIMIZZAZIONE ENERGETICA	
Raccomandazioni di ottimizzazione	<p>L'implementazione del recupero termico da gruppi frigoriferi e compressori è una strategia valida per l'efficiamento delle utenze termiche in cantina.</p> <p>Per i chiller:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ l'installazione risulta economicamente sostenibile con potenze nominali del compressore pari ad almeno 3 kW. ○ L'efficacia dell'intervento è strettamente vincolata alla contemporaneità tra la generazione di freddo e la domanda di calore (acqua calda di processo o riscaldamento), assicurando che la temperatura di condensazione sia compatibile con i livelli termici richiesti. ○ L'iter operativo prevede un'analisi di fattibilità basata sull'incrocio tra temperature operative e profili di carico, seguita dalla selezione tecnologica tra scambiatori a piastre, a tubi concentrici o pompe di calore. Un dimensionamento accurato della superficie di scambio è essenziale per non penalizzare le prestazioni del ciclo frigorifero. <p>Per i compressori d'aria la configurazione tecnica è determinata da:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ tipologia di raffreddamento (canalizzazioni per sistemi ad aria o scambiatori per quelli ad acqua). ○ fabbisogno termico specifico dei processi (lavaggi, climatizzazione). ○ fattore di carico, ovvero le ore di esercizio e la potenza effettivamente impegnata durante il ciclo produttivo.
Ostacoli e barriere	<p>L'implementazione di sistemi per il recupero del calore da gruppi frigoriferi e compressori è condizionata da barriere economiche e strutturali.</p> <p>I costi iniziali rappresentano il primo ostacolo, richiedendo capitali significativi per l'acquisto di scambiatori, pompe e per la realizzazione delle connessioni idrauliche o aeruliche. A livello logistico, si riscontrano spesso vincoli di spazio dovuti alla saturazione dei locali tecnici, che rendono complesso l'alloggiamento di nuova componentistica.</p> <p>Il retrofit su impianti esistenti introduce una marcata complessità tecnica e operativa: l'integrazione richiede modifiche strutturali, potenziali fermi macchina e una progettazione termotecnica indispensabile per bilanciare lo scambio termico ed evitare che il recupero comprometta il raffreddamento o l'efficienza globale delle macchine originali.</p>

Casi studio – Strategie di recupero termico

Categoria	STRATEGIE DI RECUPERO TERMICO
Tecnologia	RECUPERO DEL CALORE DAI COMPRESSORI
Caso studio	Azienda vitivinicola – Centro Italia
Stato di fatto	<p>In una realtà produttiva con un fabbisogno elettrico annuo prossimo ai 175 MWh, la generazione di aria compressa rappresenta una quota significativa dei carichi energetici, incidendo per il 5% dei consumi complessivi. Nonostante i due compressori principali assorbano una potenza di 130 kW gestita tramite tecnologia inverter - soluzione che ha già permesso di eliminare le inefficienze tipiche della regolazione "carico/vuoto" (caratterizzata da fluttuazioni di pressione e assorbimenti a vuoto fino al 35% della potenza nominale) - permangono rilevanti opportunità di efficientamento.</p> <p>A fronte di una spesa energetica specifica per l'aria compressa stimata in 35.000 €/anno, l'analisi tecnica individua nel recupero termico la leva strategica per un ulteriore incremento della performance di sistema. Tale intervento consente di valorizzare l'energia termica dissipata durante la compressione, trasformando un costo operativo in una risorsa energetica integrata nei processi di cantina.</p>
OTTIMIZZAZIONE ENERGETICA	
Descrizione	<p>Considerato l'elevato fabbisogno termico dello stabilimento, è stato implementato un sistema di recupero energetico sul compressore da 75 kW, caratterizzato dal maggior fattore di carico. Tale sistema intercetta il calore recuperato trasferendolo a un circuito idraulico secondario per la produzione di acqua calda. L'intervento risulta strategico dato il consumo annuo di circa 2 GWh termici prodotto da una caldaia a vapore per usi sanitari, con una spesa di più di 90.000 €. L'integrazione di questa risorsa termica gratuita permette di abbattere il carico della caldaia, garantendo una riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂.</p>
INDICATORI DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA	
Costi investimento	38.000 €
Risparmi energetici	16.500 Sm³ di gas/anno
Risparmi economici	6.600 €/anno
Tempo di recupero	6 anni
Riduzione emissioni	32 tCO₂ (tonnellate di CO ₂ evitate all'anno)
Osservazioni e note	<p>L'investimento complessivo per l'implementazione del sistema comprende l'intero ciclo di messa in opera. I costi includono il kit di recupero termico (scambiatore e valvole di regolazione), l'infrastruttura idraulica (tubazioni coibentate, pompe e isolamento per il contenimento delle dispersioni) e le attività di ingegneria e avviamento, ovvero la progettazione termotecnica, l'integrazione impiantistica, il collaudo e la taratura finale.</p>

5. Tecnologie trasversali di efficientamento

Successivamente alla fase di analisi e al monitoraggio energetico, la pianificazione aziendale può integrare alcuni interventi trasversali ad alta maturità tecnologica e consolidata diffusione di mercato:

- L'installazione di **impianti fotovoltaici** rappresenta una scelta strategica per la generazione di energia in loco e la mitigazione della volatilità dei costi operativi.
- Il **rifasamento dei carichi elettrici** è un intervento per eliminare gli sprechi di energia reattiva, stabilizzare la rete elettrica dell'azienda e incrementare la longevità dei componenti.
- L'efficientamento dei sistemi di illuminazione, tramite **LED** e sensoristica di regolazione, completa il quadro degli interventi prioritari per coniugare comfort ambientale alla riduzione dei prelievi energetici.
- L'impiego di motori ad alta efficienza (IE4/IE5) minimizza le perdite interne di energia, mentre l'integrazione di inverter (VSD) modula la velocità operativa, e quindi la potenza, in funzione del carico reale, abbattendo i consumi fino al 75% e preservando la vita utile dei macchinari.

Considerato che l'efficientamento energetico non va interpretato esclusivamente come un'operazione volta al risparmio economico, bensì come un driver per il miglioramento complessivo del servizio e della qualità del processo produttivo, l'implementazione di queste soluzioni assicura l'ottimizzazione operativa attraverso la riduzione degli sprechi e la razionalizzazione delle risorse impiegate.


5.1. Integrazione del fotovoltaico nelle cantine

L'integrazione di sistemi fotovoltaici nelle PMI vitivinicole costituisce una scelta strategica per l'ottimizzazione dell'efficienza operativa, riducendo l'incidenza dei consumi legati a processi energivori e stagionali, quali la refrigerazione e il condizionamento. L'autoproduzione mitiga la volatilità dei prezzi di mercato e la dipendenza dalle fonti fossili, garantendo la stabilità economica nel lungo periodo. L'inserimento armonioso di impianti rinnovabili eleva il valore territoriale, trasformando la sostenibilità in un vantaggio competitivo d'immagine che soddisfa la domanda di un mercato attento all'ambiente e rafforza l'identità del marchio.

Oltre alla configurazione di autoconsumo fisico, le recenti evoluzioni normative sui modelli di condivisione dell'energia, quali le Comunità Energetiche Rinnovabili (CER) e i sistemi di autoconsumo diffuso, permettono alle aziende di superare i limiti fisici della singola unità immobiliare, trasformando la cantina in un centro di produzione e distribuzione che valorizza le eccedenze energetiche a beneficio del territorio circostante.

<p>Categoria</p>	<p>TECNOLOGIE TRASVERSALI DI EFFICIENTAMENTO</p>
<p>Tecnologia</p>	<p>IMPIANTO FOTOVOLTAICO</p>
<p>Descrizione tecnologia</p>	<p>L'integrazione di sistemi fotovoltaici nelle aziende vitivinicole (Figura 9) permette la trasformazione diretta della radiazione solare in energia elettrica mediante l'effetto fotovoltaico e rappresenta una scelta strategica per l'autoproduzione energetica. Si tratta di una soluzione ad elevata maturità tecnica e di ampia diffusione e consente di valorizzare le superfici edilizie esistenti o aree dedicate tramite configurazioni su copertura, a terra o agrivoltaiche. Sotto il profilo impiantistico, le applicazioni si suddividono in sistemi su copertura, che valorizzano le superfici edilizie esistenti senza consumo di suolo, e impianti a terra. Una soluzione evolutiva è costituita dall'agrivoltaico, che integra la generazione elettrica con le pratiche agronomiche; il posizionamento elevato dei moduli permette la coltivazione o il pascolo sottostante, generando benefici microclimatici come l'ombreggiamento selettivo e la riduzione dell'evapotraspirazione.</p> <p>Per le strutture vitivinicole, si prediligono installazioni su falde di copertura (cantine, magazzini) o soluzioni di agrivoltaico avanzato, che minimizzano l'impatto sul paesaggio agrario.</p>  <p><i>Figura 9. Schema di impianto fotovoltaico.</i></p> <p>Il quadro economico è supportato da regimi incentivanti e da contributi a fondo perduto, che riducono i tempi di recupero. L'agrivoltaico beneficia di specifici programmi di incentivazione e la partecipazione a Comunità Energetiche Rinnovabili (CER) costituisce una leva strategica per incrementare il ritorno sull'investimento attraverso modelli di autoconsumo diffuso e condivisione virtuale dell'energia tra i membri della comunità locale.</p>
<p>Obiettivi</p>	<p>L'obiettivo primario risiede nella riduzione dei prelievi dalla rete elettrica nazionale attraverso l'autoconsumo.</p> <p>Autoconsumo istantaneo: coprire i picchi di domanda energetica legati alla refrigerazione dei mosti e al condizionamento delle cantine, fasi che coincidono con la massima insolazione estiva.</p> <p>Indipendenza energetica: mitigare l'esposizione alla volatilità dei prezzi del mercato elettrico, stabilizzando i costi operativi nel lungo periodo.</p>


Benefici	<p>Riduzione dei costi fissi: abbattimento immediato della spesa in bolletta, con un costo di generazione del kWh autoprodotta significativamente inferiore al prezzo di acquisto dalla rete.</p> <p>Valorizzazione del patrimonio immobiliare: riqualificazione energetica dei fabbricati rurali e delle strutture di stoccaggio, spesso attraverso la sostituzione di coperture obsolete o in cemento-amianto.</p> <p>Ritorno d'immagine e marketing: rafforzamento del brand intercettando la sensibilità dei consumatori verso prodotti a basso impatto ambientale.</p>
INDICATORI DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA	
Costi di investimento	<p>Da bassi a moderati </p> <p>L'investimento iniziale dipende da un dimensionamento basato sull'analisi dei profili di carico e dei picchi stagionali, tipici del periodo della vendemmia, dalla configurazione tecnologica e dall'eventuale integrazione di sistemi di accumulo. Le installazioni su copertura risultano economicamente più vantaggiose rispetto a quelle a terra a causa della minore incidenza di strutture di sostegno e oneri autorizzativi. Sebbene gli incentivi mitigano il carico finanziario, l'investimento resta significativo per le piccole e medie imprese.</p> <p>In base alle medie di settore per impianti di taglia commerciale (20-100 kWp) si stimano tra 1.100 €/kWp e 1.400 €/kWp (chiavi in mano, inclusi oneri di connessione e progettazione).</p>
Risparmi energetici	<p>fino al 50% </p> <p>Il dimensionamento finalizzato alla massimizzazione dell'autoconsumo consente la copertura di una quota significativa del fabbisogno energetico. Un impianto correttamente dimensionato può coprire dal 30% al 50% del fabbisogno elettrico annuo di una cantina. Il risparmio energetico dipende dalla potenza installabile (es. superficie disponibile) e dal consumo elettrico annuo dell'azienda. La producibilità specifica in Italia varia tra 1.100 e 1.550 kWh/kWp annui, a seconda della latitudine.</p>
Tempo di recupero	<p>4 – 6 anni </p> <p>Il tempo di ritorno dipende dal livello di autoconsumo ottenibile, dalla tariffa dell'energia non più prelevata dalla rete e da eventuali incentivi vigenti.</p>
Implementazione	<p>Da semplice a moderata </p> <p>Il dimensionamento deve tenere conto della stagionalità dei carichi. Il picco di domanda elettrica in cantina coincide spesso con il periodo di vendemmia (agosto-ottobre) per via dei sistemi di refrigerazione dei mosti, garantendo un'ottima sincronia con la curva di produzione solare. È raccomandata l'installazione di sistemi di monitoraggio per far coincidere le operazioni energivore (es. lavaggi, filtrazioni) con le ore di massima radiazione.</p>

<p>Valutazione globale</p>	<div style="text-align: right;">  </div> <p>L'installazione di impianti fotovoltaici offre alle aziende vitivinicole di piccole e medie dimensioni una leva strategica per ridurre i costi energetici e migliorare la sostenibilità energetica dell'azienda. Nonostante l'investimento iniziale e le articolate procedure burocratiche, la combinazione tra i benefici a lungo termine e gli incentivi disponibili rendono questa scelta vantaggiosa, permettendo di ammortizzare l'investimento tempi rapidi e di rendersi indipendenti dalle fluttuazioni dei prezzi dell'energia.</p>
<p>OTTIMIZZAZIONE ENERGETICA</p>	
<p>Raccomandazioni di ottimizzazione</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Dimensionamento accurato: è fondamentale parametrare la potenza installata sui profili di carico reali e sui picchi stagionali per massimizzare l'autoconsumo. Un moderato sovradimensionamento è consigliato per prevenire il fisiologico degrado prestazionale dei moduli o futuri incrementi dei fabbisogni. ○ Monitoraggio e gestione “smart” dei carichi: un sistema di monitoraggio è fondamentale per la supervisione dei flussi energetici e la rilevazione tempestiva di anomalie operative. L'adozione di sistemi di monitoraggio (Smart Meter) e domotica industriale consente lo spostamento dei cicli di condizionamento dei mosti nelle ore di picco produttivo dell'impianto. ○ Manutenzione e pulizia: interventi semestrali di rimozione dei sedimenti organici e polveri agricole per prevenire perdite di efficienza (hot-spot) e garantire la longevità dei moduli. ○ Configurazione CER: la partecipazione a Comunità Energetiche Rinnovabili rappresenta un'opportunità di integrazione del reddito energetico. Gli incentivi per la condivisione dell'energia risultano cumulabili con i vantaggi derivanti dall'autoconsumo e dalla vendita dell'energia immessa in rete, ottimizzando il ritorno economico globale.
<p>Ostacoli e barriere</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Investimento iniziale: può essere un ostacolo, in particolare per le piccole realtà imprenditoriali. ○ Iter burocratico: le procedure autorizzative e le istanze di connessione alla rete possono subire dilatazioni temporali rilevanti, specialmente in presenza di vincoli paesaggistici o architettonici. ○ Stagionalità estrema: eccedenza di produzione nei periodi invernali, gestibile tramite meccanismi di immissione in rete. ○ Infrastruttura di rete: limiti di capacità della rete locale in zone rurali isolate.

Casi studio – Impianto fotovoltaico

Categoria	TECNOLOGIE TRASVERSALI DI EFFICIENTAMENTO
Tecnologia	IMPIANTO FOTOVOLTAICO
Caso studio	Azienda vitivinicola di grandi dimensioni – Sud Italia
Stato di fatto	L'analisi riguarda un'azienda vitivinicola di grandi dimensioni situata nel Sud Italia, operante nell'intera filiera produttiva e distributiva. L'assetto industriale si articola in due poli specializzati: una sede centrale (headquarter) e un centro di imbottigliamento. Il profilo produttivo annuo si attesta su 200.000 hl , Sotto il profilo energetico, il sito presenta un fabbisogno elettrico medio di 4.500 MWh/anno , con consumi elettrici in continuo aumento. L'attuale Indice di Prestazione Energetica ante operam è pari a circa 24 kWh/hl . La disponibilità di ampie superfici di copertura idonee rappresenta un'opportunità per l'integrazione di sistemi di generazione da fonti rinnovabili (FER) volti a mitigare l'esposizione alla volatilità dei prezzi energetici.
OTTIMIZZAZIONE ENERGETICA	
Descrizione	L'intervento consiste nella progettazione e installazione di un impianto fotovoltaico con potenza nominale pari a 200 kWp . Il dimensionamento è stato ottimizzato sulla base della superficie captante disponibile e del profilo di prelievo orario del sito. L'integrazione del sistema punta alla massimizzazione del regime di autoconsumo diretto , sfruttando la concomitanza tra i picchi di irraggiamento solare e i carichi elettrici diurni legati ai processi di condizionamento termico e imbottigliamento. La totale produzione dell'impianto viene consumata sul posto, massimizzando la valorizzazione economica dell'energia prodotta rispetto all'immissione in rete. Tale efficientamento consente la contrazione dell'indice di prestazione energetica post operam a circa 22,5 kWh/hl .
INDICATORI DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA	
Costi investimento	230.000 €
Produzione stimata	290.000 kWh/anno
Risparmi economici	57.500 €/anno
Risparmi energetici	Circa 6% annuo (sul fabbisogno elettrico complessivo)
Tempo di recupero	4 anni

Categoria	TECNOLOGIE TRASVERSALI DI EFFICIENTAMENTO
Tecnologia	IMPIANTO FOTOVOLTAICO
Caso studio	Azienda vitivinicola di medie dimensioni – Sud Italia
Stato di fatto	<p>L'analisi riguarda un'azienda vitivinicola di medie dimensioni sita in una zona costiera della Sicilia (isola minore non interconnessa). Il profilo dei consumi annui è pari a 375.000 kWh, caratterizzato da un'elevata stagionalità: il 70% del fabbisogno si concentra nel quadrimestre della vendemmia (agosto-novembre).</p> <p>Attualmente, l'approvvigionamento energetico dipende integralmente da generatori diesel locali. Tale configurazione comporta costi operativi superiori del 30% rispetto alla rete elettrica continentale. L'involucro edilizio dei siti produttivi presenta una copertura in lamiera grecata deteriorata, necessitante di riqualificazione strutturale e funzionale per l'integrazione di sistemi di autoproduzione.</p>
Obiettivi	Autosufficienza energetica in un percorso virtuoso nei siti produttivi aziendali.
OTTIMIZZAZIONE ENERGETICA	
Descrizione	<p>L'intervento prevede l'integrazione architettonica di un impianto fotovoltaico da 90 kWp, progettato con criteri di elevata resistenza agli agenti esogeni (salsedine e aerosol marino) attraverso l'impiego di sottostrutture di fissaggio in acciaio inox e alluminio anodizzato. Contestualmente all'installazione, viene eseguito il rifacimento integrale del manto di copertura mediante l'utilizzo di lamiera grecata preverniciata, garantendo così la necessaria riqualificazione dell'involucro.</p> <p>Il sistema assicura una produzione stimata di 105.000 kWh/anno, garantendo una copertura del fabbisogno globale del 30-35%. La strategia di gestione energetica è finalizzata alla massimizzazione dell'autoconsumo diretto, risultando particolarmente efficace durante i picchi stagionali di lavorazione vitivinicola, pur mantenendo la predisposizione tecnica per l'integrazione di futuri sistemi di accumulo elettrochimico o per la cessione delle eccedenze alla micro-rete elettrica locale nei periodi di basso carico.</p>
INDICATORI DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA	
Costi investimento	200.000 € circa
Risparmi economici	40.000 €/anno (coerente con l'elevato costo marginale della generazione termica (diesel) nelle isole minori siciliane)
Tempo di recupero	Inferiore a 5 anni (considerando incentivi OCM/Isole Minori)
Osservazioni e note	<p>Il CAPEX di circa 2.200 €/kWp è superiore alla media continentale (€ 1.000-1.200/kWp), ma risulta pienamente giustificato dai costi logistici insulari, dal rifacimento della copertura e dall'impiego di componentistica certificata anticorrosione salina.</p> <p>L'investimento di 200.000 €, influenzato dalle complessità logistiche e dai costi di trasporto insulari, risulta economicamente sostenibile grazie al cumulo tra i contributi OCM Vino Sicilia e gli incentivi del Decreto Isole Minori (con orizzonte ventennale).</p>

Categoria	TECNOLOGIE TRASVERSALI DI EFFICIENTAMENTO
Tecnologia	IMPIANTO FOTOVOLTAICO
Caso studio	Impianto agrivoltaico in Cooperativa vitivinicola – Nord Italia
Stato di fatto	L'organizzazione è una realtà cooperativa di secondo grado operante su scala nazionale, con una gestione estesa su decine di migliaia di ettari. Il profilo dei consumi elettrici evidenzia un carico annuo compreso tra 7 e 10 GWh , con una media mensile di 600-800 MWh . Si rileva una marcata stagionalità nel periodo estivo: l'attività intensiva dei sistemi di refrigerazione per il controllo termico dei mosti e la conservazione dei prodotti determina picchi di prelievo prossimi a 1 GWh/mese . Il fabbisogno energetico è soddisfatto in maniera prevalente tramite prelievo dalla rete elettrica nazionale, esponendo l'azienda alla volatilità dei prezzi.
Obiettivi	Autosufficienza energetica con integrazione di sistemi a fonti rinnovabili con soluzioni atte a garantire la resilienza agronomica e la continuità operativa .
OTTIMIZZAZIONE ENERGETICA	
Descrizione	<p>L'intervento consiste nell'installazione di un impianto agrivoltaico avanzato della potenza nominale di circa 1.000 kWp. La soluzione tecnica mira alla massimizzazione dell'autoconsumo e prevede l'integrazione tra produzione energetica e tutela agronomica attraverso le seguenti componenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Moduli fotovoltaici: circa 1.400 moduli bifacciali per massimizzare la resa sfruttando l'albedo del suolo e della vegetazione sottostante. ○ Sistemi di inseguimento: tracker monoassiali che ottimizzano l'angolo di incidenza solare durante l'arco della giornata. ○ Gestione dinamica: implementazione di un algoritmo di controllo che inclina i pannelli non solo per il rendimento elettrico, ma anche per garantire il corretto soleggiamento per la fotosintesi e fornire protezione attiva contro eventi meteorologici estremi (grandine, gelate tardive) e stress termico. ○ Monitoraggio: sistema di analisi comparativa tra le viti asservite all'impianto e colture in pieno campo per la validazione del modello qualitativo.
	
<i>Figura 10. Schema di un impianto agrivoltaico avanzato</i>	
INDICATORI DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA	
Costi investimento	1.500.000 €
Risparmi energetici	1.300 MWh/anno (copertura di circa il 10% del fabbisogno)
Risparmi economici	240.000 €/anno (stima del massimo risparmio annuo)
Tempo di recupero	Circa 6 anni (senza incentivi) 4,5 anni (con incentivi bando agrisolare)

5.2. Pompe di calore

La pompa di calore (PdC) rappresenta oggi la soluzione più diffusa per la decarbonizzazione termica e il recupero energetico nel settore vitivinicolo. La pompa di calore può operare come un sistema integrato per il soddisfacimento dei fabbisogni termici e frigoriferi della cantina. La tecnologia viene impiegata per alimentare scambiatori di calore a piastre o tasche di condizionamento nei serbatoi inox, permettendo la regolazione fine della temperatura del mosto e del vino. Nelle fasi di affinamento, la PdC alimenta unità di trattamento aria (UTA) per la climatizzazione e il controllo dell'umidità, prevenendo cali di prodotto per evaporazione dalle botti.

Nelle realtà aziendali medie e piccole, la tipologia più diffusa è la PdC aria-acqua. I sistemi aria-acqua risultano versatili e di rapida installazione poiché sfruttano l'energia termica dell'aria esterna. Nelle configurazioni polivalenti, la macchina può produrre simultaneamente acqua calda e fredda, ottimizzando i consumi durante le fasi più intense della vinificazione.

Integrazione tra pompa di calore e impianto fotovoltaico

L'integrazione tra PdC e sistemi fotovoltaici rappresenta la combinazione più efficace per il raggiungimento dell'indipendenza energetica in ambito vitivinicolo. In tale scenario, la PdC può trasformare l'esubero di produzione elettrica diurna, tipico del periodo vendemmiale, in energia termica. Invece di investire in costose batterie elettrochimiche, l'energia solare può essere accumulata sotto forma di acqua calda o acqua refrigerata in serbatoi coibentati, rendendola disponibile per le ore notturne e i picchi di lavorazione.

Questa sinergia permette di elevare la quota di autoconsumo dell'impianto fotovoltaico, abbattendo i prelievi dalla rete nelle fasi più energivore.

Categoria	TECNOLOGIE TRASVERSALI DI EFFICIENTAMENTO
Tecnologia	POMPA DI CALORE
<p>Descrizione tecnologia</p>	<p>La pompa di calore a compressione permette di "pompare" calore da una sorgente a bassa temperatura verso un'utenza a temperatura superiore.</p> <p>Il sistema opera attraverso un ciclo termodinamico chiuso (Figura 11) in cui un fluido refrigerante circola tra quattro componenti principali: compressore, condensatore, valvola di espansione ed evaporatore.</p> <p>Nel ciclo di riscaldamento, il compressore incrementa pressione e temperatura del fluido che, nel condensatore, cede calore al "pozzo caldo" (ambiente interno) passando allo stato liquido. Successivamente, la valvola di espansione ne riduce drasticamente pressione e temperatura, permettendo all'evaporatore di assorbire energia termica dalla "sorgente fredda" esterna, riportando il fluido allo stato gassoso. In modalità raffreddamento, il ciclo viene invertito per asportare calore dai locali e smaltirlo all'esterno.</p> <p>L'efficienza energetica è misurata dal COP (<i>Coefficient of Performance</i>) per la fase di riscaldamento e dall'EER (<i>Energy Efficiency Ratio</i>) per la fase di raffreddamento.: per ogni kWh elettrico, si ottengono dai 3 ai 5 kWh termici.</p> <div data-bbox="550 913 1364 1422" style="text-align: center;"> <p>IL CICLO DELLA POMPA DI CALORE (PdC)</p> <div data-bbox="686 1332 1109 1422" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>SIGNIFICATO DEL COP (COEFFICIENT OF PERFORMANCE)</p> <p>Il COP è un indice di efficienza che misura il rapporto tra il calore utile fornito e l'energia elettrica consumata.</p> <p>Un COP elevato indica maggiore efficienza e risparmio.</p> </div> </div>
	<p style="text-align: center;"><i>Figura 11. Schema del ciclo termodinamico delle pompa di calore</i></p> <p>Tipologie di pompe di calore</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Sistemi aria-acqua: versatili e di facile installazione, prelevano calore dall'ambiente esterno. ○ Sistemi acqua-acqua: massima efficienza e stabilità, ideali per chi dispone di acqua di pozzo o bacini di recupero. <p>Possibili campi di applicazione in cantina</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Fermentazione: riscaldamento controllato post-fermentazione (18-22 °C) senza ricorso a caldaie a combustibile fossile. ○ Sanificazione serbatoi e lavaggi: produzione di acqua calda (45-55 °C) senza l'uso di caldaie a gas. ○ Termovinificazione: riscaldamento rapido dell'uva pigiata (60-80 °C) per l'estrazione di pigmenti con efficienza superiore rispetto alle caldaie. ○ Climatizzazione barricaie: controllo combinato di temperatura e umidità in barricaia per l'affinamento ottimale.

Obiettivi	<p>Decarbonizzazione: riduzione drastica delle emissioni di CO₂ tramite l'elettificazione dei consumi termici.</p> <p>Sostituzione Caldaie: eliminazione dei generatori a combustibile fossile per la produzione di acqua calda di processo.</p>
Benefici	<p>Efficienza Combinata: recupero del calore di scarto durante i cicli di raffreddamento per produrre acqua calda "gratuita" per i lavaggi.</p>
INDICATORI DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA	
Costi di investimento	<p>Investimento sostenibile </p> <p>L'impegno economico per sistemi di taglia media oscilla generalmente tra 800 € e 1.200 € per kW termico installato per i sistemi aria-acqua, a seconda della complessità dell'integrazione idraulica.</p> <p>Secondo i report di settore e le analisi di ENEA i costi per pompe di calore professionali "chiavi in mano" difficilmente scendono sotto gli 800 €/kWt se si includono le opere accessorie e l'integrazione idraulica complessa.</p>
Risparmi energetici	<p>fino al 30-50% di energia primaria </p> <p>Si stima una riduzione dei consumi energetici per usi termici tra il 30% e il 50% rispetto ai sistemi convenzionali (chiller + caldaia), grazie a valori di efficienza che permettono di produrre 3-4 unità di energia termica per ogni unità di energia elettrica assorbita</p>
Tempo di recupero	<p>4 – 7 anni </p>
Implementazione	<p>Media complessità </p> <p>L'installazione presenta una complessità media. L'integrazione con impianti preesistenti richiede la verifica della compatibilità delle portate idrauliche e degli spazi tecnici per l'unità esterna (nel caso aria-acqua). È essenziale una valutazione preliminare della capacità elettrica disponibile in azienda.</p> <p>Nelle cantine, l'installazione non si limita all'unità esterna. Il costo è fortemente influenzato dallo scambiatore di calore, dai serbatoi di accumulo inerziale (fondamentali per gestire i picchi termici della vendemmia) e dai sistemi di distribuzione ai vasi vinari.</p>
Valutazione globale	<p>Ottima </p> <p>La pompa di calore si configura come la soluzione tecnologica più diffusa per la decarbonizzazione termica e la transizione verso una gestione circolare dell'energia nel comparto vitivinicolo. Grazie a un elevato coefficiente di prestazione (COP) e alla capacità di produrre simultaneamente acqua calda e fredda, la tecnologia permette riduzioni dei consumi di energia primaria fino al 50% rispetto ai sistemi convenzionali. L'integrazione strategica con impianti fotovoltaici e la sostituzione dei generatori a combustibile fossile garantiscono un rapido ritorno dell'investimento.</p>

OTTIMIZZAZIONE ENERGETICA	
Raccomandazioni di ottimizzazione	<ul style="list-style-type: none"> ○ Dimensionamento: evitare il sovradimensionamento; preferire sistemi modulari o con tecnologia Inverter per seguire i carichi parziali della cantina. ○ Integrazione fotovoltaico: la PdC è il partner ideale del fotovoltaico, permettendo di trasformare l'esubero di produzione elettrica diurna in "energia termica" accumulata. ○ Manutenzione: programmare pulizie periodiche degli scambiatori e dei filtri per mantenere inalterato il COP nel tempo.
Ostacoli e barriere	<ul style="list-style-type: none"> ○ Investimento iniziale: il CAPEX è superiore rispetto a un chiller standard. ○ Competenze tecniche: necessità di progettisti e installatori specializzati in sistemi idronici complessi. ○ Limiti ambientali: per i sistemi aria-acqua, l'efficienza può ridursi sensibilmente in presenza di temperature esterne estremamente rigide (sotto i -5 °C). Le macchine acqua-acqua offrono rendimenti più stabili, ma l'investimento iniziale e i vincoli burocratici le rendono spesso meno adatte a chi deve gestire volumi produttivi non elevati, preferendo sistemi che si integrano rapidamente con l'impianto idraulico esistente.

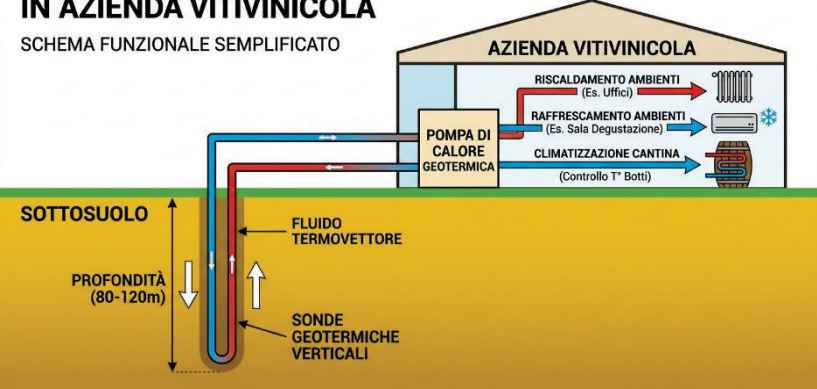
Casi studio – Pompe di calore






Categoria	TECNOLOGIE TRASVERSALI DI EFFICIENTAMENTO
Tecnologia	INSTALLAZIONE POMPA DI CALORE
Caso studio	Azienda vitivinicola di grandi dimensioni – Nord Italia
Stato di fatto	L'intervento riguarda un sito industriale dedicato alla produzione e all'imbottigliamento di spumante che presenta un assetto energetico con un'elevata intensità di consumi, con una spesa annuale che supera i 300.000 € . Il cuore termico del sito è rappresentato da una caldaia a gas naturale da circa 900 kW termici, che alimenta processi critici come il riscaldamento delle autoclavi, i lavaggi di sanificazione (fino a 90°C) e il funzionamento del pastorizzatore. L'analisi dei dati ha evidenziato alcune inefficienze: un consumo elettrico di fondo sempre superiore a 50 kW (anche a reparti chiusi) e una forte dipendenza dal gas metano, che incide per circa il 70% sulle attività che trasformano la materia prima nel prodotto finale, con il solo pastorizzatore responsabile di quasi metà del fabbisogno termico totale.
Obiettivi	Autosufficienza energetica in un percorso virtuoso nei siti produttivi aziendali.
OTTIMIZZAZIONE ENERGETICA	
Descrizione	Per ottimizzare questo scenario, l'intervento di efficientamento punta sulla decarbonizzazione parziale del processo tramite l'installazione di una pompa di calore idronica aria/acqua da circa 200-320 kWt. Questa macchina è stata selezionata specificamente per supportare il pastorizzatore, producendo acqua calda a 55-60°C con COP pari a 3,4. L'integrazione tecnologica prevede l'inserimento di un volano termico di stoccaggio collegato al circuito di ritorno della caldaia esistente; in questo modo, la pompa di calore lavora come generatore prioritario per più di 2.000 ore l'anno, lasciando alla caldaia solo il compito di integrare la temperatura qualora scendesse sotto il set-point stabilito.
INDICATORI DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA	
Costi investimento	125.000 €
Risparmi energetici	65.500 Sm³ (risparmio annuo di gas naturale)
Risparmi economici	30.000 €/anno
Tempo di recupero	Circa 4 anni
Osservazioni e note	Nonostante l'aumento dei consumi elettrici per alimentare la nuova unità, il combustibile gas risparmiato permette all'azienda di evitare un consumo di energia equivalente a circa 40 tonnellate equivalenti di petrolio all'anno (TEP/anno), con un impatto ambientale positivo superiore a 100 tonnellate di CO₂ evitate .

5.3. Pompe di calore geotermiche

Le **pompe di calore geotermiche a bassa entalpia** rappresentano una soluzione tecnologica ad alta efficienza per la climatizzazione degli ambienti e la produzione di acqua calda di processo, basata sullo scambio termico con il sottosuolo. Il sistema sfrutta la stabilità termica del terreno a profondità ridotte (fino a 150 metri) per estrarre calore durante la stagione invernale e cederlo in estate, operando tramite un circuito integrato di sonde interrate e serbatoi di accumulo garantendo prestazioni superiori ai sistemi tradizionali.

Sebbene l'esborso iniziale risulti oneroso a causa delle attività di perforazione e posa delle sonde, l'adozione della geotermia a bassa entalpia garantisce una contrazione dei consumi energetici compresa tra il 30% e il 70% rispetto ai sistemi di riscaldamento convenzionali, come caldaie a combustione o sistemi aria-aria. L'**integrazione con impianti fotovoltaici** e l'accesso ai regimi di sostegno economico e ai contributi a fondo perduto vigenti permettono di contrarre sensibilmente i tempi di ammortamento, rendendo l'investimento sostenibile nel medio-lungo periodo.

Categoria	TECNOLOGIE TRASVERSALI DI EFFICIENTAMENTO
Tecnologia	POMPE DI CALORE GEOTERMICHE
<p>Descrizione tecnologia</p>	<p>La geotermia a bassa entalpia sfrutta la temperatura costante del sottosuolo a profondità ridotte (entro i 150 metri) per la climatizzazione e la produzione di acqua calda sanitaria. Il sistema si basa su una pompa di calore che gestisce lo scambio energetico tra un fluido termovettore circolante in sonde geotermiche e l'utenza: in inverno il calore viene prelevato dal suolo, mentre in estate il ciclo si inverte. Rispetto ai sistemi aerotermici, l'impiego del terreno come sorgente termica costante garantisce un'efficienza superiore, particolarmente elevata nei mesi estivi, poiché lo scambio avviene con il terreno a temperature significativamente inferiori rispetto all'aria esterna.</p> <p>Componenti principali</p> <p>I sistemi geotermici operano attraverso un circuito integrato composto da sonde geotermiche, ovvero tubazioni in polietilene interrate inserite in perforazioni verticali o orizzontali dove scorre il fluido termovettore, una pompa di calore che trasferisce l'energia tra il sottosuolo e l'utenza.</p> <p>Sistemi e configurazioni</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Sistemi a circuito chiuso (Figura 12), dove un fluido termovettore circola in un circuito sigillato tramite sonde verticali a "U" (tubi inseriti in perforazioni verticali nel terreno), sonde orizzontali (serpentine di tubi installate in trincee a profondità ridotta) o geostrutture e pali di fondazione (sonde integrate direttamente nelle strutture portanti dell'edificio). ○ Sistemi a circuito aperto, che prelevano acqua direttamente da una falda acquifera o da un bacino per lo scambio termico con il condensatore del chiller prima di reimmetterla nel sottosuolo o scaricarla in superficie. <p>POMPA DI CALORE GEOTERMICA A SONDE VERTICALI IN AZIENDA VITIVINICOLA</p> <p>SCHEMA FUNZIONALE SEMPLIFICATO</p>  <p><i>Figura 12. Schema di impianto geotermico per cantina</i></p> <p>Potenzialità nel settore vitivinicolo</p> <p>Nel comparto vitivinicolo, l'adozione di tale tecnologia garantisce un controllo microclimatico rigoroso nelle aree di affinamento. La gestione igrometrica integrata risulta cruciale per mantenere l'equilibrio tra la pressione di vapore interna ed esterna alle botti, annullando il gradiente che causa la traspirazione del vino attraverso il legno; ciò impedisce il calo fisiologico del prodotto per evaporazione, preservando i volumi di cantina e le qualità organolettiche. L'ampia letteratura sull'argomento suggerisce che nella maggior parte dei casi l'umidità relativa delle cantine di invecchiamento non dovrebbe essere inferiore al 70% e la temperatura tra il 9 °C e 20 °C, con un intervallo massimo di oscillazione della temperatura intorno a 6 °C</p>

Obiettivi	Riduzione notevole del consumo energetico e dei costi in bolletta per la refrigerazione e la climatizzazione degli ambienti - Miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici e dei processi.
Benefici	Sul piano della competitività, l'elevata efficienza abbate i costi operativi per la refrigerazione e climatizzazione degli ambienti e la dipendenza dai fossili, migliorando il posizionamento e l'immagine aziendale in termini di innovazione.
INDICATORI DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA	
Costi di investimento	<p>Elevati</p> <p style="text-align: right;"></p> <p>L'investimento iniziale risulta più oneroso rispetto ai sistemi convenzionali non tanto per i macchinari, quanto per i lavori di scavo e la posa delle sonde. L'investimento iniziale è stimato tra 1.500 e 2.500 € per kW termico.</p>
Risparmi energetici	<p>fino a 40-60%</p> <p style="text-align: right;"></p> <p>L'integrazione di pompe di calore geotermiche a bassa entalpia con sonde a U in cantine medio-piccole consente risparmi energetici tra il 40% e il 60% rispetto ai sistemi tradizionali con chiller ad aria e caldaie a gas. Per le aziende vitivinicole, che hanno una gestione rigorosa della temperatura, tale tecnologia è particolarmente vantaggiosa in termini di economia di esercizio.</p>
Tempo di recupero	<p>3-5 anni (con incentivi) 7-10 anni (senza incentivi)</p> <p style="text-align: right;"></p> <p>Il tempo di ritorno dell'investimento può dipendere dai seguenti fattori:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Fabbisogno energetico: consumi elevati per climatizzazione e acqua calda accelerano il recupero della spesa. ○ Costi iniziali: sono condizionati dalla potenza necessaria, dalla natura del terreno e dalla complessità degli scavi. ○ Versatilità d'uso: l'impiego combinato per caldo, freddo e acqua calda massimizza il beneficio economico.
Implementazione	<p>Complessa</p> <p style="text-align: right;"></p> <p>La messa in opera risulta articolata e richiede l'intervento di figure specializzate, in particolare per le indagini geologiche. Il processo d'installazione si sviluppa su tempi estesi, mediamente da 3 a 6 mesi. Negli edifici già esistenti la valutazione della fattibilità tecnica presenta ulteriori profili di complessità operativa.</p>
Valutazione globale	<p style="text-align: right;"></p> <p>Nonostante l'elevato potenziale di risparmio e i benefici ecologici, l'adozione di pompe di calore geotermiche è indicata principalmente per aziende vitivinicole di dimensioni medio-grandi. Tali realtà, caratterizzate da consumi energetici elevati e costanti per la climatizzazione, possono beneficiare pienamente degli incentivi disponibili. Per le piccole aziende, al contrario, l'investimento iniziale può risultare critico. L'indiscusso valore ambientale della tecnologia richiede dunque un'attenta valutazione della sostenibilità economica in base alle specifiche esigenze operative.</p>

OTTIMIZZAZIONE ENERGETICA	
Raccomandazioni di ottimizzazione	<p>Per garantire l'efficienza e le prestazioni del sistema, è essenziale:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Progettazione mirata: calibrare l'impianto in base alle proprietà del suolo, ai fabbisogni termici e al contesto climatico locale. ○ Efficienza dei componenti: selezionare pompe di calore ad alte prestazioni per ottimizzare il risparmio energetico. ○ Integrazione energetica: abbinare il sistema ad altre fonti rinnovabili, come impianti fotovoltaici o solari termici. ○ Monitoraggio operativo: impiegare sistemi di controllo per la gestione intelligente e l'ottimizzazione dei cicli di funzionamento. ○ Corretto dimensionamento: bilanciare l'impianto per prevenire fenomeni di saturazione termica del terreno, preservandone la resa nel tempo.
Ostacoli e barriere	<p>Gli ostacoli alla diffusione di questa tecnologia includono:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Investimento iniziale: i costi per le perforazioni e le dotazioni specifiche risultano superiori rispetto ai sistemi di climatizzazione convenzionali. ○ Necessità di spazi esterni: l'installazione delle tubazioni, specialmente se orizzontali, richiede superfici di terreno ampie, limitando l'applicazione in proprietà con spazi ridotti. ○ Oneri burocratici: l'iter autorizzativo può rivelarsi articolato. ○ Asimmetria informativa: la limitata consapevolezza dei benefici a lungo termine, come il risparmio energetico e la sostenibilità, rappresenta tuttora un freno all'adozione del sistema.

5.4. Rifasamento dei carichi elettrici

In un sistema a corrente alternata, la potenza assorbita si chiama **potenza apparente (S)** ed è la potenza totale impegnata sulla rete, misurata in **Volt-Ampere [VA]**; essa si suddivide in **potenza attiva (P)**, misurata in **Watt [W]**, che produce lavoro utile (termico o meccanico), e **potenza reattiva (Q)**, misurata in **Volt-Ampere reattivi [Var]**, necessaria solo alla magnetizzazione di macchine come motori e trasformatori. Il **fattore di potenza (cosφ)** è il rapporto tra P ed S e indica quanta parte della potenza apparente fornita viene effettivamente utilizzata per produrre lavoro utile.

Un valore del $\cos\phi$ prossimo a **1** indica un sistema altamente efficiente, mentre un valore basso segnala un eccessivo assorbimento di energia reattiva, che sovraccarica i conduttori senza produrre lavoro. Nelle realtà industriali e vitivinicole, l'uso intensivo di motori asincroni causa spesso uno sfasamento tra tensione e corrente, abbassando il $\cos\phi$ sotto la soglia. Tale fenomeno non contribuisce alla produzione, ma sovraccarica l'infrastruttura. Per garantire la stabilità della rete, l'ARERA impone penali in bolletta qualora il **fattore di potenza medio mensile**⁷ risulti inferiore a

0,9 (per forniture in Bassa Tensione di potenza superiore a 16,5 kW) o a **0,95** (per la Media Tensione). Il **rifasamento** (Figura 13) corregge il problema e consiste nell'installare batterie di condensatori per compensare l'energia reattiva richiesta. L'adozione di sistemi di rifasamento garantisce benefici immediati per abbattimento delle perdite di rete, evitamento delle penali con **riduzione dei costi**, minore stress termico sui conduttori e maggiore longevità dei componenti.

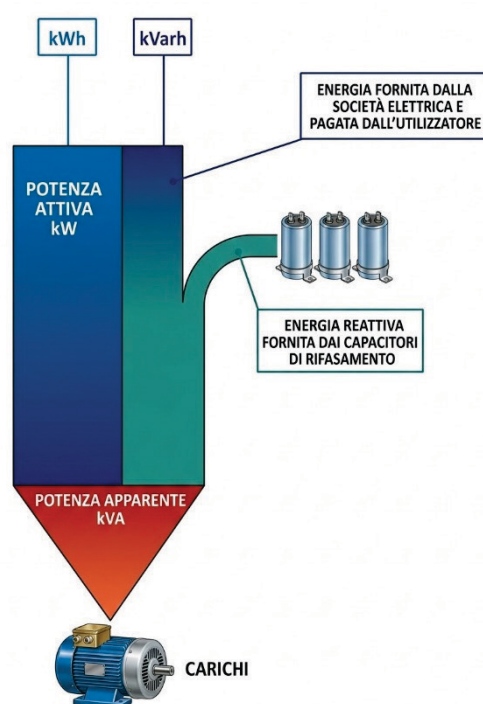

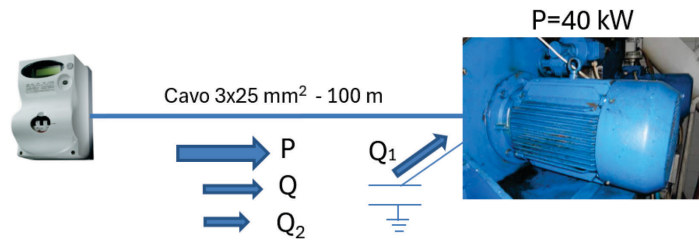


Figura 13. Rifasamento di un carico elettrico

⁷ Il calcolo del fattore di potenza medio mensile non avviene tramite una misurazione istantanea unica ma è il risultato di un'operazione basata sulle energie totali registrate dal contatore elettronico durante il periodo di fatturazione.

Categoria	TECNOLOGIE TRASVERSALI DI EFFICIENTAMENTO																														
Tecnologia	RIFASAMENTO DEI CARICHI ELETTRICI																														
<p>Descrizione tecnologia</p>	<p>Assorbimento di energia da parte dei macchinari I motori elettrici operano mediante l'assorbimento simultaneo di due componenti energetiche: la potenza attiva, che genera la coppia meccanica per il movimento, e la potenza reattiva, necessaria alla magnetizzazione degli avvolgimenti per la creazione dei campi elettromagnetici.</p> <p>Un basso fattore di potenza è una caratteristica intrinseca dei carichi induttivi e denota un elevato assorbimento di energia reattiva rispetto al lavoro utile prodotto. Tale condizione indica un'efficienza di conversione ridotta e un conseguente aumento dell'intensità di corrente circolante nel sistema.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">  <table border="1" data-bbox="758 672 1069 884"> <tr><td>Typ</td><td></td></tr> <tr><td>3 ~ Mot.</td><td>Nr.</td></tr> <tr><td>400/690 V</td><td>29/17 A</td></tr> <tr style="border: 2px solid red;"><td>S1</td><td>15 kW</td><td>cos φ 0,85</td></tr> <tr><td></td><td>1430 U/min</td><td>50 Hz</td></tr> <tr><td></td><td>IP 54</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>IEC34-1/</td><td></td></tr> </table>  </div> <p style="text-align: center;"> <i>Elettropompa centrifuga Targa motore elettrico Fattore di potenza</i> </p> <p>A titolo esemplificativo: per una potenza attiva (P) di 15 kW e un cosφ di 0,85, la potenza reattiva (Q) è di circa 9,3 kVAr.</p> $P=15 \text{ kW} \quad \cos\phi=0,85 \quad \rightarrow \quad Q= P \cdot \text{tg}\phi = 15 \cdot 0,62 = \mathbf{9,3 \text{ kVAr}}$ $\cos\phi=0,85 \quad \rightarrow \quad \phi = 31,7$ <p>Misurazione della potenza reattiva Il monitoraggio della potenza reattiva risulta determinante poiché il suo assorbimento eccessivo genera:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Dispersioni energetiche: sebbene la quota reattiva non generi lavoro meccanico, il suo transito nei conduttori produce calore per effetto Joule, dissipando energia lungo le linee elettriche e riducendo il rendimento globale. <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>P=40 kW</p> <p>Cavo 3x25 mm² - 100 m</p> <p>Q1</p> <p>Q2</p> </div> </div> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Cosφ Motore</th> <th>Perdite di rete in bolletta (kW)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,5</td><td>3,2</td></tr> <tr><td>0,6</td><td>2,3</td></tr> <tr><td>0,7</td><td>1,6</td></tr> <tr><td>0,8</td><td>1,3</td></tr> <tr><td>0,9</td><td>1</td></tr> </tbody> </table> <p style="margin-left: 20px;">Aumento potenza reattiva (Q1) fornita dai condensatori locali (rifasamento) ↓</p> <p style="text-align: center;"><i>La perdita di potenza nei cavi dipende dalla potenza reattiva richiesta dai macchinari.</i></p>	Typ		3 ~ Mot.	Nr.	400/690 V	29/17 A	S1	15 kW	cos φ 0,85		1430 U/min	50 Hz		IP 54			IEC34-1/		Cosφ Motore	Perdite di rete in bolletta (kW)	0,5	3,2	0,6	2,3	0,7	1,6	0,8	1,3	0,9	1
Typ																															
3 ~ Mot.	Nr.																														
400/690 V	29/17 A																														
S1	15 kW	cos φ 0,85																													
	1430 U/min	50 Hz																													
	IP 54																														
	IEC34-1/																														
Cosφ Motore	Perdite di rete in bolletta (kW)																														
0,5	3,2																														
0,6	2,3																														
0,7	1,6																														
0,8	1,3																														
0,9	1																														

Descrizione tecnologia

- **Sovradimensionamento:** elevati flussi di energia reattiva incrementano la corrente totale, imponendo l'adozione di cavi, trasformatori e organi di protezione con sezioni e portate maggiorate con inevitabile aumento dei costi di installazione, manutenzione e gestione dell'intero impianto.

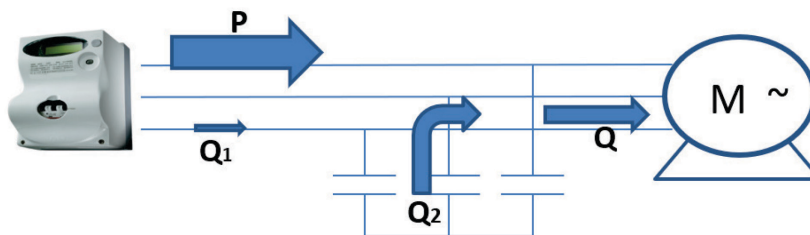
Corrispettivi per prelievi di energia reattiva

Per incentivare il contenimento dell'energia reattiva, l'ARERA applica penali economiche in caso di superamento delle soglie di sfasamento. Il quadro normativo, definito dalla **Delibera 621/2021/R/eel**, è stato integrato dalle **Delibere 232/2022** e **720/2022**, introducendo dal 1° aprile 2023 una tariffazione specifica per l'energia reattiva **immessa** in rete in Fascia F3.

Tali oneri riguardano le utenze non domestiche in Media Tensione e in Bassa Tensione con potenza superiore a 16,5 kW. L'adeguamento dei sistemi di rifasamento è pertanto indispensabile per evitare costi aggiuntivi derivanti da prelievi eccedenti o da carichi capacitivi immessi durante le ore notturne o di bassa attività.

Punti di prelievo	Fascia	Energia reattiva tra il 33% e il 75% dell'energia attiva [c€/kVAh]	Energia reattiva eccedente il 75% dell'energia attiva [c€/kVAh]
Media tensione	F1	0,456	0,606
	F2	0,456	0,606
	F3	0,000	0,000
Bassa tensione	F1	1,274	1,689
	F2	1,274	1,689
	F3	0,000	0,000





Il **rifasamento localizzato** rappresenta la soluzione tecnica ottimale e consiste nell'installazione di **batterie di condensatori** in prossimità dei carichi induttivi. Tale configurazione permette di generare la potenza reattiva necessaria direttamente nel punto di utilizzo, neutralizzando il flusso di corrente reattiva lungo la rete di distribuzione a monte. L'intervento minimizza le perdite di trasporto, stabilizza la tensione terminale e previene l'addebito delle penali tariffarie previste per l'eccessivo assorbimento dalla rete pubblica.




Riduzione del consumo di energia reattiva: schema del rifasamento localizzato

I sistemi di rifasamento si distinguono in **fissi**, caratterizzati da una potenza reattiva capacitiva costante, e **automatici**, capaci di modulare l'erogazione in base al carico per stabilizzare il fattore di potenza ($\cos\phi$).

L'adozione del rifasamento locale minimizza le perdite per effetto Joule nelle linee e ottimizza i costi d'esercizio; il mantenimento dell'energia reattiva assorbita entro il 33% dell'energia attiva consente l'annullamento dei relativi corrispettivi in bolletta. È necessario un dimensionamento accurato della batteria di condensatori per prevenire l'immissione di energia reattiva in rete, **condizione che dal 1° aprile 2023 comporta l'applicazione di specifiche penali anche in fascia F3 per l'energia reattiva capacitiva immessa**. La **Delibera ARERA 232/2022/R/eel** impone ai fornitori l'obbligo di informare i clienti non domestici circa l'applicazione di tali penali per l'energia reattiva immessa.

<p>Obiettivi</p>	<p>Riduzione dell'assorbimento di energia reattiva negli impianti, ottimizzando l'efficienza dei vettori energetici. L'intervento minimizza le perdite per dissipazione e garantisce minori oneri economici derivanti dalle penali tariffarie per basso fattore di potenza.</p>
<p>Benefici</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Ottimizzazione energetica: la riduzione della potenza reattiva limita le perdite lungo la rete, migliorando la qualità dell'energia e stabilizzando la tensione di alimentazione, con conseguente incremento delle prestazioni dei macchinari. ○ Efficienza degli impianti: il minor transito di corrente consente l'impiego di conduttori con sezione ridotta, abbattendo i costi di installazione e riducendo lo stress termico sui componenti, prolungandone la vita utile. ○ Capacità di carico: migliore sfruttamento degli impianti, maggior capacità di trasporto e possibilità di aggiunta di nuovi carichi senza sovradimensionare le linee. ○ Risparmio economico: eliminazione delle penali per energia reattiva, garantendo una sensibile riduzione dei costi fissi in bolletta.
<p>INDICATORI DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA</p>	
<p>Costi di investimento</p>	<p>Medio-bassi</p> <div style="text-align: right;">  </div> <p>L'investimento richiesto risulta contenuto, con una variabilità legata alla potenza reattiva necessaria e alla tecnologia adottata. Per i sistemi automatici, il costo specifico si attesta mediamente tra 80-120 €/kVAr per taglie medio-piccole (fino a 50 kVAr), riducendosi a circa 60-80 €/kVAr per potenze superiori ai 100 kVAr. Le soluzioni di tipo fisso, caratterizzate da una struttura più semplificata, presentano costi inferiori, oscillando tra i 50-70 €/kVAr.</p>
<p>Risparmi energetici</p>	<p>Riduzione limitata ma evidente</p> <div style="text-align: right;">  </div> <p>Il rifasamento non riduce direttamente il consumo di energia attiva (kWh), ma agisce sull'energia reattiva (kVArh). La riduzione della corrente circolante nell'impianto porta a una diminuzione delle perdite per effetto Joule lungo le linee e nei trasformatori.</p>
<p>Tempo di recupero</p>	<p>3 – 8 anni</p> <div style="text-align: right;">  </div> <p>Il tempo di recupero dell'investimento per un sistema di rifasamento varia in funzione della taglia dell'impianto, del fattore di potenza iniziale e della distribuzione oraria dei prelievi. Il rientro economico risulta accelerato per le installazioni di grandi dimensioni e in presenza di elevati consumi nelle fasce F1 e F2, contesti in cui l'incidenza dei corrispettivi per l'energia reattiva è superiore.</p>
<p>Implementazione</p>	<p>Da semplice a moderata</p> <div style="text-align: right;">  </div> <p>L'integrazione di sistemi di rifasamento non comporta alterazioni sostanziali all'impianto esistente. La principale criticità operativa è rappresentata dalla presenza di armoniche in rete, la cui gestione impone l'adozione di soluzioni specifiche, quali l'installazione di induttanze di blocco, per prevenire fenomeni di risonanza e proteggere i condensatori.</p>

<p>Valutazione globale</p>	<div style="text-align: right;">  </div> <p>Il rifasamento è una tecnologia consolidata per l'efficiamento di impianti industriali e terziari con carichi induttivi. Pur non riducendo drasticamente i consumi totali, assicura vantaggi economici, stabilità di rete e qualità dell'energia. L'efficacia è massima quando il fattore di potenza iniziale è critico e i prelievi sono concentrati nelle fasce F1 e F2. Una rigorosa analisi preliminare e una progettazione tecnica accurata sono essenziali per ottimizzare le prestazioni. Questi passaggi permettono di massimizzare i benefici del sistema e accelerare significativamente il rientro dell'investimento.</p>
<p>OTTIMIZZAZIONE ENERGETICA</p>	
<p>Raccomandazioni di ottimizzazione</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Analisi dei prelievi: valutare i consumi per fascia oraria per determinare la fattibilità tecnica e la configurazione impiantistica più idonea. ○ Strategie di ottimizzazione: in presenza di consumi uniformemente distribuiti, occorre rifasare selettivamente i carichi con ridotto fattore di potenza attivi nelle fasce F1 e F2 o, laddove i processi lo consentano, traslare i prelievi dalla fascia F3 verso le fasce soggette a penali (F1 e F2). ○ Rifasamento localizzato: privilegiare l'installazione dei condensatori in prossimità dei carichi principali per ottenere tempi di ritorno più rapidi e garantire superiore flessibilità e modularità operativa. ○ Supporto specialistico: consultare tecnici qualificati per progettazione e installazione, assicurando conformità normativa ed efficacia.
<p>Ostacoli e barriere</p>	<p>Sebbene un consumo energetico uniforme rallenti il recupero economico dell'investimento, a causa dell'assenza di penali ARERA sulla potenza reattiva in fascia F3, il rifasamento resta un intervento tecnico fondamentale. Al di là del puro risparmio in bolletta, questa soluzione stabilizza la tensione, abbatte le perdite per dissipazione termica e ottimizza la potenza disponibile, evitando costi aggiuntivi per l'aumento della potenza contrattuale. Pertanto, una progettazione mirata e un'analisi accurata sono essenziali per bilanciare i tempi di ritorno più lunghi con i significativi benefici infrastrutturali e prestazionali ottenuti.</p>

Casi studio – Rifasamento dei carichi elettrici

Categoria	TECNOLOGIE TRASVERSALI DI EFFICIENTAMENTO																				
Tecnologia	RIFASAMENTO DEI CARICHI ELETTRICI																				
Caso studio	Scenario applicativo – Cantina di medie dimensioni																				
Stato di fatto	<p>L'impianto, con potenza installata di 80 kW, è caratterizzato da un forte sfasamento induttivo causato da motori per pompaggio e lavorazione ($\cos\phi$ tra 0,7 e 0,8). Con un prelievo annuo di 120.000 kWh attivi e di 122.400 kVA_{rh} reattivi, il fattore di potenza medio (0,7) risulta critico non solo per le penali (circa 1.300 €/anno), ma anche per il sovradimensionamento richiesto agli organi di protezione e ai cavi.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Utenza</th> <th>Potenza (kW)</th> <th>Fattore di Potenza ($\cos\phi$)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Gruppo pompe 1</td> <td>25</td> <td>0,70</td> </tr> <tr> <td>Gruppo pompe 2</td> <td>20</td> <td>0,75</td> </tr> <tr> <td>Pigiadiraspatrice</td> <td>15</td> <td>0,70</td> </tr> <tr> <td>Pressa</td> <td>10</td> <td>0,75</td> </tr> <tr> <td>Altre utenze</td> <td>10</td> <td>0,80</td> </tr> </tbody> </table>			Utenza	Potenza (kW)	Fattore di Potenza ($\cos\phi$)	Gruppo pompe 1	25	0,70	Gruppo pompe 2	20	0,75	Pigiadiraspatrice	15	0,70	Pressa	10	0,75	Altre utenze	10	0,80
Utenza	Potenza (kW)	Fattore di Potenza ($\cos\phi$)																			
Gruppo pompe 1	25	0,70																			
Gruppo pompe 2	20	0,75																			
Pigiadiraspatrice	15	0,70																			
Pressa	10	0,75																			
Altre utenze	10	0,80																			
Obiettivi	Ottimizzare il fattore di potenza di ogni carico, o gruppo di carichi, a 0,95.																				
OTTIMIZZAZIONE ENERGETICA																					
Descrizione	<p>Un sistema di rifasamento localizzato permette di ridurre l'energia reattiva annua a circa 39.500 kVA_{rh}, con un risparmio di 82.900 kVA_{rh}. Tale intervento azzerava la penale annuale stimata di circa 1.300€ (calcolata su una distribuzione dei consumi del 70% in fasce F1+F2 e del 30% in F3). Per il raggiungimento del valore target di $\cos\phi = 0,95$ è necessaria l'installazione delle seguenti potenze reattive capacitive:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Utenza</th> <th>Variazione $\cos\phi$</th> <th>Q_c calcolata (kVA_r)</th> <th>Q_c commerciale (kVA_r)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Gruppo pompe</td> <td>→ 0,95</td> <td>28,25</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>Pigiadiraspatrice</td> <td>0,7 → 0,95</td> <td>10,35</td> <td>12,5</td> </tr> <tr> <td>Pressa</td> <td>0,75 → 0,95</td> <td>5,5</td> <td>7,5</td> </tr> </tbody> </table>			Utenza	Variazione $\cos\phi$	Q _c calcolata (kVA _r)	Q _c commerciale (kVA _r)	Gruppo pompe	→ 0,95	28,25	30	Pigiadiraspatrice	0,7 → 0,95	10,35	12,5	Pressa	0,75 → 0,95	5,5	7,5		
Utenza	Variazione $\cos\phi$	Q _c calcolata (kVA _r)	Q _c commerciale (kVA _r)																		
Gruppo pompe	→ 0,95	28,25	30																		
Pigiadiraspatrice	0,7 → 0,95	10,35	12,5																		
Pressa	0,75 → 0,95	5,5	7,5																		
INDICATORI DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA																					
Costi investimento	5.500 € (valore medio stimato)																				
Risparmi energetici	82.900 kVA_{rh}/anno (riduzione prelievo energia reattiva calcolata su un consumo attivo stimato di 120.000 kWh/anno)																				
Risparmi economici	1.300 €/anno (considerando solo l'azzeramento delle penali) NB: i risparmi aumentano se si includono le perdite di energia nei cavi																				
Tempo di recupero	4,2 anni (si riduce nel caso si includano le perdite di energia nei cavi)																				
Osservazioni e note	Le valutazioni economiche e i tempi di recupero si focalizzano sui carichi trifase, in quanto l'impatto dei motori monofase è trascurabile. Questi ultimi, dotati di condensatori integrati, presentano un fattore di potenza più elevato e una taglia ridotta. Oltre al rifasamento localizzato si potrebbe anche utilizzare un rifasatore automatico centralizzato da 50 kVA_r totali (composto da gradini modulari).																				

Categoria	TECNOLOGIE TRASVERSALI DI EFFICIENTAMENTO																																			
Tecnologia	RIFASAMENTO DEI CARICHI ELETTRICI																																			
Caso studio	Confronto tra metodi di rifasamento - Cantina di grandi dimensioni																																			
Stato di fatto	<p>L'insediamento produttivo si articola in cinque macroaree funzionali con profili di assorbimento eterogenei, caratterizzate da una forte presenza di carichi induttivi (motori per ricevimento uve, presse, pompe e linee di imbottigliamento). L'analisi energetica rileva un fattore di potenza medio mensile di 0,7, a fronte di un prelievo annuo di 500.000 kWh di energia attiva e 510.000 kVArh di energia reattiva. Tale sfasamento determina l'addebito di penali in bolletta pari a circa 4.400 € annui. Inoltre, l'elevata corrente circolante causa perdite per effetto Joule lungo le linee interne, stimabili in circa 3.000 kWh/anno.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Utenza</th> <th>Potenza (kW)</th> <th>Fattore potenza (cosφ)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Zona 1 (Ricevimento uve)</td> <td>80</td> <td>0,65</td> </tr> <tr> <td>Zona 2 (Pigiatura e pressatura)</td> <td>70</td> <td>0,7</td> </tr> <tr> <td>Zona 3 (Gruppi pompe)</td> <td>60</td> <td>0,75</td> </tr> <tr> <td>Zona 4 (Imbottigliamento)</td> <td>50</td> <td>0,7</td> </tr> <tr> <td>Zona 5 (Utenze varie)</td> <td>40</td> <td>0,80</td> </tr> </tbody> </table>	Utenza	Potenza (kW)	Fattore potenza (cosφ)	Zona 1 (Ricevimento uve)	80	0,65	Zona 2 (Pigiatura e pressatura)	70	0,7	Zona 3 (Gruppi pompe)	60	0,75	Zona 4 (Imbottigliamento)	50	0,7	Zona 5 (Utenze varie)	40	0,80																	
Utenza	Potenza (kW)	Fattore potenza (cosφ)																																		
Zona 1 (Ricevimento uve)	80	0,65																																		
Zona 2 (Pigiatura e pressatura)	70	0,7																																		
Zona 3 (Gruppi pompe)	60	0,75																																		
Zona 4 (Imbottigliamento)	50	0,7																																		
Zona 5 (Utenze varie)	40	0,80																																		
Obiettivi	Ottimizzare il fattore di potenza di ogni zona produttiva portandolo al valore target di 0,95. L'intervento mira all'azzeramento delle penali, alla stabilizzazione della tensione terminale e alla riduzione delle perdite termiche nei conduttori.																																			
OTTIMIZZAZIONE ENERGETICA																																				
Descrizione	<p>L'ottimizzazione del cosφ si può perseguire mediante due strategie tecniche:</p> <p>Scenario 1: Rifasamento Centralizzato</p> <p>Installazione di un'unica batteria di condensatori automatica da 200 kVAr in prossimità del quadro generale. Questa soluzione corregge il cosφ al punto di consegna, azzerando le penali ma senza ridurre lo stress termico sui cavi a valle del quadro.</p> <p>Scenario 2: Rifasamento Localizzato</p> <p>Installazione di unità rifasanti presso i quadri di zona per circa 210 kVAr.</p> <p>In tabella si riportano i calcoli corretti per il target 0,95 e le relative taglie commerciali:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Utenza</th> <th>Potenza (kW)</th> <th>cosφ iniziale</th> <th>Qc calcolata (kVAr)</th> <th>Taglia Commerciale</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Zona 1 (Ricevimento)</td> <td>80</td> <td>0,65</td> <td>67,2</td> <td>70 kvar</td> </tr> <tr> <td>Zona 2 (Pigiatura)</td> <td>70</td> <td>0,70</td> <td>48,4</td> <td>50 kvar</td> </tr> <tr> <td>Zona 3 (Pompe)</td> <td>60</td> <td>0,75</td> <td>33,2</td> <td>35 kvar</td> </tr> <tr> <td>Zona 4 (Imbottigliamento)</td> <td>50</td> <td>0,70</td> <td>34,5</td> <td>35 kvar</td> </tr> <tr> <td>Zona 5 (Utenze varie)</td> <td>40</td> <td>0,80</td> <td>16,8</td> <td>20 kvar</td> </tr> <tr> <td>TOTALE</td> <td>300</td> <td>--</td> <td>200,1</td> <td>~210 kvar</td> </tr> </tbody> </table>	Utenza	Potenza (kW)	cosφ iniziale	Qc calcolata (kVAr)	Taglia Commerciale	Zona 1 (Ricevimento)	80	0,65	67,2	70 kvar	Zona 2 (Pigiatura)	70	0,70	48,4	50 kvar	Zona 3 (Pompe)	60	0,75	33,2	35 kvar	Zona 4 (Imbottigliamento)	50	0,70	34,5	35 kvar	Zona 5 (Utenze varie)	40	0,80	16,8	20 kvar	TOTALE	300	--	200,1	~210 kvar
Utenza	Potenza (kW)	cosφ iniziale	Qc calcolata (kVAr)	Taglia Commerciale																																
Zona 1 (Ricevimento)	80	0,65	67,2	70 kvar																																
Zona 2 (Pigiatura)	70	0,70	48,4	50 kvar																																
Zona 3 (Pompe)	60	0,75	33,2	35 kvar																																
Zona 4 (Imbottigliamento)	50	0,70	34,5	35 kvar																																
Zona 5 (Utenze varie)	40	0,80	16,8	20 kvar																																
TOTALE	300	--	200,1	~210 kvar																																

INDICATORI DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA		
	Scenario 1 – Rifasamento centralizzato	Scenario 2 – Rifasamento localizzato
Costi investimento	16.000 €	18.000 €
Risparmi energetici*	345.500 kVArh/anno (*riduzione prelievi energia reattiva)	345.500 kVArh/anno (*riduzione prelievi energia reattiva)
Risparmi economici	4.750 €/anno (azzeramento delle penali)	5.250 €/anno (azzeramento penali risparmio di 500 € perdite di rete)
Tempo di recupero	3,37 anni	3,43 anni
Osservazioni e note	<p>Gestione delle armoniche: in una cantina di grandi dimensioni, la presenza di inverter (per chiller o pompe) richiede l'uso di condensatori con induttanze di blocco per evitare fenomeni di risonanza e guasti precoci.</p> <p>Vantaggi del rifasamento localizzato: sebbene l'investimento sia leggermente superiore (circa 18.000 € includendo l'installazione frazionata), il rifasamento localizzato è preferibile poiché riduce la corrente nei cavi interni, aumentando la capacità di carico residua delle linee esistenti e permettendo l'aggiunta di nuovi macchinari senza dover sovradimensionare l'infrastruttura.</p>	

Categoria	TECNOLOGIE TRASVERSALI DI EFFICIENTAMENTO
Tecnologia	RIFASAMENTO DEI CARICHI ELETTRICI
Caso studio	Azienda vitivinicola di grandi dimensioni – Nord Italia
Stato di fatto	<p>L'azienda vitivinicola presenta un ciclo produttivo integrato (dalla pigiatura all'affinamento termocontrollato) con un fabbisogno elettrico annuo di 600.000 kWh. La fornitura è garantita dalla rete nazionale e da un impianto fotovoltaico da 200 kWp (autoconsumo: 160.000 kWh).</p> <p>L'assetto impiantistico è caratterizzato da carichi induttivi significativi (motori di agitatori, pompe e tre gruppi frigoriferi) che generano un elevato assorbimento di energia reattiva. Tale fenomeno è esacerbato dalla produzione fotovoltaica estiva che, immettendo energia attiva a fattore di potenza unitario, riduce il prelievo di attiva dalla rete rendendo la quota reattiva proporzionalmente prevalente.</p> <p>Si registra un calo del fattore di potenza fino a 0,74 in fascia F1, valore distante dalla soglia normativa di 0,95, con conseguenti penali per circa 300 €/anno.</p>
Obiettivi	Portare il fattore di potenza di ogni carico, o gruppo di carichi, a 0,95.
OTTIMIZZAZIONE ENERGETICA	
Descrizione	L'intervento consiste nell'installazione di un sistema di rifasamento automatico da 180 kVAr presso il quadro generale. L'apparato è progettato per correggere il fattore di potenza dal valore critico rilevato a un valore ottimale di 0,97 . L'operazione mira all'eliminazione integrale delle penali per energia reattiva e alla contestuale riduzione delle perdite Joule lungo i cavi del montante elettrico (stimate in circa 3.000 kWh/anno), ottimizzando la capacità di carico e la vita utile dell'infrastruttura elettrica esistente.
INDICATORI DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA	
Costi investimento	5.500 € (incluso progetto e installazione)
Risparmi energetici	3.000 kWh/anno (stima da riduzione perdita di energia nei cavi)
Risparmi economici	800 €/anno (300€ penali + 500€ perdite evitate)
Tempo di recupero	6,9 anni
Riduzione emissioni	1,2 tCO₂ (tonnellate di CO ₂ evitate all'anno)

5.5. Sistemi di illuminazione

L'illuminazione rappresenta un asset strategico che integra **efficienza energetica, sicurezza e produttività**. L'adeguamento ai livelli di illuminamento (lux) garantisce sicurezza operativa e conformità normativa. I valori di riferimento per le aree di cantina sono sintetizzati in Tabella 5:

Tabella 5. Requisiti normativi e standard di illuminamento per locali in cantina

Aree di attività	UNI EN 12464 (lux)	ISO 8995 (lux)
Vinificazione e imbottigliamento	200	200 – 500
Magazzini e stoccaggio	100	100 – 200
Imballaggio e spedizione	300	200 - 500

La tecnologia LED

La tecnologia **LED** (*Light Emitting Diode*) abilita il **retrofit** degli impianti di illuminazione assicurando una vita utile superiore a 50.000 ore, garantendo una **maggiore efficienza energetica** grazie all'elevato rapporto tra flusso emesso e potenza assorbita (lm/W). L'integrazione di sistemi di **daylight harvesting** e sensori di presenza permette di massimizzare il risparmio energetico attraverso la regolazione automatica del flusso luminoso. I benefici chiave includono:

- **Efficienza energetica superiore** rispetto ai sistemi a scarica o fluorescenza.
- **Riduzione dei costi manutentivi** e drastica longevità dei componenti.
- **Gestione intelligente** mediante dimmerazione e controllo dinamico dell'intensità.

<p>Categoria</p>	<p>TECNOLOGIE TRASVERSALI DI EFFICIENTAMENTO</p>												
<p>Tecnologia</p>	<p>RELAMPING A LED IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE</p>												
<p>Descrizione tecnologia</p>	<p>L'integrazione della tecnologia LED (Light Emitting Diode) rappresenta un intervento prioritario di efficientamento energetico, caratterizzato da un elevato indice di redditività.</p> <p>Sotto il profilo tecnico, il passaggio a sistemi LED consente un'efficienza luminosa eccellente spesso superiore ai 120-150 lm/W.</p> <p>Allo stato attuale il panorama dell'illuminazione industriale è quasi totalmente incentrato sulla tecnologia LED, ormai divenuta lo standard assoluto per efficienza e versatilità. Le vecchie soluzioni come le lampade fluorescenti, le alogene e quelle a scarica di gas sono in rapida dismissione, poiché le rigide normative europee ne hanno vietato l'immissione sul mercato per ragioni ambientali e di consumo energetico.</p> <p>Sebbene sia ancora possibile trovare impianti tradizionali residui, la tendenza attuale è quella di un massiccio retrofit verso il LED, un passaggio obbligato che garantisce risparmi energetici tra il 60% e l'80% rispetto alle sorgenti tradizionali e la piena conformità alle direttive Ecodesign (Figura 14).</p> <p>L'upgrade tecnologico si attua mediante relamping (sostituzione della sola sorgente su attacchi esistenti) o rinnovo integrale del corpo illuminante, soluzione quest'ultima che massimizza le prestazioni fotometriche e la dissipazione termica.</p> <p>L'impiego di chip a semiconduttore assicura una vita utile nominale di 50.000 ore (L70), estendibile oltre le 100.000 ore in configurazioni high-end, riducendo drasticamente i costi di manutenzione.</p> <div data-bbox="630 1167 1315 1912" data-label="Figure"> <p>The infographic compares three lighting technologies: Linear Fluorescent Lamps (T8), Discharge Lamps (HID), and LED Technology (Retrofit). It shows their luminous efficiency (lm/W) and lifespan (hours) using horizontal bars.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>TECNOLOGIA</th> <th>EFFICIENZA LUMINOSA (lm/W)</th> <th>DURATA DELLA VITA (Ore)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LAMPADINE FLUORESCENTI LINEARI (T8)</td> <td>70-100</td> <td>12.000-24.000 h</td> </tr> <tr> <td>LAMPADINE A SCARICA (HID)</td> <td>80-120</td> <td>15.000-28.000 h</td> </tr> <tr> <td>TECNOLOGIA LED (Retrofit)</td> <td>120-180+</td> <td>50.000-100.000+ h</td> </tr> </tbody> </table> </div> <p>Figura 14. Confronto tra sorgenti luminose tradizionali e LED</p>	TECNOLOGIA	EFFICIENZA LUMINOSA (lm/W)	DURATA DELLA VITA (Ore)	LAMPADINE FLUORESCENTI LINEARI (T8)	70-100	12.000-24.000 h	LAMPADINE A SCARICA (HID)	80-120	15.000-28.000 h	TECNOLOGIA LED (Retrofit)	120-180+	50.000-100.000+ h
TECNOLOGIA	EFFICIENZA LUMINOSA (lm/W)	DURATA DELLA VITA (Ore)											
LAMPADINE FLUORESCENTI LINEARI (T8)	70-100	12.000-24.000 h											
LAMPADINE A SCARICA (HID)	80-120	15.000-28.000 h											
TECNOLOGIA LED (Retrofit)	120-180+	50.000-100.000+ h											

Obiettivi	<p>Riduzione dei consumi e costi operativi</p> <p>Benessere e performance ambientale: il miglioramento del comfort visivo e della resa cromatica negli spazi professionali contribuisce direttamente all'incremento della produttività e alla qualità del microclima lavorativo.</p>
Benefici	<p>Risparmio energetico: i consumi elettrici calano fino al 75% rispetto alle lampade tradizionali (alogene o fluorescenti), senza perdere qualità nella luce.</p> <p>Longevità: grazie ai chip a semiconduttore, i LED durano mediamente 50.000 ore, potendo raggiungere anche le 100.000 ore nei modelli di alta qualità.</p> <p>Manutenzione ridotta: la lunga durata dei dispositivi abbatte drasticamente i costi di gestione e sostituzione.</p>
INDICATORI DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA	
Costi di investimento	<p>Elevati ma sostenibili </p> <p>L'investimento può risultare superiore rispetto alle soluzioni convenzionali. Per le singole unità (lampade o tubi LED), si stima un onere unitario compreso tra 10 € e 20 €.</p>
Risparmi energetici	<p>fino all'80% </p> <p>Il potenziale di risparmio energetico è superiore al 50%, con picchi fino al 80% nel caso i LED sostituiscano sistemi tradizionali ad alogeni o a scarica di gas.</p>
Tempo di recupero	<p>1,5 – 3 anni in media </p> <p>Sebbene l'investimento possa risultare superiore rispetto alle soluzioni convenzionali, il tempo di ritorno dell'investimento è generalmente rapido, grazie all'abbattimento dei costi di esercizio e manutenzione.</p> <p>Il tempo di recupero dell'investimento è stimato tra 18 e 36 mesi in media, ma può allungarsi in funzione delle ore di accensione annue e del costo del kWh.</p>
Implementazione	<p>Semplice in generale </p>
Valutazione globale	<p>Ottima </p> <p>L'integrazione della tecnologia LED rappresenta una soluzione d'eccellenza per l'efficiamento energetico, garantendo un equilibrio ottimale tra costi e benefici. L'intervento assicura un'elevata riduzione dei consumi elettrici e una rapida redditività, con breve tempo di ritorno dell'investimento.</p>

OTTIMIZZAZIONE ENERGETICA	
Raccomandazioni di ottimizzazione	<p>Per massimizzare l'efficacia dell'efficientamento con tecnologia LED, è necessaria una pianificazione strategica basata sui seguenti criteri:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Analisi dei fabbisogni illuminotecnici: occorre definire i requisiti specifici per ogni area operativa, privilegiando l'efficienza complessiva del sistema rispetto a quella della singola sorgente e parametrando l'output ai livelli di illuminamento normativi richiesti. ○ Scelta tecnologica mirata: la scelta del dispositivo deve rispondere alle peculiarità ambientali, selezionando modelli con caratteristiche tecniche idonee alle diverse destinazioni d'uso. ○ Valutazione del rendimento ottico: è fondamentale considerare i "lumen utili", ovvero il flusso luminoso effettivamente distribuito sulla superficie di lavoro, per minimizzare le dispersioni energetiche. <p>Opzioni di revamping o sostituzione integrale: la decisione tra il solo inserimento di LED (retrofitting) o l'installazione di nuovi corpi illuminanti deve essere subordinata allo stato di conservazione dei componenti esistenti, agli obiettivi di performance e ai vincoli di budget.</p>
Ostacoli e barriere	<ul style="list-style-type: none"> ○ Barriere economiche: l'investimento iniziale per il rinnovo della componentistica può risultare oneroso. ○ Asimmetria informativa: si riscontra spesso una limitata consapevolezza aziendale circa l'effettivo ritorno economico e i vantaggi ambientali derivanti dall'efficientamento. ○ Complessità tecnica del retrofitting: la conversione di sistemi fluorescenti richiede competenze specialistiche per la corretta gestione di componenti ausiliari, quali ballast e starter, al fine di garantire la sicurezza elettrica e l'efficienza del sistema. ○ Incompatibilità dei sistemi di controllo: è necessaria la verifica tecnica preliminare tra le nuove sorgenti LED e gli apparati di dimmerazione esistenti per evitare malfunzionamenti o sfarfallii. ○ Vincoli contrattuali e normativi: la modifica sostanziale dei corpi illuminanti può comportare la decadenza delle certificazioni originali o delle coperture assicurative sull'impianto, rendendo obbligatoria una verifica dei termini contrattuali.

Casi studio – Relamping a LED

Categoria	TECNOLOGIE TRASVERSALI DI EFFICIENTAMENTO
Tecnologia	RELAMPING A LED IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE
Caso studio	Cantine di grandi dimensioni – Nord Italia
Stato di fatto	<p>L'insediamento produttivo presenta un fabbisogno elettrico annuo di 600.000 kWh, coperto per il 25% da un impianto fotovoltaico da 200 kWp.</p> <p>Il sistema di illuminazione originario dell'area produzione (pressatura, vinificazione, stoccaggio, imbottigliamento) ha una potenza installata di 11 kW (parte dei 20 kW totali del sito).</p> <p>La tecnologia prevalente è di tipo tradizionale, basata su corpi illuminanti stagni con lampade a fluorescenza (2x58 W) e, nelle zone di pigiatura e bottaia, proiettori a ioduri metallici (50 W e 250 W).</p> <p>L'illuminazione assorbe circa 50.000 kWh/anno, corrispondenti a un'incidenza percentuale compresa tra dell'8% del fabbisogno elettrico totale.</p> <p>La gestione è esclusivamente manuale, con un consumo specifico per il reparto produzione stimato in 35.000 kWh/anno (su 3.000 ore operative), caratterizzato da elevati costi di manutenzione e inefficienze tecnologiche.</p>
Obiettivi	Rifacimento impianto di illuminazione dell'area produzione
OTTIMIZZAZIONE ENERGETICA	
Descrizione	<p>L'intervento consiste nel relamping integrale dei reparti produttivi attraverso la sostituzione dei corpi illuminanti esistenti con tecnologia LED ad alta efficienza. La soluzione prevede l'installazione di armature industriali e proiettori con ottiche ottimizzate per gli ambienti umidi e le altezze tipiche delle zone di vinificazione.</p> <p>Tale aggiornamento tecnologico permette di ridurre la potenza impegnata da 11 kW a 6 kW, garantendo un risparmio diretto di 15.000 kWh da potenza nominale, incrementato a 17.000 kWh grazie all'uso di sensori di presenza e daylight harvesting e garantendo al contempo un miglioramento del comfort visivo e della sicurezza operativa. Il sistema mantiene la compatibilità con i cablaggi esistenti, minimizzando l'impatto installativo.</p>
INDICATORI DI FATTIBILITA TECNICO-ECONOMICA	
Costi investimento	12.500 €
Risparmi energetici	17.000 kWh
Risparmi economici	3.600 €/anno
Tempo di recupero	3,5 anni

5.6. Efficiamento dei motori elettrici



All'interno dei processi di cantina, i motori elettrici costituiscono una componente primaria del consumo energetico, con un'incidenza marcata durante il ricevimento, dove alimentano coclee e nastri, la pressatura e la fermentazione. In questo stadio, i sistemi di controllo termico e le operazioni di rimontaggio assorbono circa il 45% dell'energia complessiva del processo produttivo, rendendo prioritaria l'adozione di strategie di ottimizzazione mirate sia alla gestione temporale che all'aggiornamento tecnologico.




Strategie di ottimizzazione operativa

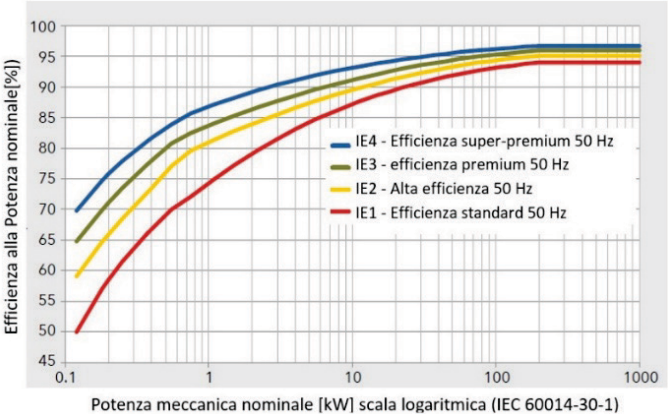
Una delle soluzioni più immediate per ridurre l'impronta energetica consiste nella riduzione dei tempi di funzionamento dei macchinari. Risulta infatti essenziale garantire che le pompe siano attive esclusivamente quando il loro contributo al processo è indispensabile, evitando che i motori operino a vuoto durante le pause di travaso o nelle fasi di post-fermentazione, quando il fabbisogno di refrigerazione diminuisce drasticamente. L'automazione tramite timer e sensori permette di programmare i cicli di lavoro sulle reali necessità operative. Tali interventi, caratterizzati da investimenti contenuti e facilità di installazione, consentono una riduzione dei consumi elettrici compresa tra il 20% e il 40%, con tempi di recupero del capitale generalmente inferiori ai tre anni.




Revamping tecnologico: motori ad alta efficienza e inverter

Il revamping tecnologico dei motori elettrici tramite modelli ad alta efficienza di classe IE3 o superiore permette di ridurre drasticamente le dissipazioni energetiche e ottimizzare le prestazioni. L'integrazione di azionamenti a velocità variabile sostituisce i superati metodi di regolazione meccanica, adattando la potenza alle reali necessità operative dei processi produttivi come il pompaggio e il controllo termico. Nel settore vitivinicolo, questa precisione nella modulazione della potenza elimina le perdite di carico, migliorando l'efficacia di fasi quali la fermentazione e la filtrazione dei prodotti. L'adozione di tali sistemi garantisce non solo una maggiore longevità dei macchinari, ma assicura anche un ritorno economico dell'investimento particolarmente rapido.

Categoria		MOTORI ELETTRICI
Tecnologia		SPEGNIMENTO DEI MOTORI IN ORARI NON OPERATIVI
Descrizione tecnologia	<p>La strategia mira a limitare il funzionamento dei motori elettrici (pompe, nastri, ventilatori, agitatori) esclusivamente alle fasi operative necessarie. Poiché un motore privo di alimentazione annulla il prelievo energetico, l'eliminazione dei regimi a vuoto o superflui assicura un abbattimento immediato dei costi di esercizio. Nelle cantine vitivinicole, i margini di intervento riguardano:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Sistemi di pompaggio: spegnimento delle pompe di refrigerazione o di travaso quando i set-point termici sono raggiunti o le operazioni concluse. ○ Movimentazione uve: disattivazione di nastri e coclee durante le pause nel conferimento. ○ Sistemi di ventilazione: arresto degli estrattori di CO₂ o delle unità di trattamento aria (UTA) al di fuori dei periodi di fermentazione o durante le ore notturne nei magazzini. <p>Sebbene in ambito industriale sia comune riscontrare pompe in funzione oltre l'effettiva necessità operativa, lo spegnimento totale non rappresenta sempre una soluzione praticabile. In molte configurazioni, infatti, è indispensabile mantenere una portata minima per garantire la termostatazione delle utenze e preservare l'integrità igienica del sistema, prevenendo così la sedimentazione di residui o la proliferazione di biofilm nelle tubazioni.</p> <p>Determinare se sia più vantaggioso operare a velocità ridotta o procedere con frequenti cicli di avvio e arresto richiede un'analisi accurata.</p> <p>La scelta non deve basarsi esclusivamente sul risparmio energetico, ma deve considerare attentamente l'impatto sul processo produttivo e l'eventuale incremento degli oneri di manutenzione dovuti alle sollecitazioni meccaniche.</p>	
Obiettivi	Ottimizzazione dei regimi di funzionamento dei motori elettrici (pompaggio, ventilazione e movimentazione) attraverso l'eliminazione dei tempi di attività a vuoto (assenza di carico) o non strettamente necessari alle esigenze di processo.	
Benefici	Riduzione immediata dei costi energetici	
INDICATORI DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA		
Costi di investimento	<p>Bassi, con rapporto costi-benefici molto favorevole</p>  <p>L'adozione di questa misura richiede un impegno economico estremamente contenuto. L'installazione di timer industriali, infatti, comporta costi unitari molto accessibili (stimati a partire da circa 150 €), rendendo l'efficiamento una scelta sostenibile e facilmente attuabile anche per le piccole realtà produttive.</p>	
Risparmi energetici	<p>fino a 20-40%</p>  <p>Gli audit energetici sui sistemi di pompaggio evidenziano risparmi significativi, mediamente compresi tra il 20% e il 40%. L'adozione di interventi integrati, come nuovi motori e sistemi di controllo avanzati, può ridurre i consumi fino al 70%. Tali ottimizzazioni rappresentano una misura cruciale per abbattere i costi operativi e migliorare l'efficienza complessiva dello stabilimento.</p>	




Tempo di recupero	<p>inferiore a 3 anni</p> 
Implementazione	<p>Elevata replicabilità in generale</p>  <p>L'intervento risulta generalmente di semplice attuazione e presenta un'elevata replicabilità, grazie all'adozione di timer e sistemi di controllo intuitivi. Le principali criticità risiedono nell'individuare con precisione i periodi di inattività e nel garantire il rispetto dei parametri minimi di esercizio, specialmente all'interno di processi industriali articolati.</p>
Valutazione globale	 <p>L'adozione di questa misura si rivela estremamente vantaggiosa, unendo un costo contenuto a una grande semplicità applicativa. I risultati sono tangibili fin da subito, con una riduzione dei consumi e dell'impronta ambientale di rilievo. Sebbene l'implementazione richieda un'analisi attenta dei cicli di lavoro e delle necessità produttive, l'ottimo equilibrio tra investimento e risparmio generato la rende una soluzione prioritaria per diverse realtà industriali.</p>
OTTIMIZZAZIONE ENERGETICA	
Raccomandazioni di ottimizzazione	<p>Per massimizzare l'efficacia del sistema e abbattere i costi energetici, è necessario un approccio basato sull'integrazione tra automazione e analisi dei carichi reali:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ L'impiego di timer e sensori di livello consente di automatizzare l'attivazione dei dispositivi, come le pompe di rilancio, in funzione del fabbisogno reale, minimizzando i cicli impropri e le perdite termiche. ○ Parallelamente, la mappatura dei profili di carico per ciascuna utenza (dagli agitatori ai sistemi di ventilazione) permette di determinare, sulla base delle curve di efficienza, l'opportunità di adottare logiche on/off o modulazioni a flusso ridotto. ○ Tale calibrazione operativa deve comunque sottostare a una verifica rigorosa dei vincoli tecnici: sebbene la portata minima sia spesso necessaria per garantire la sicurezza igienica o la stabilità termica del prodotto, il sistema va regolato per erogare esclusivamente il volume di fluido indispensabile al mantenimento degli standard di processo.
Ostacoli e barriere	<p>L'integrazione di sistemi di controllo temporizzati (timer) costituisce una soluzione economica e di rapida attuazione per l'efficientamento energetico immediato. L'implementazione richiede il superamento di specifici vincoli tecnici.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ In primo luogo, risulta necessaria un'analisi puntuale dei cicli operativi per identificare correttamente le finestre di inattività ed evitare interferenze con i flussi di lavoro. ○ In secondo luogo, occorre garantire il rispetto dei vincoli di portata minima laddove la continuità del processo sia indispensabile per la stabilità del sistema o per prevenire fenomeni di sedimentazione e deposito di solidi nelle tubazioni.



Categoria	MOTORI ELETTRICI																		
Tecnologia	MOTORI ELETTRICI AD ALTA EFFICIENZA																		
<p>Descrizione tecnologia</p>	<p>L'intervento consiste nell'aggiornamento (revamping) dei motori attraverso la sostituzione di vecchi motori inefficienti (classe E1) con modelli a più alta efficienza (classi IE4 o IE5). Questi componenti non solo rispettano i requisiti normativi, ma offrono prestazioni energetiche che superano gli standard minimi attuali.</p> <p>Classi di efficienza</p> <p>Il rendimento di un motore è strettamente correlato alla sua taglia: generalmente, a una maggiore potenza corrisponde un rendimento più elevato. La norma internazionale IEC 60034-30-1 disciplina la classificazione dei motori trifase a bassa tensione (da 0,12 kW a 1000 kW), definendo i livelli di International Efficiency (IE).</p> <p>Le classi di efficienza sono IE1 (efficienza standard), IE2 (alta efficienza), IE3 (efficienza premium), IE4 (efficienza super premium). Questi standard si applicano a motori asincroni trifase con diverso numero di poli (2, 4, 6 e 8) e frequenze (50/60 Hz). La misurazione rigorosa delle prestazioni si basa sui criteri definiti dalla norma IEC 60034-2-1, garantendo dati affidabili per il calcolo del risparmio energetico atteso.</p>  <p>In Italia, l'immissione sul mercato di motori e variatori di velocità è regolata dal Regolamento (UE) 2019/1781 che definisce standard minimi obbligatori di efficienza energetica. La tabella sintetizza i requisiti di efficienza attualmente in vigore:</p> <table border="1" data-bbox="564 1525 1235 1765"> <thead> <tr> <th>Tipologia di motore</th> <th>Potenza meccanica [kW]</th> <th>Classe efficienza</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Trifase (3F)</td> <td>0,12 ≤ P < 0,75</td> <td>IE2</td> </tr> <tr> <td>Monofase (1F)</td> <td>0,12 ≤ P ≤ 1000</td> <td>IE2</td> </tr> <tr> <td>Trifase e monofase</td> <td>0,75 ≤ P ≤ 75 200 < P ≤ 1000</td> <td>IE3 (Premium)</td> </tr> <tr> <td>Trifase e monofase</td> <td>75 ≤ P ≤ 200</td> <td>IE4 (Super Premium)</td> </tr> <tr> <td>Motori elettrici + VSD</td> <td>0,12 ≤ P ≤ 1.000</td> <td>IE2</td> </tr> </tbody> </table>	Tipologia di motore	Potenza meccanica [kW]	Classe efficienza	Trifase (3F)	0,12 ≤ P < 0,75	IE2	Monofase (1F)	0,12 ≤ P ≤ 1000	IE2	Trifase e monofase	0,75 ≤ P ≤ 75 200 < P ≤ 1000	IE3 (Premium)	Trifase e monofase	75 ≤ P ≤ 200	IE4 (Super Premium)	Motori elettrici + VSD	0,12 ≤ P ≤ 1.000	IE2
Tipologia di motore	Potenza meccanica [kW]	Classe efficienza																	
Trifase (3F)	0,12 ≤ P < 0,75	IE2																	
Monofase (1F)	0,12 ≤ P ≤ 1000	IE2																	
Trifase e monofase	0,75 ≤ P ≤ 75 200 < P ≤ 1000	IE3 (Premium)																	
Trifase e monofase	75 ≤ P ≤ 200	IE4 (Super Premium)																	
Motori elettrici + VSD	0,12 ≤ P ≤ 1.000	IE2																	
<p>Obiettivi</p>	<p>Ridurre l'assorbimento elettrico delle utenze meccaniche (pompe, compressori frigoriferi e agitatori) mediante l'adozione di motori a classe di efficienza IE3 o IE4, preferibilmente accoppiati a inverter per la modulazione dei carichi.</p>																		
<p>Benefici</p>	<p>Abbattimento dei consumi energetici, garantendo una maggiore vita utile degli impianti e una riduzione dei costi operativi di manutenzione.</p>																		

INDICATORI DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA	
Costi di investimento	<p>Investimento sostenibile </p> <p>L'adozione di motori in classe IE3 comporta investimenti unitari compresi tra 180 € (1,5 kW) e più di 3.000 € per potenze fino a circa 40 kW, mentre il passaggio alla classe IE4 richiede un sovrapprezzo medio del 20-45% in base alla taglia di potenza. Tale intervento assicura una riduzione delle perdite interne del 15-20% rispetto allo standard IE3. .</p>
Risparmi energetici	<p>fino a circa il 20% </p> <p>Il risparmio energetico varia in funzione della taglia del motore (potenza nominale) poiché i motori più piccoli sono intrinsecamente meno efficienti e traggono il massimo beneficio dal salto di classe. Il passaggio da motori IE1 a classi IE3/IE4 garantisce risparmi energetici compresi tra il 4% e il 18% in base alla taglia di potenza (1,5-37 kW).</p>
Tempo di recupero	<p>da 1 a 8 anni </p> <p>Utenze a basso utilizzo: la sostituzione di un motore IE1 con un IE4 su una diraspatrice che lavora solo 3 settimane l'anno presenta un recupero lento (oltre i 7 anni), rendendo l'intervento giustificabile solo in caso di guasto irreparabile del vecchio componente o per accesso a incentivi fiscali. Utenze ad alto utilizzo: nei gruppi frigoriferi, il passaggio a motori ad alta efficienza (IE4) è prioritario. L'elevato numero di ore di funzionamento riduce la forbice di recupero a meno di 2 anni per taglie superiori ai 15 kW, grazie alla riduzione drastica dei consumi di picco e di mantenimento termico.</p>
Implementazione	<p></p> <p>Sebbene la sostituzione sia tecnicamente immediata, l'intervento da solo potrebbe non massimizzare il potenziale di risparmio. Per garantire un'efficienza ottimale, è necessaria un'analisi sistemica che integri il nuovo motore con le specifiche dinamiche dell'impianto, assicurando che ogni componente operi nel punto di massimo rendimento.</p>
Valutazione globale	<p></p> <p>L'aggiornamento tecnologico verso motori ad alta efficienza rappresenta una strategia efficace per ottimizzare le prestazioni energetiche, garantendo benefici economici e ambientali duraturi. Tuttavia, l'investimento iniziale e i tempi di ammortamento non immediati possono costituire un ostacolo; è pertanto fondamentale una pianificazione strategica che dia priorità agli impianti con i maggiori volumi di lavoro.</p>

OTTIMIZZAZIONE ENERGETICA	
Raccomandazioni di ottimizzazione	<p>Per massimizzare l'efficacia dell'intervento e ottimizzare l'efficienza dei sistemi di pompaggio nel contesto vitivinicolo, si suggeriscono le seguenti linee guida operative:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Pianificazione della sostituzione: è opportuno valutare il cambio del motore quando questo si avvicina al termine del ciclo di vita o se opera costantemente con un basso fattore di carico. Un motore sovradimensionato o usurato lavora lontano dal punto di massimo rendimento, generando inutili sprechi energetici. ○ Adozione di tecnologie sincrone: per le applicazioni che richiedono elevata precisione e rendimenti costanti anche a regimi ridotti, i motori sincroni rappresentano una soluzione d'eccellenza, garantendo risparmi superiori rispetto alle tecnologie tradizionali in scenari operativi specifici. ○ Integrazione con i variatori di velocità (VSD): per ottenere il massimo risparmio, la sostituzione del motore dovrebbe essere abbinata all'installazione di un VSD. Questa combinazione permette di modulare la velocità di rotazione in base alla richiesta effettiva di processo, evitando che il motore lavori inutilmente alla massima potenza.
Ostacoli e barriere	<p>L'aggiornamento tecnologico dei motori offre margini di miglioramento straordinari, in particolare laddove operano macchine datate e inefficienti. In questi contesti, il passaggio a standard superiori garantisce una riduzione drastica dei costi in bolletta. Tuttavia, il percorso verso l'efficienza presenta alcune sfide:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Investimento iniziale: la barriera principale è rappresentata dal costo d'acquisto dei motori di nuova generazione, che può risultare impegnativo nel breve periodo. ○ Approccio sistemico: è fondamentale comprendere che la semplice sostituzione del componente motore potrebbe non bastare. Per massimizzare il ritorno sull'investimento, è necessaria una valutazione dell'intero sistema (trasmissioni, pompe, accoppiamenti), assicurando che ogni elemento sia correttamente dimensionato e coordinato.

<p>Categoria</p>	<p>MOTORI ELETTRICI</p>
<p>Tecnologia</p>	<p>AZIONAMENTI A VELOCITÀ VARIABILE (VSD)</p>
<p>Descrizione tecnologia</p>	<p>L'efficiamento dei motori elettrici si ottiene sostituendo il controllo meccanico della portata con la regolazione elettronica mediante Variable Speed Drive (VSD). L'uso di valvole di strozzamento o circuiti di bypass causa inefficienze operative e degrado del rendimento; l'integrazione di un convertitore di frequenza allinea invece l'erogazione alla domanda reale, nel rispetto delle specifiche tecniche e delle normative di sicurezza.</p> <p>Parallelamente, l'ottimizzazione del compressore nei sistemi frigoriferi richiede strategie di modulazione della potenza in funzione del carico termico, prevenendo dispersioni di energia durante i carichi parziali. L'impiego di unità a velocità variabile o inverter risulta determinante per il rendimento complessivo, poiché la potenza assorbita diminuisce proporzionalmente al fabbisogno di raffreddamento.</p> <p>In ambito vitivinicolo, la tecnologia di compressione si diversifica in base alla scala produttiva: i compressori scroll sono ideali per piccole e medie cantine grazie alla precisione termica in fermentazione e ai consumi ridotti in affinamento, mentre i compressori a vite rappresentano la soluzione d'elezione per i grandi impianti, garantendo elevate prestazioni nell'abbattimento rapido dei mosti e nelle stabilizzazioni tartariche a temperature negative (fino a -8 °C). Nella figura si riportano le differenti modalità di controllo della potenza assorbita dal compressore, che diminuisce in modo proporzionale al carico di raffreddamento.</p>
<p>Obiettivi</p>	<p>Regolare con precisione la velocità dei motori e la potenza frigorifera in funzione del fabbisogno reale. Tale modulazione ottimizza l'efficienza dei compressori e stabilizza le temperature di processo, eliminando le inefficienze energetiche derivanti dai frequenti cicli di avvio e arresto.</p>
<p>Benefici</p>	<p>Oltre al risparmio energetico, l'inverter riduce i costi operativi totali, accelerando indirettamente il rientro economico:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Eliminazione delle correnti di spunto: evita i picchi di assorbimento all'avvio che possono causare penali in bolletta. ○ Riduzione dell'usura meccanica: avvii e arresti dolci prolungano la vita di cinghie, cuscinetti e ingranaggi. ○ Rifasamento naturale: l'inverter migliora il fattore di potenza del motore, riducendo le perdite d'impianto.

INDICATORI DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA	
Costi di investimento	<p>Investimento accessibile </p> <p>L'investimento presenta un favorevole profilo costi-benefici. Il costo di un inverter è influenzato non solo dalla potenza nominale, ma anche dal grado di protezione (IP), dalle funzionalità di comunicazione e dalla presenza di filtri armonici integrati. Il costo specifico a kW installato decresce all'aumentare della taglia del motore secondo un'economia di scala. Per applicazioni industriali standard (IP20/IP54), si attesta mediamente tra 80 €/kW e 150 €/kW. A questi si aggiungono gli oneri di installazione e integrazione.</p>
Risparmi energetici	<p></p> <p>L'assegnazione del punteggio massimo è giustificata dalla natura stessa dei carichi fluidodinamici prevalenti in cantina (pompe di travaso, pompe per il rimontaggio, ventilatori delle torri di raffreddamento e dei gruppi frigo). L'applicazione degli inverter in questi contesti non rappresenta solo un miglioramento incrementale, ma un cambio di paradigma energetico basato sulle leggi di affinità.</p> <p>L'integrazione di inverter sui motori elettrici consente di abbattere i consumi energetici, specialmente nei sistemi che adottano ancora regolazioni meccaniche come valvole o strozzature. Tale efficienza è garantita dalle leggi di affinità idraulica: poiché la potenza assorbita è proporzionale al cubo della velocità, riduzioni minime della portata generano tagli drastici della spesa energetica. L'efficienza massima si ottiene quindi su carichi centrifughi (pompe e ventilatori). In questi casi, la potenza assorbita varia con il cubo della velocità.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Riduzione velocità del 20%: Il consumo energetico scende di circa il 50%. ○ Riduzione velocità del 50%: Il consumo scende di quasi l'80%. <p>Se il motore lavora già costantemente al 100% della sua velocità nominale e il carico è costante, l'inverter non fa risparmiare energia. In contesti meno ottimizzati (es. situazioni in cui il motore lavora vicino alla sua velocità nominale o in applicazioni a coppia costante), l'adozione di questi sistemi assicura comunque risparmi fino al 20% rispetto a impianti privi di regolazione o con controlli obsoleti, rappresentando un beneficio rilevante per l'efficienza complessiva.</p> <p>L'inverter è utile quando si può modulare la velocità invece di usare strozzature meccaniche (come valvole o serrande).</p>
Tempo di recupero	<p>da pochi mesi a 4 anni </p> <p>L'investimento si ripaga velocemente, dimostrandosi una delle soluzioni più vantaggiose tra i vari interventi di efficientamento. Nel caso dei carichi centrifughi (pompe centrifughe e ventilatori/aspiratori), il risparmio è così massiccio che l'inverter si ripaga spesso in meno di 12 mesi.</p> <p>L'inverter è un investimento basato sull'utilizzo.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Uso intensivo (funzionamento in continuo): il recupero del capitale è rapidissimo (anche solo 3-6 mesi). ○ Uso saltuario: se il motore lavora poche ore a settimana, il tempo di rientro può superare i 3-4 anni, rendendo l'investimento meno attraente dal punto di vista puramente energetico. Nel caso di compressori d'aria il tempo di recupero medio arriva a circa 3 anni.

<p>Implementazione</p>	<p>Potenzialmente complessa </p> <p>L'intervento si caratterizza per un'elevata replicabilità. Sebbene l'integrazione dei VSD richieda personale qualificato e potenziali adeguamenti strutturali su impianti esistenti, tali complessità tecniche risultano superabili mediante una pianificazione accurata, garantendo la corretta transizione verso sistemi di controllo evoluti anche in strutture già operative.</p>
<p>Valutazione globale</p>	<p></p> <p>L'integrazione di motori con VSD è una strategia d'eccellenza per l'efficiamento energetico, superando i limiti dei meno efficienti controlli meccanici. Nonostante l'investimento iniziale e la necessità di competenze specialistiche per la gestione delle criticità d'installazione, tali soluzioni garantiscono un rapido ritorno economico e benefici ambientali tangibili.</p> <p>Questa soluzione risulta ideale soprattutto per gli impianti caratterizzati da elevati consumi energetici: in questi casi l'ampio margine di risparmio permette di ammortizzare i costi e giustificare pienamente l'investimento economico</p>
<p>OTTIMIZZAZIONE ENERGETICA</p>	
<p>Raccomandazioni di ottimizzazione</p>	<p>Un'installazione tecnica accurata è indispensabile per prevenire disturbi armonici nella rete e garantire la longevità del motore elettrico.</p> <p>Parallelamente, l'integrazione di convertitori di frequenza nei sistemi di compressione permette di modulare la velocità in funzione del carico termico e ambientale.</p> <p>Nei sistemi di refrigerazione, previa verifica della compatibilità della lubrificazione e del dimensionamento delle valvole di espansione, l'adozione di inverter è prioritaria nei casi seguenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ il carico prevalente è inferiore al 75% della capacità massima. ○ in presenza di un unico compressore per carichi variabili. ○ in sostituzione di sistemi bypass su macchine a vite. <p>L'intervento è inoltre strategico per mitigare l'usura meccanica derivante da frequenze di avvio superiori ai sei cicli orari.</p>
<p>Ostacoli e barriere</p>	<p>L'implementazione di azionamenti a velocità variabile (VSD) garantisce significativi incrementi di efficienza energetica, specialmente in sostituzione di sistemi di regolazione meccanica. L'integrazione richiede tuttavia:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ un'attenta valutazione dell'investimento iniziale, da ponderare in funzione dei tempi di ammortamento. ○ il coinvolgimento di personale qualificato per assicurare la corretta configurazione tecnica e la sicurezza operativa. <p>L'ostacolo principale risiede nel retrofitting, ovvero nell'armonizzazione della nuova unità di regolazione della potenza del compressore con l'architettura impiantistica preesistente.</p>

Casi studio – Motori elettrici e inverter

Categoria	MOTORI ELETTRICI																																								
Tecnologia	MOTORI ELETTRICI AD ALTA EFFICIENZA																																								
Caso studio	Azienda vitivinicola – Sud Italia																																								
Stato di fatto	<p>Il caso studio analizza una delle principali realtà vitivinicole dell'isola, attiva sia sul mercato nazionale che internazionale attraverso due siti operativi: la sede centrale e l'impianto di imbottigliamento.</p> <p>L'analisi energetica evidenzia i seguenti dati produttivi e di consumo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Produzione media annua: circa 185.000 ettolitri di vino. ○ Consumo elettrico medio: 4.500 MWh all'anno. <p>In linea con una visione orientata all'efficiamento energetico e all'innovazione, la cantina ha pianificato una serie di interventi strategici per l'efficiamento:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Sostituzione tecnologica: rinnovo dei motori elettrici obsoleti. ○ Energie rinnovabili: installazione di un impianto fotovoltaico. <p>Attualmente, il parco macchine è composto da motori elettrici in classe IE1 (standard di efficienza superato), i cui dati tecnici sono riassunti nella tabella:</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Potenza motore (kW)</th> <th>Numero unità</th> <th>Potenza aggregata (kW)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>250</td><td>3</td><td>750</td></tr> <tr><td>85</td><td>1</td><td>85</td></tr> <tr><td>50</td><td>1</td><td>50</td></tr> <tr><td>45</td><td>3</td><td>135</td></tr> <tr><td>37</td><td>1</td><td>37</td></tr> <tr><td>15</td><td>7</td><td>105</td></tr> <tr><td>10</td><td>7</td><td>70</td></tr> <tr><td>8</td><td>1</td><td>8</td></tr> <tr><td>TOTALE</td><td>24</td><td>1.240</td></tr> </tbody> </table>	Potenza motore (kW)	Numero unità	Potenza aggregata (kW)	250	3	750	85	1	85	50	1	50	45	3	135	37	1	37	15	7	105	10	7	70	8	1	8	TOTALE	24	1.240										
Potenza motore (kW)	Numero unità	Potenza aggregata (kW)																																							
250	3	750																																							
85	1	85																																							
50	1	50																																							
45	3	135																																							
37	1	37																																							
15	7	105																																							
10	7	70																																							
8	1	8																																							
TOTALE	24	1.240																																							
Obiettivi	Riduzione di consumi e costi energetici legati all'esercizio dei motori elettrici.																																								
Benefici	<p>Minori costi in bolletta grazie all'abbattimento degli sprechi di energia reattiva e calore dissipato dai vecchi motori.</p> <p>Maggiore affidabilità: riduzione dei fermi macchina.</p> <p>Maggior durata: cicli di vita più lunghi.</p>																																								
OTTIMIZZAZIONE ENERGETICA																																									
Descrizione	<p>L'intervento prevede il rinnovo tecnologico del parco motori con sostituzione delle unità in classe IE1 con modelli ad alta efficienza in classe IE3, stimando un incremento medio delle prestazioni fino al 4%. La tabella riporta il potenziale di miglioramento e il relativo risparmio energetico conseguibile dalla sostituzione dei motori elettrici da classe IE1 a classe IE4.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Utenza</th> <th>Miglioramento [%]</th> <th>Consumi [kWh]</th> <th>Risparmio [kWh]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Depuratore</td><td>3,84</td><td>429.459</td><td>16.491</td></tr> <tr><td>Gruppi Frigo</td><td>2,00</td><td>1.272.566</td><td>25.415</td></tr> <tr><td>Compressori</td><td>2,42</td><td>579.208</td><td>14.024</td></tr> <tr><td>Pompe</td><td>3,84</td><td>709.704</td><td>27.253</td></tr> <tr><td>Pompe Di Calore</td><td>3,84</td><td>286.127</td><td>10.987</td></tr> <tr><td>Pressatura</td><td>3,70</td><td>138.588</td><td>5.128</td></tr> <tr><td>Filtri</td><td>3,80</td><td>96.267</td><td>3.658</td></tr> <tr><td>Torri Evaporative</td><td>1,30</td><td>85.570</td><td>1.112</td></tr> <tr><td>Autoclave</td><td>3,84</td><td>18.183</td><td>698</td></tr> </tbody> </table> <p>La tabella riporta le specifiche per tipologia di utenza, indicando il potenziale di miglioramento e il relativo risparmio energetico conseguibile.</p>	Utenza	Miglioramento [%]	Consumi [kWh]	Risparmio [kWh]	Depuratore	3,84	429.459	16.491	Gruppi Frigo	2,00	1.272.566	25.415	Compressori	2,42	579.208	14.024	Pompe	3,84	709.704	27.253	Pompe Di Calore	3,84	286.127	10.987	Pressatura	3,70	138.588	5.128	Filtri	3,80	96.267	3.658	Torri Evaporative	1,30	85.570	1.112	Autoclave	3,84	18.183	698
Utenza	Miglioramento [%]	Consumi [kWh]	Risparmio [kWh]																																						
Depuratore	3,84	429.459	16.491																																						
Gruppi Frigo	2,00	1.272.566	25.415																																						
Compressori	2,42	579.208	14.024																																						
Pompe	3,84	709.704	27.253																																						
Pompe Di Calore	3,84	286.127	10.987																																						
Pressatura	3,70	138.588	5.128																																						
Filtri	3,80	96.267	3.658																																						
Torri Evaporative	1,30	85.570	1.112																																						
Autoclave	3,84	18.183	698																																						

INDICATORI DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA	
Costi investimento	75.000 € Costo medio 40-100 €/kW
Risparmi energetici	2,9 % (del consumo elettrico complessivo aziendale)
Tempo di recupero	4 anni
Osservazioni e note	L'intervento di sostituzione è finalizzato a ridurre il fabbisogno energetico esterno, incrementando significativamente il grado di autosufficienza dell'azienda . I dati evidenziano un risparmio annuo di circa 105.000 kWh , che si traduce in una contrazione dei consumi totali maggiori del 2% . Questo miglioramento permette di ottimizzare l'indice di prestazione energetica, che scende da 24,3 a 23,7 kWh/hl , confermando una maggiore efficienza nel processo produttivo per ogni ettolitro di vino prodotto.

Categoria	MOTORI ELETTRICI
Tecnologia	AZIONAMENTI A VELOCITÀ VARIABILE (INVERTER)
Caso studio	Azienda vitivinicola – Nord Italia
Stato di fatto	<p>L'insediamento produttivo è articolato in aree di vinificazione, stoccaggio e servizi, privo di sistemi di autoproduzione o connessioni a reti di teleriscaldamento/cogenerazione. Il fabbisogno elettrico rappresenta circa il 60% dei consumi energetici totali, con picchi stagionali durante la vendemmia e un carico di base notturno costante di 100 kW.</p> <p>La centrale frigorifera costituisce l'utenza principale (30%), integrata dal comparto produttivo e da ulteriori chiller (20% ciascuno). Il processo include filtri rotativi, centrifughe e impianti di concentrazione/desolfurazione, oltre a sistemi di depurazione e aria compressa a regime continuo. Le criticità tecniche riguardano i gruppi frigo condensati ad acqua, serviti da elettropompe da 11 kW. Originariamente, tali motori a doppia velocità operavano in modalità on-off o intermittente, generando fenomeni di pendolamento (spunti di avvio inefficienti) e significativi sprechi energetici dovuti all'impossibilità di modulare la potenza in base al carico reale.</p>
OTTIMIZZAZIONE ENERGETICA	
Descrizione	<p>L'intervento di efficientamento ha riguardato la sostituzione dei motori a doppia velocità con unità ad alta efficienza IE4 con convertitori di frequenza per l'inseguimento della pressione (e temperatura) di condensazione:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Motore classe IE4: dissipa molta meno energia in calore rispetto ai modelli standard (IE1 o IE2), garantendo un rendimento molto elevato. ○ Inverter: il componente elettronico che varia la velocità del motore regolando la frequenza elettrica per farlo girare a velocità tra 0 e 100%. <p>L'inverter permette la regolazione dinamica di pompe e ventilatori delle torri di raffreddamento, in base alla lettura in tempo reale dei sensori di pressione e temperatura del gas refrigerante. Al diminuire del carico termico o della temperatura esterna, il sistema riduce la velocità dei componenti per ottimizzare la pressione di condensazione. Questo approccio, noto come <i>Floating Head Pressure</i> (pressione di condensazione fluttuante), supera la logica rigida dei sistemi on-off: l'adeguamento continuo alle condizioni climatiche garantisce che venga consumata solo l'energia necessaria a mantenere il refrigerante nelle condizioni chimico-fisiche ideali, incrementando l'efficienza complessiva dell'impianto.</p>
INDICATORI DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA	
Costi investimento	10.000 €
Risparmi energetici	7.000 kWh/anno
Risparmi economici	1.000 €/anno
Tempo di recupero	10 anni
Riduzione emissioni	3,0 tCO₂ (tonnellate di CO ₂ evitate all'anno)
Osservazioni e note	Il tempo di ritorno elevato deriva dalla stagionalità , che limita le ore operative annue, e dall'adozione di motori IE4, il cui costo d'acquisto è superiore al solo inverter. Inoltre, la presenza di motori a doppia velocità riduce il margine di risparmio incrementale ottenibile, rendendo l'investimento profittevole solo tramite l'accesso a sgravi fiscali .


5.7. Coibentazione di serbatoi non isolati

L'impiego di serbatoi in acciaio inox costituisce lo standard tecnologico nelle cantine contemporanee per l'elevata resistenza alla corrosione, l'inerzia chimica e la facilità di igienizzazione. Queste unità, incluse le varianti "semprepieno" che offrono massima flessibilità volumetrica, integrano circuiti di scambio termico a parete per il controllo dei processi di fermentazione e affinamento. L'efficienza energetica del sistema è garantita dall'applicazione di strati isolanti in lana minerale, poliuretano o polistirene, necessari per minimizzare le dispersioni termiche verso l'ambiente esterno.

La determinazione del fabbisogno energetico richiede un'analisi tecnica rigorosa, poiché il carico frigorifero non è costante ma influenzato da molteplici variabili. Il picco di richiesta si concentra durante la fermentazione, quando le reazioni esotermiche dei lieviti generano calore che deve essere prontamente compensato per non compromettere il profilo organolettico del prodotto. Il calcolo di tale fabbisogno deve considerare sistematicamente la tipologia di vitigno, lo stadio di lavorazione, le temperature di set-point del fluido refrigerante, le condizioni termo-igrometriche del locale e le caratteristiche geometriche del silo, le quali definiscono la capacità della superficie di scambiare calore con l'esterno.

Dal punto di vista operativo, la gestione termica segue parametri precisi in base alla fase del ciclo di vinificazione. Durante la fermentazione, si impostano tipicamente temperature comprese tra 17 e 20 °C per i vini bianchi e tra 25 e 28 °C per i rossi. Nelle fasi di stabilizzazione e conservazione, che si protraggono per tutto l'anno, i valori di riferimento si attestano sui 12 °C per i bianchi e sui 17 °C per i rossi. Sebbene il mercato offra serbatoi di nuova generazione con coibentazione evoluta già integrata, la priorità strategica per l'incremento dell'efficienza energetica globale risiede nella riqualificazione dei modelli esistenti privi di isolamento. L'intervento su queste strutture costituisce il passaggio fondamentale per ridurre le inefficienze e ottimizzare i costi operativi della cantina.

Categoria SISTEMI DI ISOLAMENTO TERMICO	
Tecnologia	COIBENTAZIONE DI SERBATOI NON ISOLATI
Descrizione tecnologia	La coibentazione dei silos, siano essi in acciaio inox o altri materiali, consiste nell'applicazione di uno strato isolante sulla superficie esterna. Si impiegano comunemente materiali quali poliuretano espanso rigido (PUR), polistirene estruso (XPS) o lana minerale, protetti da un rivestimento finale in lamiera di alluminio, acciaio inox o plastica. L'obiettivo primario di questa tecnologia è limitare l'apporto termico esterno per irraggiamento solare.
Obiettivi	<p>Controllo del processo: minimizzare l'ingresso di calore ambientale durante la fermentazione, garantendo un miglior controllo del processo.</p> <p>Ottimizzazione energetica: migliorare l'efficienza degli impianti di refrigerazione e riscaldamento asserviti ai serbatoi, riducendo i carichi di lavoro.</p> <p>Contenimento delle dispersioni termiche: costanza della temperatura del vino durante lo stoccaggio, limitando gli scambi termici con l'esterno.</p>
Benefici	<p>Eccellenza enologica: la stabilità termica in fermentazione e affinamento preserva le proprietà organolettiche.</p> <p>Salvaguardia del prodotto: si azzerano i rischi di alterazione o perdita di prodotto causati da sbalzi termici improvvisi.</p> <p>Longevità strutturale: il rivestimento protettivo della coibentazione scherma i serbatoi da corrosione e agenti atmosferici, prolungandone la vita utile.</p>
INDICATORI DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA	
Costi di investimento	<p>Moderatamente elevati </p> <p>Il costo per la coibentazione dei serbatoi varia mediamente tra 120 e 180 €/m², comprensivo di isolante, rivestimento metallico e installazione e varia in funzione del materiale isolante scelto e dallo spessore applicato.</p>
Risparmi energetici	<p>fino a 40-60% del consumo per refrigerazione </p> <p>L'isolamento scherma i serbatoi da irraggiamento, convezione e conduzione, riducendo la trasmittanza termica e stabilizzando i cicli del chiller per abbattere i carichi termici parassiti esterni. L'isolamento termico dei serbatoi consente una riduzione del consumo energetico per raffreddamento tra il 40% e il 60%. L'entità del beneficio dipende strettamente dalle condizioni operative della cantina, dal posizionamento e dal grado di isolamento dei silos prima dell'intervento.</p>
Tempo di recupero	<p>2-5 anni </p>
Implementazione	<p>Fattibile, di media complessità </p> <p>L'intervento è applicabile sia a serbatoi di nuova costruzione che esistenti. In caso di riqualificazione può, in alcuni casi, essere necessaria la temporanea sospensione del servizio e l'utilizzo di ponteggi. È fondamentale l'impiego di personale qualificato per garantire la corretta installazione dello strato isolante.</p>

<p>Valutazione globale</p>	<div style="text-align: right;">  </div> <p>L'isolamento termico dei silos rappresenta un intervento con un buon rapporto costi-benefici quindi valido e raccomandabile. Genera un risparmio energetico significativo e presenta tempi di ritorno dell'investimento contenuti. La fattibilità tecnica è elevata, anche se l'implementazione su serbatoi esistenti può presentare qualche difficoltà logistica.</p>
<p>OTTIMIZZAZIONE ENERGETICA</p>	
<p>Raccomandazioni di ottimizzazione</p>	<p>L'efficienza dei serbatoi datati e privi di coibentazione si può incrementare mediante:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Selezione dei materiali: scegliere l'isolante valutando le prestazioni termiche e la resistenza chimica agli agenti tipici dell'ambiente di cantina. ○ Dimensionamento tecnico: calcolare lo spessore ottimale in base alle temperature di esercizio e al clima per garantire massima efficacia protettiva. ○ Precisione nell'installazione: assicurare una posa continua per eliminare i ponti termici, garantendo l'integrità dello strato isolante su tutta la superficie. ○ Monitoraggio: implementare sistemi di controllo delle temperature del prodotto e dell'ambiente, verificando le performance del sistema e rilevando anomalie. ○ Manutenzione programmata: pianificare ispezioni periodiche per mantenere inalterate le proprietà isolanti nel lungo periodo.
<p>Ostacoli e barriere</p>	<p>L'implementazione della coibentazione sui serbatoi esistenti comporta sfide gestionali superabili con una pianificazione strategica:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Gestione logistica: l'installazione su impianti attivi può interferire con la produzione. Per ridurre i disagi, si raccomanda di programmare i lavori nei periodi di scarso carico o durante le manutenzioni ordinarie. ○ Competenze tecniche: una posa non corretta vanifica l'efficacia dell'isolante. Affidarsi a professionisti specializzati garantisce un'esecuzione a regola d'arte, assicurando la massima resa energetica e la longevità dei materiali. ○ Installazione di ponteggi: l'impiego di ponteggi o piattaforme aeree è necessario per serbatoi che superano i 2-3 metri di altezza, al fine di garantire l'accesso sicuro e l'applicazione uniforme dell'isolante su tutta la superficie cilindrica e sulla cupola.

Casi studio – Coibentazione di serbatoi non isolati

Categoria	SISTEMI DI ISOLAMENTO TERMICO												
Tecnologia	COIBENTAZIONE DI SERBATOI NON ISOLATI												
Caso studio	Azienda vitivinicola												
Stato di fatto	<p>L'asset oggetto di analisi è costituito da un parco di 12 serbatoi in acciaio inox AISI 304 con capacità unitaria di 300 hl (totale 3.600 hl), installati in ambiente esterno su basamento in calcestruzzo non isolato.</p> <p>La configurazione attuale presenta le seguenti criticità:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Involucro: assenza di isolamento termico con esposizione solare diretta (circa 8 ore/giorno). ○ Profilo termico: le pareti agiscono come scambiatori termici non controllati (radiatori inversi), assorbendo calore radiante esterno. ○ Impatto energetico: durante la fermentazione e lo stoccaggio, il sistema di refrigerazione (chiller) deve smaltire non solo il calore endogeno di processo, ma anche il carico termico parassita derivante dall'irraggiamento e dalla convezione esterna, con conseguente inefficienza operativa e rischi per la stabilità tartarica del prodotto. 												
OTTIMIZZAZIONE ENERGETICA													
Descrizione	<p>L'intervento consiste nella coibentazione integrale dei mantelli e delle cupole superiori dei serbatoi mediante l'applicazione di:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Strato isolante: poliuretano espanso (PUR) a celle chiuse con spessore di 60 mm e conduttività termica $\lambda \approx 0,024 \text{ W/mK}$ ○ Protezione superficiale: rivestimento in lamiera calandrata di alluminio preverniciato (spessore 10/10), selezionato per l'elevato coefficiente di riflessione della radiazione solare e la protezione dagli agenti atmosferici. ○ Sigillatura: chiusura ermetica dei giunti per prevenire ponti termici e infiltrazioni di umidità. <p>La tabella riporta le caratteristiche sintetiche dell'intervento.</p> <table border="1" data-bbox="518 1332 1305 1579"> <thead> <tr> <th>Parametro tecnico</th> <th>Valore stimato</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Superficie totale da isolare</td> <td>circa 580 m² (mantelli + cupole superiori)</td> </tr> <tr> <td>Materiale isolante</td> <td>Poliuretano espanso (PUR) a celle chiuse o lana di roccia (spessore 60mm)</td> </tr> <tr> <td>Conduttività termica</td> <td>circa 0,024 W/mK</td> </tr> <tr> <td>Rivestimento esterno</td> <td>Lamiera calandrata in alluminio preverniciato (spessore 10/10)</td> </tr> <tr> <td>Delta T medio (esterno/interno)</td> <td>15°C (media stagionale di picco)</td> </tr> </tbody> </table>	Parametro tecnico	Valore stimato	Superficie totale da isolare	circa 580 m ² (mantelli + cupole superiori)	Materiale isolante	Poliuretano espanso (PUR) a celle chiuse o lana di roccia (spessore 60mm)	Conduttività termica	circa 0,024 W/mK	Rivestimento esterno	Lamiera calandrata in alluminio preverniciato (spessore 10/10)	Delta T medio (esterno/interno)	15°C (media stagionale di picco)
Parametro tecnico	Valore stimato												
Superficie totale da isolare	circa 580 m ² (mantelli + cupole superiori)												
Materiale isolante	Poliuretano espanso (PUR) a celle chiuse o lana di roccia (spessore 60mm)												
Conduttività termica	circa 0,024 W/mK												
Rivestimento esterno	Lamiera calandrata in alluminio preverniciato (spessore 10/10)												
Delta T medio (esterno/interno)	15°C (media stagionale di picco)												
INDICATORI DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA													
Costi investimento	75.000 €												
Risparmi energetici	52.000 kWh/anno (risparmio di energia elettrica dei chiller)												
Risparmi economici	13.000 €/anno												
Tempo di recupero	5,8 anni												
Osservazioni e note	Oltre al risparmio energetico, l'azienda ottiene un vantaggio gestionale: in caso di guasto tecnico al sistema di refrigerazione, un silo isolato garantisce un' inerzia termica tale da proteggere il vino per oltre 48 ore, contro le sole 4-6 ore di un silo non coibentato. Il tempo di ritorno dell'investimento può scendere anche a meno di 3 anni se si può usufruire del credito d'imposta.												

6. Integrazione e futuro: nuovi paradigmi di efficientamento

La ricerca sull'efficienza energetica in cantina si concentra oggi sull'ottimizzazione dei macchinari, sul perfezionamento dei processi e sull'adozione di sistemi d'avanguardia. Di seguito vengono presentate tecnologie emergenti o ancora poco diffuse nel comparto vitivinicolo.

La categoria unifica soluzioni puramente tecnologiche (PEF e Solar Cooling) con "modelli" gestionali e associativi (CER) e distingue il retrofit dell'esistente dalle soluzioni strategiche di lungo periodo:

- la **CER (Comunità Energetica Rinnovabile)** abilita l'autoconsumo e la condivisione territoriale, ottimizzando i flussi energetici a livello sistemico.
- il **Solar Cooling** (raffrescamento solare) integra la risorsa solare termica per la generazione di potenza frigorifera, riducendo la dipendenza elettrica durante i picchi estivi e rappresenta una soluzione strategica per contesti ad elevato irraggiamento.
- i **PEF (Pulsed Electric Fields o Campi Elettrici Pulsati)** introducono un'innovazione di processo non termica che abbatte i carichi energetici della vinificazione. L'assenza di *best practice* settoriali riflette una tecnologia ancora pionieristica, sospesa tra l'elevata efficienza operativa e la complessità degli investimenti iniziali.

All'interno del percorso di efficientamento della cantina, queste tre soluzioni costituiscono la fase finale e più avanzata del percorso di ottimizzazione. Esse intervengono dopo aver completato la diagnosi energetica e l'efficientamento dei sistemi ausiliari (refrigerazione e aria compressa), rappresentando lo stadio ultimo della maturità energetica di una cantina.

L'approccio orientato al futuro evidenzia come il beneficio non derivi dalla singola macchina, ma dall'integrazione di fonti rinnovabili e tecnologie di frontiera per massimizzare la decarbonizzazione e l'indipendenza energetica.

6.1. Comunità Energetiche Rinnovabili

Che cos'è una CER?

Una Comunità Energetica Rinnovabile (CER) è un'associazione composta da cittadini, piccole e medie imprese, enti locali o realtà religiose che decidono di unirsi per produrre, consumare e condividere energia da fonti rinnovabili (come il fotovoltaico). L'obiettivo principale non è il profitto finanziario, ma offrire benefici ambientali, economici e sociali ai propri membri.

I tre protagonisti della Comunità

- **Consumatore:** chi non ha un impianto ma consuma l'energia condivisa.
- **Produttore:** chi possiede un impianto, immette energia in rete ma non la consuma (per le aziende, la produzione non deve essere l'attività principale).
- **Prosumer (Produttore + Consumatore):** chi possiede un impianto (es. pannelli sul tetto) e consuma l'energia che produce, immettendo il resto in rete.

Come funziona: l'Autoconsumo Virtuale

Il cuore della CER è l'**autoconsumo virtuale di energia elettrica**: l'energia in eccesso prodotta da un membro della CER viene immessa nella rete elettrica nazionale; se un altro membro della comunità utilizza la stessa quantità di energia nello stesso momento in cui viene prodotta, questa viene considerata "condivisa"⁸.

Potenzialità per il settore vitivinicolo

Le cantine hanno caratteristiche che si allineano perfettamente con il modello di CER:

- **Sincronizzazione dei consumi:** i picchi di consumo energetico di una cantina (legati a refrigerazione e condizionamento) si concentrano tipicamente in estate e a inizio autunno, coincidendo con il periodo di massima produzione degli impianti fotovoltaici. Nei restanti periodi di basso carico, l'energia in eccesso prodotto dal fotovoltaico installato presso la cantina può essere condivisa con gli utenti del territorio.

⁸ L'energia viene condivisa tra i membri della CER sottesi alla stessa cabina primaria AT/MT

- **Superfici disponibili:** le cantine dispongono spesso di ampie coperture (capannoni di stoccaggio, aree di imbottigliamento) che permettono l'installazione di impianti di potenza significativa senza sottrarre suolo agricolo.
- **Modello cooperativo naturale:** le **cantine sociali**, che già aggregano centinaia di piccoli produttori, sono il veicolo ideale per le CER: la cantina produce l'energia e la condivide con i propri soci vignaioli, riducendo i costi lungo tutta la filiera.

Casi studio – Comunità Energetica

Categoria	PARADIGMI DI EFFICIENTAMENTO INNOVATIVI
Tecnologia	COMUNITÀ ENERGETICHE RINNOVABILI
Caso studio	Cantina sociale – Sicilia
Stato di fatto	<p>L'integrazione di una Comunità Energetica Rinnovabile (CER) nel modello cooperativo di una cantina sociale costituisce una strategia evolutiva per l'ottimizzazione della produzione e della condivisione di energia da fonti rinnovabili.</p> <p>L'assetto operativo attuale vede la cantina focalizzata sulla vinificazione e vendita del prodotto conferito, con una gestione orientata all'efficiamento dei costi e alla salvaguardia della redditività dei 140 soci.</p> <p>A fronte di un fabbisogno elettrico annuo del sito di circa 3 GWh, si prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico da parte della sola cantina. Tale configurazione permette la condivisione dell'energia prodotta in eccesso con i soci durante i periodi di basso carico termico e produttivo.</p> <p>Il prerequisito tecnico vincolante per la futura condivisione energetica è l'appartenenza di tutti i soggetti, prosumer e consumatori, alla medesima area geografica sottesa alla stessa cabina primaria.</p>
Benefici	Fornire benefici economici alla collettività condividendo con i soci l'energia in eccesso prodotta dal campo FV della Cantina.
OTTIMIZZAZIONE ENERGETICA	
Descrizione	<p>L'intervento di ottimizzazione energetica proposto si articola attraverso l'integrazione di una CER nel modello operativo della cantina sociale, sfruttando la naturale sinergia tra la struttura cooperativa e la condivisione di risorse.</p> <p>Il progetto coinvolge la cantina sociale nel ruolo di "prosumer" e i soci tutti sottesi alla medesima cabina primaria.</p> <p>Finalità della CER</p> <p>Il progetto si fonda sull'implementazione di un impianto fotovoltaico da 200 kW, capace di una resa energetica annua stimata in 315.000 kWh. In assenza di configurazioni collettive, tale produzione risulterebbe vincolata all'autoconsumo fisico del sito o alla cessione in rete mediante Ritiro Dedicato. La costituzione della CER permette di superare tali limiti, integrando il modello di governance cooperativa e la mutualità territoriale con i nuovi paradigmi di condivisione virtuale. L'iniziativa trasforma così l'asset produttivo in un hub strategico, volto alla generazione e alla redistribuzione di valore economico e ambientale a beneficio dell'intera comunità locale.</p> <p>Configurazione e flussi energetici</p> <p>L'architettura dei flussi energetici è strutturata come di seguito indicato.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ L'autoconsumo fisico (46%) destina 144.000 kWh alla copertura diretta del fabbisogno della cantina (3 GWh totali), abbattendo i costi di prelievo. ○ L'immissione in rete (54%) della produzione eccedente: circa 171.000 kWh ceduti alla rete con il regime di Ritiro Dedicato (RID) per la relativa valorizzazione economica. <p>L'energia condivisa con i soci collegati alla stessa cabina primaria, pari a una parte dell'energia immessa in rete (circa 150.000 kWh).</p>

INDICATORI DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA	
Costi investimento	<p>L'investimento, sostenuto interamente dalla cantina, previsto ammonta a 300.000 €, con benefici economici annui stimati in circa 74.000 €/anno. Tali flussi sono generati dal risparmio energetico diretto (circa 36.000 €), dalla tariffa premio GSE per l'energia condivisa (circa 20.000 € a 0,13 €/kWh) e dai ricavi da Ritiro Dedicato (18.600 € a circa 0,11 €/kWh).</p> <p>Ottimizzazione del piano finanziario L'adozione di una clausola di payback accelerato nello statuto della CER ottimizza la sostenibilità finanziaria del progetto attraverso una gestione temporale dei flussi in due fasi.</p> <p>Nella prima fase, la totalità dei proventi è destinata prioritariamente al rientro del capitale investito, riducendo il tempo di ammortamento da 6,4 a 5 anni e contenendo il rischio finanziario.</p> <p>Al raggiungimento del <i>break-even point</i> (punto di pareggio), la seconda fase prevede la redistribuzione integrale degli incentivi relativi all'energia condivisa ai membri, con un ricavo medio pro capite pari a circa 270 €/anno (con valori massimi fino a 350 €/anno). Tale modello assicura una rapida solidità economica iniziale e garantisce, nel lungo periodo, una remunerazione più elevata atta a incentivare l'adesione dei soci.</p>
Osservazioni e note	<p>Integrazione statutaria e governance L'attuazione del progetto trascende la dimensione tecnica per configurarsi come un'evoluzione della governance cooperativa. Si rende necessaria l'integrazione dello statuto sociale con clausole dedicate alla regolazione dei flussi economici, assicurando criteri di ripartizione equi che incentivino l'autoconsumo sincronizzato alla produzione fotovoltaica. Una comunicazione trasparente verso la base sociale risulta determinante per promuovere il cambiamento dei profili di prelievo verso le ore diurne, ottimizzando così la tariffa premio.</p>




6.2. Solar Cooling



Potenzialità strategiche nel comparto vitivinicolo

L'integrazione della tecnologia Solar Cooling (raffrescamento solare) costituisce una soluzione di eccellenza per le aziende vitivinicole situate in contesti ad alta insolazione, dove si riscontra una sincronia temporale tra la massima disponibilità di radiazione solare e il picco del fabbisogno termico necessario per il condizionamento ambientale e il controllo dei processi fermentativi. L'adozione di tale sistema permette di abbattere drasticamente il ricorso a fonti fossili e i relativi costi operativi, mitigando l'impatto ambientale attraverso la riduzione delle emissioni climalteranti. La fattibilità tecnica dell'intervento rimane subordinata a una rigorosa analisi preliminare dei carichi termici, dei profili microclimatici locali e dei vincoli architettonici del sito.

Tecnologia adatta all'impiego nel settore vitivinicolo

La generazione di energia frigorifera tramite risorsa solare trova la configurazione ottimale nell'integrazione tra collettori solari termici e sistemi ad assorbimento ad **Acqua-Bromuro di Litio (H₂O-LiBr)**. Tale tecnologia si configura come la più adatta per il settore vitivinicolo grazie alla compatibilità operativa con temperature di alimentazione comprese tra **75°C e 95°C**, range pienamente coperto da collettori piani o sottovuoto (ETC) aventi elevata affidabilità e costi contenuti.

Categoria		PARADIGMI DI EFFICIENTAMENTO INNOVATIVI
Tecnologia		SOLAR COOLING
Descrizione tecnologia	<p>Il Solar Cooling è una soluzione che trasforma l'energia solare termica in energia frigorifera, ideale per il condizionamento ambientale e i processi industriali. Il sistema impiega collettori solari termici (spesso a tubi sottovuoto) per produrre acqua calda, la quale alimenta una macchina frigorifera ad assorbimento. Diversamente dai condizionatori tradizionali, questo processo sfrutta il calore anziché l'elettricità, utilizzando come fluido di lavoro una soluzione di acqua (come refrigerante) e bromuro di litio (come assorbente).</p> <p>Per ovviare alla variabilità dell'irraggiamento solare, l'impianto generalmente integra serbatoi di accumulo termico (caldo e freddo), garantendo continuità operativa. La tecnologia è inoltre facilmente integrabile con sistemi di refrigerazione preesistenti: l'interconnessione avviene tramite l'accumulo freddo, consentendo l'uso combinato o alternato delle diverse fonti in base al fabbisogno.</p>	
Obiettivi	<p>L'adozione del solare termico permette una riduzione significativa dei consumi elettrici legati alla climatizzazione e alla refrigerazione, sfruttando una fonte rinnovabile, gratuita e onnipresente</p> <p>Riduzione dei costi operativi grazie alla riduzione della dipendenza da sistemi a compressione alimentati dalla rete elettrica.</p>	
Benefici	<p>Maggiore indipendenza energetica, riducendo il ricorso ai combustibili fossili e proteggendo l'attività dalle oscillazioni dei prezzi dell'energia - Sotto il profilo reputazionale, l'impiego di soluzioni sostenibili comunica un impegno concreto verso l'ambiente, migliorando l'immagine aziendale e l'attrattività verso consumatori sempre più attenti alla sostenibilità - Minore impatto ambientale, grazie alla drastica riduzione delle emissioni di gas serra legate alla generazione di energia da fonti fossili.</p>	
		INDICATORI DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA
Costi di investimento	Elevati	 <p>L'investimento iniziale per un sistema di Solar Cooling varia in base alla potenza dell'impianto e può risultare oneroso. Tuttavia, l'accesso a strumenti di sostegno come il Conto Termico (gestito dal GSE) consente di mitigare questa barriera economica riducendo significativamente il tempo di recupero.</p>
Risparmi energetici	Significativi	 <p>L'adozione del Solar Cooling permette di ridurre le spese in bolletta, a patto che l'impianto sia correttamente progettato. Il risparmio economico dipende strettamente dall'efficienza tecnologica e dal costo dell'energia elettrica; tuttavia, una configurazione ben bilanciata garantisce un abbattimento dei costi d'esercizio estremamente rilevante.</p>
Tempo di recupero		

Implementazione	<p>Complessa </p> <p>La corretta realizzazione di un impianto richiede una progettazione accurata per massimizzarne il rendimento. L'installazione può inoltre essere condizionata da limiti e vincoli architettonici, dalla superficie disponibile per i collettori e dal rispetto delle normative urbanistiche locali, fattori che rendono necessaria una valutazione tecnica preliminare approfondita.</p>
Valutazione globale	<p></p> <p>Questa tecnologia rappresenta una soluzione avanzata e sostenibile, capace di generare importanti benefici energetici. Nonostante l'onere dell'investimento iniziale e la complessità tecnica ne condizionino la diffusione, gli incentivi statali ne potenziano la redditività. L'applicazione risulta ideale in contesti con ampie superfici disponibili e una richiesta di raffrescamento costante nel tempo.</p>
OTTIMIZZAZIONE ENERGETICA	
Raccomandazioni di ottimizzazione	<ul style="list-style-type: none"> ○ La complessità tecnica impone una progettazione specialistica per garantire il corretto dimensionamento e l'ottimizzazione dei rendimenti, mentre ○ L'integrazione architettonica e la disponibilità di superfici devono confrontarsi con i vincoli strutturali, infrastrutturali e urbanistici del sito. ○ Per massimizzare la redditività e la versatilità stagionale, risulta fondamentale prevedere l'utilizzo dell'impianto anche in inverno, destinandolo alla produzione di acqua calda sanitaria e al supporto del riscaldamento ambientale.
Ostacoli e barriere	<p>Oneri economici iniziali: l'investimento necessario per l'avvio del progetto può risultare elevato, condizionandone la fattibilità immediata.</p>

Casi studio – Solar cooling

Categoria	PARADIGMI DI EFFICIENTAMENTO INNOVATIVI
Tecnologia	SOLAR COOLING
Caso studio	Azienda vitivinicola di medie dimensioni – Sud Italia
Stato di fatto	<p>L'assetto energetico della cantina si avvale di un sistema di raffrescamento indiretto a compressione di vapore, preposto al controllo termico dei processi di vinificazione e al condizionamento ambientale. L'infrastruttura integra tre unità frigorifere con compressori a vite per una potenza complessiva di circa 1.450 kW.</p> <p>Analisi delle inefficienze gestionali L'analisi operativa evidenzia criticità nel periodo della vendemmia (giugno-ottobre), quando i picchi di carico legati alle fermentazioni impongono cicli di lavoro continui con un forte impatto sui costi annuali. L'efficientamento è inoltre limitato da un sistema di accumulo termico da 1.000 litri, la cui volumetria sottodimensionata impedisce un efficace bilanciamento dei carichi e l'ottimizzazione dei consumi.</p>
Obiettivi	<p>Contenimento della spesa energetica: l'elevato impiego di unità frigorifere a compressione elettrica genera costi di gestione rilevanti, con una concentrazione critica durante la stagione della vendemmia. L'obiettivo è ridurre tale dipendenza per abbattere gli oneri operativi.</p> <p>Promozione della sostenibilità d'impresa: è necessario incrementare l'impronta ecologica aziendale attraverso l'integrazione di tecnologie a basso impatto. L'adozione di soluzioni energetiche sostenibili permette di migliorare le prestazioni ambientali nel pieno rispetto delle risorse del territorio.</p>
Benefici	<p>Valorizzazione della risorsa solare: l'elevata e costante disponibilità di irraggiamento solare nel sito d'interesse configura una condizione ottimale per l'installazione di impianti fotovoltaici o termici.</p> <p>Mitigazione dell'impatto climatico: la sostituzione dell'approvvigionamento elettrico da fonti fossili con vettori rinnovabili consente di abbattere le emissioni climalteranti, riducendo l'impronta carbonica della cantina e mitigandone l'impatto sul riscaldamento globale.</p>
	OTTIMIZZAZIONE ENERGETICA
Descrizione	<p>L'intervento prevede l'integrazione di un sistema di Solar Cooling all'infrastruttura di refrigerazione esistente per l'efficientamento dei processi termici.</p> <p>L'architettura tecnica si articola su un campo solare termico composto da 175 collettori a tubi evacuati CPC (660 m² circa, potenza termica di picco 325 kW) che alimentano un gruppo ad assorbimento ad acqua-bromuro di litio da 225 kWf (COP=0,7). Tale unità sostituisce un precedente impianto a compressione da 310 kW, garantendo un abbattimento del fabbisogno elettrico. L'integrazione dei flussi è affidata a un accumulo da 1.000 litri, operante come nodo idraulico tra i generatori e le utenze, mentre un sistema di automazione e controllo gestisce il funzionamento dei vari sistemi di generazione, garantendo la priorità all'apporto solare gratuito e relegando i gruppi a compressione a una funzione puramente integrativa, attivata esclusivamente qualora il fabbisogno frigorifero superi la capacità produttiva dell'assorbitore.</p>

INDICATORI DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA	
Costi investimento	465.000 €
Incentivo	270.000 €
Risparmi energetici	90.000 kWh/anno (circa 30%*) (risparmio energia elettrica) <i>*Percentuale calcolata rispetto al sistema convenzionale</i>
Tempo di recupero	11,2 anni
Osservazioni e note	L'analisi di fattibilità attesta la validità tecnico-economica dell'integrazione del sistema Solar Cooling, il quale assicura una contrazione dei consumi di circa il 30% e un risparmio operativo annuo di circa 17.000 € . Oltre al condizionamento estivo, la reversibilità dell'impianto ne consente l'impiego invernale per il riscaldamento e la produzione di acqua calda sanitaria (ACS), ottimizzando i vantaggi economici complessivi. In tale contesto, il corretto dimensionamento dell'accumulo è identificato come parametro critico per stabilizzare le prestazioni termiche e massimizzare l'efficienza sistemica.

6.3. Campi Elettrici Pulsati (PEF)

La tecnologia dei Campi Elettrici Pulsati (*Pulse Energy Fields, PEF*) si sta consolidando come una soluzione concreta per il miglioramento dell'efficienza e della qualità nel settore enologico, in linea con le priorità definite dall'OIV (Organizzazione Internazionale della Vigna e del Vino). Essa rappresenta un'evoluzione strategica derivante dall'applicazione in altri comparti produttivi e recentemente introdotta con successo nel settore enologico. Si tratta di un **trattamento non termico** che utilizza impulsi elettrici intermittenti ad alta tensione della durata di microsecondi e intensità variabile (fino a 70 kV/cm) che generano il fenomeno dell'**elettroporazione** (Figura 15), che induce la formazione di pori nelle membrane cellulari della buccia dell'uva, facilitando sensibilmente il rilascio dei polifenoli - fondamentali per determinare il colore, il profilo aromatico e le proprietà antiossidanti del vino rosso - e neutralizzando i microrganismi indesiderati senza ricorrere al calore o ad additivi chimici.

Il trattamento PEF garantisce l'integrità del prodotto non introducendo sostanze estranee nel processo. A differenza dei trattamenti enzimatici convenzionali, questa tecnologia evita l'aggiunta di enzimi che richiederebbero, in una fase successiva, specifici interventi per la loro inattivazione. Inoltre, favorisce una vinificazione più naturale, consentendo una significativa riduzione dell'impiego di **solfiti** e un miglioramento della resa estrattiva complessiva, con numerosi benefici per l'intero processo enologico.

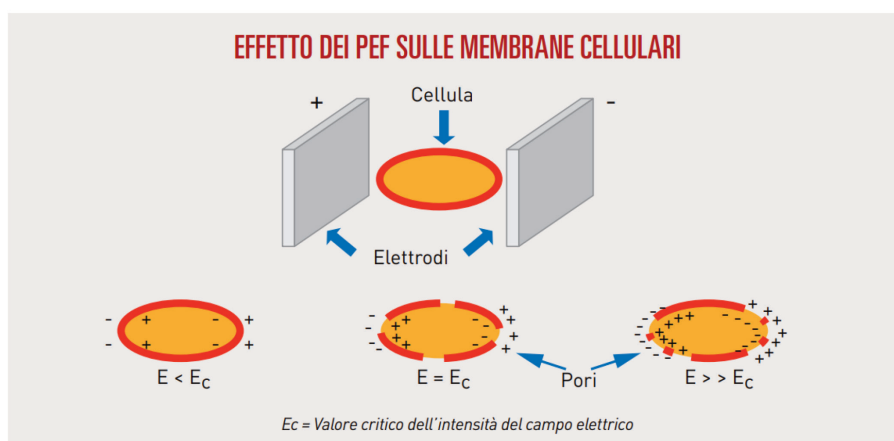


Figura 15. Effetto dei PEF sulle membrane cellulari. Fonte: Rivista VQ, n.1, febbraio 2014

6.3.1. La tecnologia PEF nel settore enologico

La tecnologia dei PEF rappresenta una soluzione d'avanguardia per l'ottimizzazione dei processi di vinificazione, ufficialmente approvata dall'OIV nel 2020 e validata da sperimentazioni su scala industriale con flussi fino a 20 tonnellate l'ora. L'integrazione di tale tecnologia nella filiera produttiva si articola su tre pilastri fondamentali: l'efficienza estrattiva, la stabilità microbiologica e l'efficienza operativa.

Ottimizzazione dell'estrazione fenolica e della macerazione

L'impiego dei PEF durante la fase di ammostamento (su uva pigiata e diraspata) induce l'elettroporazione delle membrane cellulari, facilitando il rilascio di polifenoli e antociani.

I principali vantaggi riscontrati includono:

Incremento della resa estrattiva: studi scientifici evidenziano che un trattamento PEF (3 kV/cm) può incrementare il contenuto di polifenoli totali fino al 100% e degli antociani del 17% su varietà rosse (Corrales et al., 2008), con risultati analoghi osservati su uve a bacca bianca come lo Chardonnay.

Miglioramento della qualità enologica: il trattamento non altera i parametri chimico-fisici fondamentali (gradazione alcolica, pH, acidità totale), ma favorisce l'estrazione di precursori aromatici come il beta-ionone (note di violetta e frutti di bosco), garantendo un miglior equilibrio tannico e una minore astringenza.

Riduzione dei tempi di macerazione: l'accelerazione del rilascio dei composti consente di ridurre i tempi di macerazione con un incremento della capacità produttiva che può arrivare fino al 100%. Alcune sperimentazioni su scala semi-industriale hanno validato i risultati emersi in laboratorio e negli impianti pilota. Durante un test specifico su 12 tonnellate di uva Grenache, lavorata con una portata di 2.500 kg/h, è stato analizzato l'impatto della tecnologia PEF (4,0 kV/cm) confrontando uve trattate e non trattate su diversi tempi di macerazione. L'applicazione del pretrattamento PEF ha consentito di dimezzare i tempi di macerazione, passando da 6 a 3 giorni, mantenendo invariate intensità del colore e concentrazione polifenolica del vino rosso, con incremento dei tannini nei vini

trattati, grazie alla maggiore capacità di estrazione dalle bucce rispetto ai vinaccioli⁹.

La Tabella 6 mostra la riduzione dei tempi di sosta nelle vasche, che libera volumi di cantina, aumentando la rotazione dei serbatoi e la produttività complessiva. Le implicazioni sulla capacità produttiva sono evidenti dato che la riduzione del tempo di macerazione ha un impatto significativo sulla capacità produttiva della cantina:

Tabella 6. Riduzione dei tempi di macerazione

Riduzione tempi di macerazione	Aumento potenziale della capacità produttiva	Vinificazioni mensili
Da 10 a 7 giorni	+40%	3-4
Da 8 a 5 giorni	+60%	4-6
Da 6 a 3 giorni	Fino al 100%	-

Evidenze sperimentali su vitigni specifici: le prove condotte su diverse varietà hanno confermato l'efficacia e la stabilità dei risultati ottenuti:

- **Tempranillo e Aglianico:** è stata documentata una velocità di estrazione superiore e direttamente proporzionale all'intensità del trattamento, con una netta superiorità cromatica rispetto ai metodi classici.
- **Cabernet Sauvignon:** l'incremento dei polifenoli si mantiene stabile durante le fermentazioni (alcolica e malolattica), l'imbottigliamento e l'affinamento, risultando evidente anche a quattro mesi di distanza.

Accelerazione dell'autolisi dei lieviti in fase di affinamento

Nella fase post-fermentativa, l'applicazione dei PEF sulle fecce nobili trasforma un processo naturale solitamente lento in una fase dinamica e controllata:

- **Meccanismo d'azione:** l'elettroporazione facilita l'azione degli enzimi autolitici sulla parete cellulare dei lieviti.
- **Efficienza temporale:** in test su Chardonnay, livelli di mannoproteine che richiederebbero 6 mesi di affinamento sono stati raggiunti in un solo mese.
- **Vantaggi qualitativi:** il rilascio accelerato di composti nobili e mannoproteine migliora la stabilità colloidale, facilita la chiarifica naturale e, negli spumanti,

⁹ M. A. Maza et al., "Influence of pulsed electric fields on aroma and polyphenolic compounds of Garnacha wine", in *Food and Bioproducts Processing*, 116, 2019, pp. 249-257.

ottimizza la persistenza della spuma.

Controllo microbiologico e riduzione degli additivi

I PEF si configurano come un'alternativa efficace ai trattamenti termici e chimici invasivi:

- **Decontaminazione microbica:** la tecnologia inattiva lieviti e batteri modificandone la permeabilità della membrana cellulare, impedendo ai microrganismi di rigenerarsi.
- **Innocuità chimica:** l'azione dei PEF permette di operare con dosaggi minimi o nulli di anidride solforosa (SO₂), garantendo una vinificazione più naturale.
- **Sostituzione della filtrazione:** analisi sensoriali confermano che i vini trattati con PEF per la stabilizzazione pre-imbottigliamento risultano indistinguibili da quelli sottoposti a filtrazione sterilizzante tradizionale. la tecnologia è particolarmente preziosa per la stabilizzazione di vini dolci a basso grado alcolico. Studi comparativi (Delsart et al., 2015) evidenziano come i PEF possano raggiungere un'inattivazione microbica completa, superando in efficacia altre tecniche fisiche come le scariche ad alto voltaggio (HVED).

Vantaggi strategici e operativi

L'adozione dei PEF non solo eleva lo standard qualitativo del prodotto - rivelandosi un supporto cruciale nella gestione di annate difficili o nella valorizzazione di vitigni dal profilo aromatico limitato - ma proietta la cantina verso un modello di business competitivo e sostenibile:

- **Risparmio energetico:** il processo riduce sensibilmente la necessità di trattamenti termici invasivi (come ad esempio la termovinificazione), con un risparmio del 70-80% circa.
- **Ottimizzazione delle risorse:** la maggiore rotazione dei serbatoi e la superiore resa estrattiva permettono una gestione ottimale degli spazi e della materia prima, particolarmente preziosa nella valorizzazione di annate critiche.
- **Integrità del prodotto:** a differenza dei trattamenti enzimatici, i PEF non introducono sostanze estranee e non richiedono interventi successivi per l'inattivazione degli enzimi aggiunti.

6.3.2. Configurazioni impiantistiche

Sotto il profilo ingegneristico, un macchinario PEF per uso enologico è costituito da tre componenti fondamentali:

- **Camera di trattamento:** dove avviene l'interazione tra il prodotto e il campo elettrico (schema in Figura 16).
- **Elettrodi:** responsabili della trasmissione degli impulsi elettrici alla camera.
- **Flussimetro:** dispositivo di controllo che modula l'intensità del trattamento in funzione della velocità di passaggio del diraspato, garantendo omogeneità al processo.

A livello commerciale sono disponibili diverse dimensioni di camere di trattamento (es. diametri di 80 mm, 100 mm, 150 mm), la cui scelta dipende dalla forza del campo elettrico. Una camera da 80 mm può gestire 50-60 tonnellate all'ora.

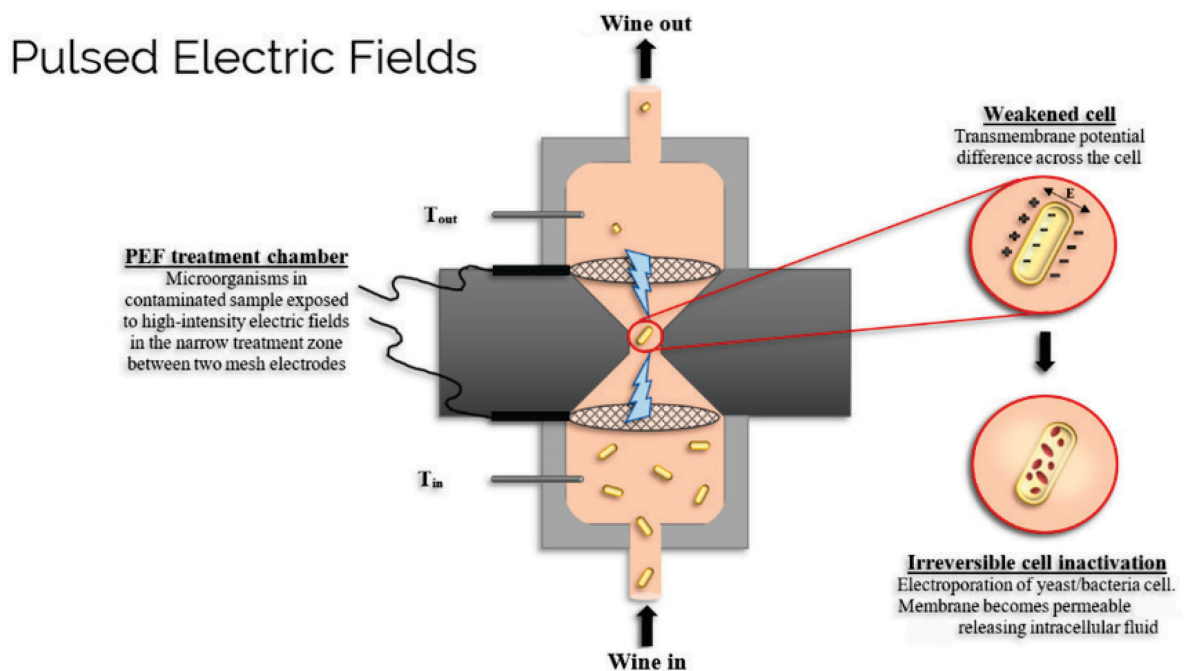


Figura 16. Funzionamento di una camera di trattamento PEF. Fonte. Silva and van Wyk

Le configurazioni impiantistiche si distinguono in due macrocategorie, differenziate in base alla fase del processo produttivo e ai volumi di trattamento: sistemi statici e sistemi continui.

I **sistemi statici** operano sul prodotto confezionato durante la fase di affinamento post-imbottigliamento, garantendo la stabilizzazione microbiologica e la preservazione del profilo sensoriale (Tabella 7) attraverso tensioni d'esercizio elevate, tipicamente prossime ai 300 kV, risultando ideali per la gestione di lotti limitati.

Tabella 7. Criticità operative e limiti di efficienza dei PEF in bottiglia

Fattore	Descrizione Tecnica	Impatto sull'Efficiamento
VANTAGGI		
Integrità del prodotto	Trattamento post-imbottigliamento: garantisce la stabilità microbiologica preservando il bouquet aromatico e le proprietà organolettiche originali.	Eliminazione rischi contaminazione Riduce la necessità di ulteriori cicli di stabilizzazione termica o chimica.
SVANTAGGI		
Assorbimento energetico	È richiesto un input energetico elevato per penetrare lo strato isolante del contenitore.	Bassa efficienza relativa Il consumo per unità di prodotto è molto più alto rispetto ai sistemi in flusso.
Tensioni d'esercizio	Necessità di operare con potenziali estremamente elevati (circa 300 kV) per indurre il campo elettrico efficace nel vino.	Complessità infrastrutturale Richiede trasformatori e isolamenti speciali, con maggiori perdite nel sistema di alimentazione.
Integrità strutturale	Presenza di gradienti di campo critici all'interfaccia aria-vetro che possono innescare archi elettrici.	Rischio rottura Possibili fermi produzione e sprechi di materiale dovuti al superamento della rigidità dielettrica del vetro.

Diversamente, i **sistemi continui** sono progettati per l'integrazione in linee industriali ad alta portata prima dell'imbottigliamento, dove l'efficienza operativa viene assicurata da taglie industriali con capacità variabili da 15 t/h a 40 t/h fino a 70 t/h (Tabella 8). Tali sistemi ottimizzano i processi su larga scala operando a tensioni inferiori, circa 40 kV, riducendo drasticamente la sollecitazione della componentistica elettrica rispetto alla modalità in bottiglia.

Tabella 8. Criticità operative e limiti di efficienza dei PEF in continuo

Fattore	Descrizione Tecnica	Impatto sull'Efficientamento
VANTAGGI		
Efficienza energetica	L'assenza della barriera isolante del vetro permette una trasmissione diretta del campo elettrico al fluido.	Massimo risparmio Consumi drasticamente ridotti grazie alla minore resistenza del sistema.
Tensioni d'esercizio	Funzionamento a regimi di tensione inferiori (circa 40 kV) rispetto al sistema statico.	Sicurezza e risparmio Minore sollecitazione della componentistica elettrica e costi operativi contenuti.
Omogeneità	Geometria ottimizzata della camera di trattamento per una distribuzione uniforme e completa del campo.	Qualità costante Stabilizzazione totale del volume trattato senza sprechi di prodotto.
Scalabilità	Progettato per gestire elevati volumi di vino nella fase pre-imbottigliamento.	Alta produttività Ottimizzazione dei tempi di lavorazione e dei flussi di cantina.
SVANTAGGI		
Complessità linea	Richiede l'integrazione strutturale del modulo PEF all'interno del layout di produzione esistente.	Investimento iniziale Necessità di pianificazione ingegneristica per l'interconnessione dei macchinari.
Gestione gas	Possibile formazione di bolle d'aria che alterano la conducibilità e innescano archi elettrici.	Controllo di processo Necessita di sistemi di degasaggio per mantenere l'efficienza elettrica costante.
Carico termico	Rischio di innalzamento della temperatura per contatto con gli elettrodi durante trattamenti prolungati.	Gestione ausiliaria Richiede moduli di raffreddamento per preservare il profilo termico del vino.

In sintesi, la scelta tecnologica è determinata dalla logistica di cantina e dai volumi produttivi: la modalità statica è indicata per il trattamento conservativo di bottiglie già confezionate, mentre la modalità continua rappresenta la soluzione ottimale per massimizzare la produttività su grandi volumi prima dell'imbottigliamento.

6.3.3. Efficienza energetica e operativa della tecnologia PEF

La tecnologia PEF si distingue per un'elevata **efficienza energetica**. Essendo un processo non termico, permette di ridurre i consumi del **70-80%** rispetto a metodi tradizionali come ad esempio la termovinificazione. L'impatto sui costi operativi è contenuto: ad esempio, una potenza di 80 kW incide per soli **3 kWh per tonnellata** di prodotto. Tuttavia, il risparmio

effettivo e l'assorbimento complessivo dipendono da una valutazione rigorosa di diversi parametri tecnici e configurazioni impiantistiche.

Fattori che determinano il fabbisogno energetico

Il bilancio energetico totale dipende dai seguenti fattori:

- **Parametri operativi:** potenza del generatore, tempi di trattamento e volumi gestiti (portata).
- **Sistemi ausiliari:** consumi per il raffreddamento e il degasaggio.
- **Configurazione impiantistica:** l'efficienza è influenzata dal tipo di sistema (continuo vs statico), dall'architettura degli elettrodi e dalle proprietà isolanti dei materiali usati.

Integrazione nel processo enologico

L'efficacia della tecnologia varia in base al contesto applicativo. In ambito enologico, i sistemi PEF possono essere integrati in diverse fasi:

- **Pre-fermentazione:** su uve intere o diraspate per ottimizzare l'estrazione.
- **Fermentazione:** utilizzo per accelerare o modulare i tempi di macerazione.
- **Post-fermentazione:** fase in cui, allo stato attuale, le applicazioni sono meno diffuse.

6.3.4. Casi di studio: risultati della sperimentazione

La validazione della tecnologia PEF nel settore enologico è supportata da diverse sperimentazioni condotte a livello internazionale su scala pilota che ne dimostra l'efficacia su diverse varietà di vitigni e fasi del processo produttivo. Le sperimentazioni condotte evidenziano come l'applicazione di campi elettrici pulsati permetta di ottimizzare l'estrazione di composti nobili e accelerare i processi di affinamento, garantendo al contempo un'elevata efficienza energetica rispetto ai metodi tradizionali. Questi studi hanno analizzato l'impatto dei trattamenti su varietà specifiche (come il Cabernet Sauvignon in Francia, lo Chardonnay in Spagna e i vitigni Aglianico e Piediroso in Italia).

Sulla base delle attuali conoscenze non si ha notizia di applicazioni stabili su piena scala industriale nel settore vitivinicolo, sebbene i risultati preliminari su scala pilota siano estremamente promettenti.

Risultati per tipologia di vitigno

L'efficacia del trattamento PEF varia in funzione della varietà dell'uva, della maturità e della specifica struttura biologica delle cellule. Di seguito si riportano i risultati ottenuti sulle varietà Cabernet Sauvignon, Chardonnay, Aglianico e Piediroso.

Sulla varietà **Cabernet Sauvignon**¹⁰, il trattamento PEF applicato prima della vinificazione ha dimostrato di alterare la struttura della buccia, facilitando il rilascio di polifenoli. Trattamenti con intensità fino a 4 kV/cm hanno portato a un incremento dell'estrazione di antociani del 19%, mentre l'uso di energie più elevate (0,7 kV/cm per tempi lunghi) ha prodotto vini più ricchi di tannini del 34%. È stata osservata una depolimerizzazione dei tannini della buccia, che riducendone le dimensioni molecolari ne facilita la diffusione nel mosto. Dal punto di vista qualitativo, i parametri fondamentali come gradazione alcolica e acidità non sono stati influenzati, registrando un lieve incremento del pH (1-2%) (Tabella 9).

L'applicazione dei PEF sulla varietà **Chardonnay**¹¹ si è focalizzata sull'accelerazione dell'autolisi del lievito *Saccharomyces cerevisiae* durante l'affinamento su fecce. Il trattamento ha indotto un rilascio drastico di mannoproteine: dopo soli 7 giorni, la concentrazione è aumentata del 40-60% rispetto al controllo, che non mostrava alcun rilascio nello stesso intervallo. Il raggiungimento della massima concentrazione di mannoproteine, che normalmente richiede 6 mesi, è stato ottenuto in soli 30 giorni. Questo processo non ha alterato le caratteristiche fisico-chimiche del vino ma ne ha migliorato la stabilità, riducendo la torbidità e potenziando la capacità di formazione della spuma negli spumanti (Tabella 10).

La sperimentazione su due vitigni italiani - **Aglianico** e **Piediroso**¹² - ha evidenziato risposte differenti alla tecnologia PEF. Sull'Aglianico, trattamenti di intensità moderata (1,5 kV/cm) hanno generato un rilascio significativamente superiore di polifenoli (+20%) e

¹⁰ C. Delsart et al., "Effects of Pulsed Electric Fields on Cabernet Sauvignon Grape Berries and on the Characteristics of Wines" *Food Bioprocess Technol* 7, 424–436 (2014).

¹¹ J. M. Martínez et al., "Pulsed electric fields accelerate release of mannoproteins", *Food Research International*, 116 (2019), pp. 795-801.

¹² F. Donsi et al., "Pulsed electric field-assisted vinification of Aglianico and Piediroso grapes", in *J. Agric. Food Chem.*, 58, 22, 2010, pp. 11606-11615

antociani (+75%), migliorando l'intensità del colore e l'attività antiossidante del vino del 20% (Tabella 11). Al contrario, sul Piedirosso l'impatto sulla cinetica di rilascio è stato marginale, nonostante una misurabile permeabilizzazione della membrana cellulare, suggerendo che per questa varietà il trasferimento di massa non sia limitato esclusivamente dalle resistenze di membrana. In entrambi i casi, il profilo aromatico e i parametri di base non sono stati alterati negativamente (Tabella 12).

Efficienza energetica e operativa

Un aspetto cardine emerso dalle sperimentazioni è il vantaggio economico ed energetico del PEF. Rispetto ai trattamenti termici (termovinificazione), il PEF richiede un consumo di energia molto basso e non innalza la temperatura, evitando la denaturazione di costituenti sensibili. Nel confronto con l'uso di enzimi pectolitici, il costo energetico del PEF è risultato drasticamente inferiore: circa 0,8 € per tonnellata di uva contro i 4 € per tonnellata richiesti per i coadiuvanti enzimatici. Inoltre, la capacità di operare in flusso continuo permette di gestire elevati volumi produttivi con tempi di trattamento nell'ordine dei millisecondi o microsecondi. Di seguito sono riportate le tabelle di sintesi dei casi studio analizzati. Per comprendere appieno i risultati riportati nelle tabelle seguenti, è necessario definire alcune grandezze fondamentali utilizzate nella ricerca:

- **Z (indice di permeabilizzazione):** è un parametro critico che misura il grado di rottura delle membrane cellulari indotto dal trattamento elettrico. Il valore varia da 0 (tessuto completamente intatto) a 1 (tessuto totalmente permeabilizzato).
- **E (intensità del campo elettrico):** espressa in kV/cm, rappresenta la forza elettrica applicata tra gli elettrodi.
- **W o WT (energia specifica totale):** espressa in Wh/kg o kJ/kg, indica la quantità totale di energia somministrata al prodotto.

Tabella 9. Caso studio: Cabernet Sauvignon (Estrazione fenolica) [fonte: Delsart et al., 2014]

Critério	Descrizione
Sito/Varietà	Cabernet Sauvignon
Processo Produttivo	Trattamento PEF applicato su uve pigiate e diraspate prima della vinificazione per migliorare la diffusione dei composti della buccia.
Quantità trattate	Per ogni test sono stati utilizzati tra 1 e 4 kg di uva Cabernet Sauvignon, precedentemente diraspata e pigiata.
Tipologia macchinario	È stato impiegato un generatore PEF con tensione massima di 5 kV e una corrente di 1 kA. Il trattamento è avvenuto in una camera a scarica statica (batch) con elettrodi paralleli in acciaio inossidabile.
Potenzialità PEF	La potenzialità specifica del generatore utilizzato non è espressa in t/h poiché configurato per uso batch, ma opera con treni di impulsi rettangolari su masse ridotte per finalità analitiche.
Parametri PEF	Due modalità testate: <ul style="list-style-type: none"> - Bassa intensità/lunga durata (E=0,7 kV/cm; W=31 Wh/kg) - Alta intensità/breve durata (E=4 kV/cm; W=4 Wh/kg)
Risultati e Miglioramenti	Il trattamento a 0,7 kV/cm ha prodotto vini più ricchi di tannini del 34%, mentre quello a 4 kV/cm ha favorito l'estrazione degli antociani (+19%). Si è osservata una depolimerizzazione dei tannini della buccia, riducendone le dimensioni molecolari e facilitandone la diffusione nel mosto.
Efficienza energetica	Consumo energetico estremamente ridotto rispetto alla termovinificazione. Il processo è non termico e previene la denaturazione dei costituenti sensibili al calore, con tempi di trattamento nell'ordine dei millisecondi.
Impatto qualitativo	L'intensità del colore è aumentata fino al 26% dopo l'imbottigliamento. I parametri di base (alcol, acidità totale) sono rimasti invariati, con un lieve incremento del pH (1-2%).

Tabella 10. Caso studio: Chardonnay (Autolisi dei lieviti) [fonte: Martínez et al., 2019]

Criterio	Descrizione
Sito/Varietà	Chardonnay
Processo Produttivo	Applicazione dei PEF sulla sospensione di fecce (lieviti <i>S. cerevisiae</i>) post-fermentazione per accelerare il rilascio di mannoproteine durante l'affinamento.
Quantità trattate	Il trattamento è stato eseguito su una sospensione concentrata di lieviti (fecce) che è stata poi dispensata in serbatoi da 20 litri riempiti di vino.
Tipologia macchinario	È stato utilizzato un sistema a flusso continuo . Una pompa peristaltica a otto rulli ha spinto le fecce attraverso una camera di trattamento composta da due elettrodi paralleli in acciaio inox con un gap di 5,5 mm e un'area degli elettrodi di 2,2 cm ² .
Potenzialità PEF	La portata operativa (flow rate) impostata per la sperimentazione era di 3,5 L/h (ovvero circa 0,0035 t/h). Si tratta di una configurazione pilota su micro-scala, progettata per testare l'efficienza cinetica del rilascio di mannoproteine piuttosto che la produttività industriale.
Parametri PEF	Intensità del campo elettrico: 5 - 10 kV/cm; Tempo di trattamento: 75 µs; Energia specifica: 2,14 - 9,17 kJ/kg.
Risultati e Miglioramenti	Rilascio drastico di mannoproteine (+40-60% rispetto al controllo dopo 7 giorni). Il raggiungimento della concentrazione massima, che solitamente richiede 6 mesi di affinamento tradizionale, è stato ottenuto in soli 30 giorni.
Efficienza energetica	Il trattamento richiede apporti energetici modesti (circa 15 kJ/kg) per indurre l'autolisi. Il sistema opera in flusso continuo, riducendo drasticamente i tempi e i costi di occupazione dei serbatoi.
Impatto qualitativo	Netto miglioramento della stabilità proteica e riduzione della torbidità (1-11 NTU contro 23 NTU del controllo dopo 30 giorni). Incremento delle proprietà schiumogene (fino a 5,65 volte superiore nel vino trattato).

Tabella 11. Caso studio: Aglianico (Ottimizzazione polifenolica e costi) [Donsi et al., 2010]

Critério	Descrizione
Sito/Varietà	Aglianico (Sud Italia)
Processo Produttivo	Pre-trattamento delle bucce d'uva Aglianico con PEF prima della macerazione di 9 giorni.
Quantità trattate	Trattati campioni di bucce d'uva da 160 g , successivamente riaggiunti al mosto per formare lotti di fermentazione da 650 g totali in beute da 750 mL.
Tipologia macchinario	È stato utilizzato un generatore di impulsi ad alta tensione. Il sistema comprendeva un alimentatore, un modulatore e un'unità di controllo degli impulsi. La camera di trattamento era di tipo statico (batch), con elettrodi piani paralleli separati da un distanziatore in teflon.
Potenzialità PEF	Generatore di potenzialità elettrica significativa, limitata solo da una potenza media di 25 kW .
Parametri PEF	Intensità di campo fino a 1,5 kV/cm; Energia totale: 10 - 25 kJ/kg.
Risultati e Miglioramenti	Incremento significativo del contenuto polifenolico totale (+20%) e degli antociani (+75%) nel vino finito. L'intensità del colore è migliorata del 20% grazie alla permeabilizzazione immediata delle membrane.
Efficienza energetica	Costo energetico stimato in circa 0,8 € per tonnellata di uva, a fronte di circa 4 € per tonnellata richiesti dall'uso di enzimi pectolitici tradizionali.
Svantaggi	Aumento dell'attività antiossidante del vino (+20%). Il profilo aromatico dei composti volatili è stato preservato, con miglioramenti qualitativi in alcuni esteri legati a note fruttate.

Tabella 12. Caso studio: Piediroso (Variabilità della risposta varietale) [Donsi et al., 2010]

Criterio	Descrizione
Sito/Varietà	Piediroso (Sud Italia)
Processo Produttivo	Trattamento PEF delle bucce di Piediroso con intensità variabili per valutare l'estraibilità differenziale rispetto all'Aglianico.
Parametri PEF	Intensità del campo elettrico: 0,5 - 1,5 kV/cm; Energia specifica: 1 - 25 kJ/kg.
Quantità trattate	Stessa del caso studio su Aglianico
Tipologia macchinario	Stessa del caso studio su Aglianico
Potenzialità PEF	Stessa del caso studio su Aglianico
Risultati e Miglioramenti	Nonostante l'ottenimento di un elevato indice di permeabilizzazione (Z_p fino a 0,71), l'impatto sulla cinetica di rilascio dei polifenoli è stato marginale.
Efficienza energetica	Sebbene l'elettroporazione della membrana cellulare sia stata efficace e a basso consumo energetico, non si è tradotta in un vantaggio estrattivo proporzionale.
Svantaggi	I risultati suggeriscono che per questo vitigno il trasferimento di massa non sia limitato dalle resistenze di membrana, ma da fattori biologici intrinseci o dallo stato di maturazione delle uve.

6.3.5. Sfide, costi e prospettive

L'integrazione della tecnologia PEF nel settore enologico comporta sfide tecniche ed economiche. Dal punto di vista operativo, l'efficacia del trattamento dipende dalla precisa taratura di intensità, durata e frequenza degli impulsi, variabili che devono adattarsi alle diverse strutture delle uve. Sebbene i PEF ottimizzino l'estrazione di polifenoli e la qualità organolettica, sono necessari ulteriori studi per standardizzare i processi su diverse varietà viticole.

Rispetto al trattamento enzimatico, relativamente semplice da implementare, l'ostacolo principale all'adozione su larga scala rimane l'investimento iniziale elevato. Sebbene piccoli impianti partano da circa 50.000 euro, i macchinari industriali più performanti possono superare i **400.000 euro**. Tale tecnologia risulta quindi più sostenibile per cantine di medie e grandi dimensioni o per aziende focalizzate su vini di alta gamma, dove l'incremento qualitativo di colore e aromi giustifica la spesa.

Tuttavia, il quadro della sostenibilità economica presenta un trend positivo derivante da:

- **Costi operativi ridotti:** circa 0,7 €/t per i PEF contro i 4 €/t richiesti per l'uso di coadiuvanti enzimatici.
- **Formule di affitto temporaneo:** lo sviluppo di nuovi modelli di business legati al noleggio sta rendendo la tecnologia accessibile e *cost-efficient* anche per le piccole realtà vitivinicole. Attualmente, il noleggio delle apparecchiature è un'opzione poco strutturata e difficile da valutare. Trattandosi di un mercato di nicchia, i produttori prediligono la vendita diretta e le soluzioni di locazione vengono gestite con accordi personalizzati e riservati, rendendo complessa la ricerca di listini standard.

In Italia, l'adozione è ancora in fase pionieristica (con prime applicazioni in Abruzzo, Toscana, Veneto e Piemonte), ma l'interesse è in forte crescita grazie alla capacità della tecnologia di coniugare l'incremento qualitativo del vino con gli obiettivi di transizione ecologica del settore.

Acronimi e abbreviazioni

ACS	Acqua Calda Sanitaria
ARERA	Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente
CER	Comunità Energetica Rinnovabile
COP	Coefficiente di Prestazione (Coefficient Of Performance)
CPC	Compound Parabolic Concentrator (Collettore parabolico composto)
EER	Energy Efficiency Ratio
EnB	Energy Baseline (Linea di Base Energetica)
EnPI	Energy Performance Indicator (Indicatore di Prestazione Energetica)
ETC	Evacuated Tube Collectors (Collettori a tubi sottovuoto)
FV	Fotovoltaico
GSE	Gestore dei Servizi Energetici
GWP	Global Warming Potential (Potenziale di riscaldamento globale)
HVAC	Heating, Ventilation, and Air Conditioning (Riscaldamento, Ventilazione e Condizionamento dell'Aria)
IE	International Efficiency (Classe di Efficienza Internazionale motori elettrici)
IPE	Indicatore di Prestazione Energetica
ISO	International Organization for Standardization (Organizzazione internazionale per la normazione)
HFC	Idrofluorocarburi
kW	Kilowatt
kVA	Kilovolt-Ampere
kVA_r	Kilovolt-Ampere reattivo
kVA_{rh}	Kilovolt-Ampere reattivo ora
kWh	Kilowattora
LED	Light Emitting Diode (Diodo ad emissione luminosa)
Nm³	Normal metro cubo
OCM	Organizzazione Comune del Mercato (settore vitivinicolo)
OIV	Organizzazione Internazionale della Vigna e del Vino
PdC	Pompa di Calore
PDCA	Plan-Do-Check-Act (Pianificare-Fare-Verificare-Agire)
PEF	Pulse Electric Fields (Campi Elettrici Pulsati)
PTR	Piano Triennale di Realizzazione

RdS	Ricerca di Sistema Elettrico
RID	Ritiro Dedicato
ROI	Return on Investment (tempo di ritorno dell'investimento)
SGE	Sistema di Gestione dell'Energia
Sm³	Standard metro cubo
tCO₂	Tonnellata di CO ₂ equivalente
TEP	Tonnellate Equivalenti di Petrolio
USE	Usi Significativi di Energia
VSD	Variable Speed Drive (azionamento a velocità variabile)
WHRU	Waste Heat Recovery Unit (Unità di recupero del calore di scarto)

Riferimenti normativi

Efficienza energetica e diagnosi

D.Lgs. 102/2014: Attuazione della direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica.

UNI CEI EN 16247-1:2022: Diagnosi energetiche - Parte 1: Requisiti generali.

UNI CEI EN 16247-3:2014: Diagnosi energetiche - Parte 3: Processi.

ISO 50001:2018: Sistemi di gestione dell'energia - Requisiti e linee guida per l'uso.

ISO 50006:2023: Gestione dell'energia - Misurazione della prestazione energetica utilizzando le linee di base energetiche (EnB) e gli indicatori di prestazione energetica (EnPI).

Illuminazione

UNI EN 12464-1:2021: Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro.

ISO 8995/CIE S 008: Illuminazione dei posti di lavoro in interni.

Impianti elettrici e motori

Regolamento (UE) 2019/1781: Specifiche per la progettazione ecocompatibile dei motori elettrici e dei variatori di velocità.

IEC 60034-30-1: Classificazione delle classi di efficienza dei motori elettrici a corrente alternata (IE1-IE4).

Deliberazioni ARERA (621/2021/R/eel e succ.): Regolazione corrispettivi per energia reattiva.

Energia rinnovabile e autoconsumo

D.Lgs. 199/2021: Attuazione della direttiva RED II sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili.

D.M. 24 gennaio 2024 (Decreto CACER): Disciplina degli incentivi per le CER e l'autoconsumo diffuso.

Ambiente e tecnologie di processo

Regolamento (UE) 2024/573: Gas fluorurati a effetto serra.

OIV - Risoluzione OENO 634-2020: Trattamento delle uve mediante Campi Elettrici Pulsati.

Risorse utili

Efficienza energetica e strumenti per diagnosi energetica

European Commission, Joint Research Centre (2009). [Reference document on best available techniques for energy efficiency](#) (EUR 23101 EN). Publications Office of the European Union. (Original work published 2009, corrected 2021).

→ *Documento di riferimento tecnico redatto dal JRC (Joint Research Centre) della Commissione Europea che definisce le migliori tecniche disponibili (BAT) per ridurre i consumi nei processi industriali.*

ENEA (2025). [Rapporto Annuale sull'Efficienza Energetica 2025](#).

→ *Documento sullo stato e l'evoluzione dell'attuazione delle misure per l'efficienza energetica a livello UE e nazionale, valutando le performance rispetto ai risultati ottenuti nel 2024 tramite le politiche e gli strumenti attuativi.*

Progetto LEAP4SME. [Energy audits: Breve guida operativa alla diagnosi energetica nelle PMI](#).

→ *Guida pratica che illustra come le diagnosi energetiche rendono le PMI più sostenibili e redditizie, ottimizzando i consumi per aumentarne la competitività e la resilienza futura.*

ATENEA4SME. Software per la diagnosi energetica nelle PMI.

→ *Software ENEA su base Excel che analizza i consumi delle PMI, suggerendo interventi di efficientamento basati sul rapporto costi/benefici. Lo strumento è disponibile al portale [Audit 102](#) previa registrazione gratuita.*

Bazzocchi, F., Moscarelli, S., Realini, A., Borgarello, M., Zagano, C., Maggiore, S., & Bernante, R. (2022). La decarbonizzazione nel settore manifatturiero e agroalimentare: opportunità legate a Transizione 4.0 e analisi del sistema produttivo industriale (Rapporto Tecnico n. RT-1.6-1.01-1). Ricerca sul Sistema Energetico-RSE S.p.A.

→ *Rapporto tecnico sulle strategie di decarbonizzazione e innovazione digitale per i settori manifatturiero e agroalimentare, con focus su Transizione 4.0 e filiere specifiche.*

Aria compressa

Atlas Copco (2019). [Compressed Air Manual](#) (9th ed). Atlas Copco Airpower NV.

→ *Guida tecnica di riferimento completa sulla tecnologia dell'aria compressa, la sicurezza, l'installazione, la manutenzione e l'efficienza energetica, con l'obiettivo di ottimizzare le prestazioni degli impianti.*

Introna, V., Facci, A., Salvatori, S., & Ubertini, S. (2018). [Sviluppo e dimostrazione di sistemi di monitoraggio e controllo dei consumi di energia legati alla produzione di aria compressa](#) (Report RdS/PAR2018/081). ENEA.

→ *Documento su una metodologia di analisi e monitoraggio in tempo reale e ottimizzazione dell'efficienza energetica negli impianti di aria compressa industriali.*

Benedetti, M., Introna, V., Facci, A., & Ubertini, S. (2016). [Efficienza energetica dei Sistemi Aria Compressa: metodologia di benchmarking delle prestazioni e strumento di supporto alle decisioni per l'efficiamento energetico](#) (Report RdS_PAR2015-061). ENEA.

Guida all'utilizzo della CAEESuite

→ *CAEESuite* è uno strumento gratuito di ENEA per l'efficiamento dell'aria compressa. Consente anche ai non esperti di valutare perdite, ottimizzare la distribuzione e calcolare il risparmio economico.

Recupero di calore

Software di supporto alle decisioni per la mappatura di sorgenti e pozzi di calore nei processi produttivi e la valutazione costi-benefici delle opzioni di recupero del calore di scarto industriale. Disponibile al seguente link:

<https://www.energiaenergetica.enea.it/servizi-per/imprese/documentazione-utile.html>

→ *Strumento per l'analisi tecnico-economica del recupero di calore industriale tramite mappatura dei flussi energetici, ottimizzazione dei sistemi di scambio e simulazioni predittive di redditività.*

Motori elettrici

Commissione Europea (2019). [Regolamento \(UE\) 2019/1781 della Commissione, del 1° ottobre 2019, che stabilisce specifiche per la progettazione ecocompatibile dei motori elettrici e dei variatori di velocità.](#) *Gazzetta ufficiale dell'Unione europea*, L 272.

ANIE Federazione (2016). Guida Tecnica: [Sistemi di azionamento per l'efficienza energetica.](#)

→ *Guida di approfondimenti su normative, direttive internazionali, motori elettrici e azionamenti, con esempi pratici per ottimizzare il consumo energetico.*

Impianti fotovoltaici e Comunità Energetiche Rinnovabili

Gestore dei Servizi Energetici. [Le Comunità Energetiche Rinnovabili in pillole.](#)

→ *Sezione del sito GSE che illustra in modo semplice le configurazioni, i requisiti, i vantaggi economici e il concetto di condivisione virtuale.*

Unioncamere, Dintec, ENEA (2025). [Guida alle comunità energetiche rinnovabili e alle nuove frontiere della sostenibilità.](#)

→ *Documento che esplora il tema dell'autoconsumo e delle CER con un approccio normativo, tecnico e operativo. Ottima per esempi pratici di costituzione.*

Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (2022). [Linee Guida in materia di impianti agrivoltaici.](#)

→ *Linee guida tecniche sui requisiti minimi e le caratteristiche necessarie per integrare la produzione di energia solare con quella agricola, con lo scopo di garantire sostenibilità, continuità della produzione agricola e accesso agli incentivi.*

Gestore dei Servizi Energetici (GSE) (2024). Allegato 1: Regole Operative per l'accesso al servizio per l'autoconsumo diffuso e al contributo PNRR

→ *Guida tecnica approfondita su procedure e requisiti per gli incentivi legati all'autoconsumo diffuso e ai contributi PNRR per le CER. Può tuttavia essere utile per chiarire ruoli e requisiti di accesso, per la modulistica e gli schemi di atto costitutivo/statuto necessari per creare una CER.*

Gestione dell'energia

FIRE - Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia (2021). [Indagine sullo stato di attuazione dei sistemi di gestione dell'energia ISO 50001: Rapporto 2021.](#)

→ *Rapporto su evoluzione e impatto della ISO 50001:2018 tramite una indagine su aziende, esperti e certificatori, confrontando i risultati con una analisi precedente (2016) per tracciare i trend del settore.*

FIRE - Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia., CEI, & CTI. (2018). [Interviste ad alcuni energy manager di organizzazioni certificate ISO 50001: Investimenti, sistemi di misura&monitoraggio, EnPI ed energy team.](#)

→ *Indagine sullo stato di attuazione dei sistemi di gestione dell'energia in Italia attraverso interviste a 21 energy manager.*

Introna, V., Cesarotti, V., Benedetti, M., Biagiotti, S., & Rotunno, R. (2014). Energy Management Maturity Model: an organizational tool to foster the continuous reduction of energy consumption in companies. *Journal of Cleaner Production*, 83, 108-117. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.07.001>

→ *Articolo tecnico-scientifico sullo sviluppo di un modello di maturità per la gestione energetica aziendale.*

Sistemi di produzione del freddo

ENEA (2021). [Vademecum. Le pompe di calore.](#) Dipartimento Unità per l'Efficienza Energetica.

→ *Vademecum che illustra i requisiti tecnici e le procedure per ottenere le detrazioni fiscali sulle pompe di calore (anche sistemi geotermici a bassa entalpia).*

Nardin, G., Gaudio, A., Antonel, G., & Simeoni, P. (2017). [Impiantistica enologica: Ciclo tecnologico di vinificazione e progettazione degli impianti.](#) Edagricole.

→ *Manuale tecnico dedicato all'impiantistica enologica: sezione dedicata ai componenti e alle configurazioni impiantistiche della refrigerazione applicata all'industria enologica.*

Solar Cooling

Henning, H.-M., & Döll, J. (2012). [Solar systems for heating and cooling of buildings.](#) *Energy Procedia*, 30, 633–653.

→ *Studio tecnico-scientifico che analizza e confronta le diverse tecnologie per utilizzare l'energia solare per il riscaldamento e il raffrescamento degli edifici.*

Campi elettrici pulsati

OIV (2020). [Risoluzione OENO 634-2020: trattamento delle uve mediante Campi Elettrici Pulsati \(PEF\).](#)

→ *Risoluzione ufficiale di validazione dell'uso dei campi elettrici pulsati per l'estrazione fenolica e la stabilizzazione microbiologica.*

Consonni, E. (2014). [L'elettricità per estrarre i polifenoli.](#) *Vite, Vino & Qualità*

→ *Articolo sull'uso dei campi elettrici pulsati per accelerare l'estrazione dei polifenoli dalle bucce d'uva, migliorando le proprietà antiossidanti del vino senza alterarne la qualità.*

Yang, N., Huang, K., Lyu, C., & Wang, J. (2016). [Pulsed electric field technology in the manufacturing processes of wine, beer, and rice wine: A review.](#) *Food Control*, 61, 28–38.

→ *Revisione della letteratura scientifica sull'applicazione della tecnologia PEF per l'innovazione estrattiva e la stabilizzazione microbiologica nell'industria delle bevande alcoliche.*

Maza, M. A., Martínez, J. M., Hernández-Orte, P., Cebrián, G., Sánchez-Gimeno, A. C., Álvarez, I., & Raso, J. (2019). Influence of pulsed electric fields on aroma and polyphenolic compounds of Garnacha wine. *Food and Bioproducts Processing*, 116, 249–257. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2019.06.002>

→ *Articolo di ricerca che illustra i risultati di uno studio sperimentale sull'efficacia della tecnologia dei PEF per ottimizzare l'estrazione di polifenoli e aromi durante la vinificazione.*

Donsì, F., Ferrari, G., Fruilo, M., & Pataro, G. (2010). Pulsed electric field-assisted vinification of Aglianico and Piediroso grapes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(22), 11606–11615. <https://doi.org/10.1021/jf102065v>

→ *Articolo di ricerca che analizza l'impatto dei PEF sull'estrazione polifenolica in uve Aglianico e Piediroso.*

Delsart, C., Cholet, C., Ghidossi, R. et al. Effects of Pulsed Electric Fields on Cabernet Sauvignon Grape Berries and on the Characteristics of Wines. *Food Bioprocess Technol* 7, 424–436 (2014). <https://doi.org/10.1007/s11947-012-1039-7>

→ *Studio sull'applicazione dei campi elettrici pulsati (PEF) per l'ottimizzazione dell'estrazione fenolica nel Cabernet Sauvignon.*

Martínez, J. M., Delso, C., Maza, M. A., Álvarez, I., & Raso, J. (2019). Pulsed electric fields accelerate release of mannoproteins from *Saccharomyces cerevisiae* during aging on the lees of Chardonnay wine. *Food Research International*, 116, 795–801. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.09.013>

→ *Articolo sulla velocizzazione dell'affinamento dei vini Chardonnay tramite elettroporazione dei lieviti.*