



tesla

Transferring
Energy Save
Laid on Agroindustry

MANUALE

*sull'efficienza energetica
nei mangimifici*

IEE/12/758/SI2.644752

Coordinatore del manuale: TECALIMAN
Centre Technique des Aliments pour Animaux



Cofinanziato dal programma "Intelligent Energy Europe"
dell'Unione Europea

Versione aggiornata:

Maggio 2014

Autori:

Loïc Perrin, François Lucas e Fabrice Putier.

TECALIMAN, Centro Tecnico per l'Alimentazione Animale.

Co-autori:

Il presente documento è stato elaborato in collaborazione con CIRCE, UÉvora, ENEA e UPM (con particolare riferimento al IV° capitolo dedicato alle misure per il risparmio energetico), ed include informazioni fornite da Spanish Co-ops, CoopdeFrance, CONFAGRI e Legacoop Agro.

Informazioni sul documento:

Questo documento è stato sviluppato per il Progetto TESLA (Intelligent Energy Europe) e finanziato dalla Commissione Europea.

Diritti d'autore:

La riproduzione e la distribuzione del presente documento sono autorizzate ma è obbligatorio includere sempre le informazioni sui diritti d'autore. Insegnanti, tutori e qualsiasi altro utilizzatore devono sempre citare gli autori, il Progetto TESLA ed il programma "Intelligent Energy Europe".

"La responsabilità del contenuto di questo manuale è solo degli autori. Il contenuto dell'opera non riflette necessariamente l'opinione dell'Unione Europea. L'EACI e la Commissione Europea non sono in alcun modo responsabili dell'utilizzo che può essere fatto dell'informazione contenuta in questo manuale".



Transferring
Energy Save
Laid on Agroindustry

0. INDICE

1. Introduzione

1.1. Analisi del sotto-settore della produzione dei mangimi	6
1.2. Caratteristiche socio-economiche	8

2. Descrizione dei processi

2.1. Macinazione	12
2.2. Pellettatura	14
2.3. Processi ausiliari	15
2.3.1. Sistemi ad aria compressa	15
2.3.2. Caldaie	16
2.3.3. Motori elettrici	17
2.3.4. Illuminazione	17

3. Analisi energetica dei mangimifici

3.1. Consumo elettrico	18
3.2. Consumo termico	21
3.3. Bilancio energetico (Diagramma di Sankey)	23
3.4. Costi energetici	25
3.5. Note distintive del sotto-settore di produzione di mangimi	25

4. Misure per il risparmio energetico

4.1. Impianti a vapore	26
4.2. Ventilazione	28
4.3. Motori efficienti	28
4.4. Sistemi ad aria compressa	30
4.5. Inverter	32
4.6. Isolamento	32
4.7. Recupero del calore	35
4.8. Illuminazione	36
4.9. Batterie di condensatori per la diminuzione dell'energia reattiva	36
4.10. Trasformatori di potenza ad alta efficienza	36
4.11. Strumenti di gestione	37

5. Conclusioni

6. Referenze e fonti

1. INTRODUZIONE

La produzione dei mangimi per animali si basa sul miscelare diverse componenti (materie prime) il più omogeneamente possibile e mira a fornire una nutrizione sana ed equilibrata agli animali. La complessità dell'intero processo di produzione dipende dalle componenti che vengono miscelate, dalle loro caratteristiche fisiche e dalle tecnologie utilizzate. La maggior parte dei processi di produzione dei mangimi richiede la macinazione e si predilige un certo tipo di impianto a seconda del tipo di macinazione. Vi sono due principali tipi di processi operativi per la produzione dei mangimi:

- Processo di pre-macinazione (vedere Figura 1): per prima cosa le singole componenti vengono macinate separatamente ed immagazzinate prima del dosaggio (pesatura). In genere, la pre-macinazione fornisce una buona resa - richiedendo anche una buona prestazione della macina - ma servono diverse macine, ciascuna specifica per la tipologia di materia prima, ed altrettanti silos.

- Processo di pre-dosaggio: in questo caso le macro e microcomponenti vengono pesate e miscelate grossolanamente prima di essere macinate a seconda della formula prevista per le specie e le categorie di animali ai quali il mangime è destinato. Lo svantaggio maggiore del pre-dosaggio è la suddivisione del passaggio di frazionamento in base alle diverse materie prime, che implica un consumo di energia superiore e necessita di un'automazione dei vari processi.

Di solito, il mangime per il bestiame è ricco di proteine, carboidrati, grassi, sali minerali e vitamine. La razione giornaliera viene adeguata, oltre che al tipo di animale, all'età dello stesso ed alle esigenze produttive delle singole specie e razze.

Il mangime cosiddetto "concentrato" è costituito da miscele di cereali, legumi ed altri mangimi semplici, e fornisce all'animale in allevamento un elevato livello nutritivo per energia, proteine ed altri elementi nutritive. Mangimi particolari sono i cosiddetti "nuclei" ad alto contenuto proteico (soia 50-80%) e minerale-vitaminico (integratore 15-20%).

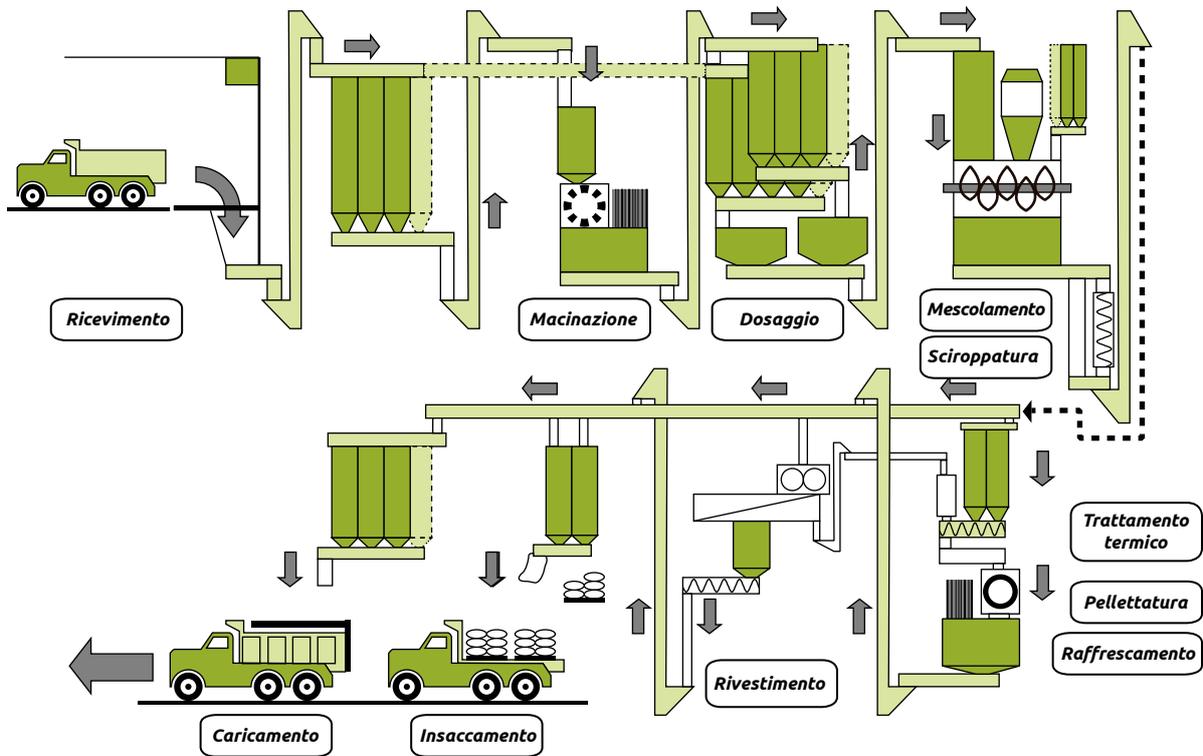


Figura 1. Diagramma della procedura operativa in caso di pre-macinazione.

I mangimi vengono distribuiti in buste o sacchi di grandi volumi oppure sfusi. Generalmente, in Europa, in un mangimificio le materie prime vengono stoccate per un breve periodo (circa 3 giorni dopo la pesatura). La gestione della produzione avviene in “tempo reale”, cioè non appena arrivano le richieste dagli allevatori, vengono attivati gli ordini di produzione e la consegna avviene in tempi celeri (2-3 giorni al massimo).

L’acquisto delle materie prime, i cui prezzi sono variabili ed oggetto di speculazione, dipenderà sia dalla formulazione del mangime che dalla quantità necessaria. La tracciabilità dei rifornimenti e della distribuzione dei mangimi è facilitata dall’utilizzo di software gestionali dedicati molto efficienti.

La gestione della qualità degli alimenti gioca un ruolo importante nell’industria dei mangimi e delle loro componenti, dovendo soddisfare requisiti specifici di certificazione, basati sulle buone pratiche del processo di produzione. Per esempio in Francia, il governo assegna i mangimifici delle autorizzazioni specifiche secondo il loro tipo di produzione (uso di additivi, produzione di integratori, produzione di mangimi esenti da salmonella, ecc.).

1.1 Analisi del sotto-settore della produzione dei mangimi

In Europa, nell’arco di 25 anni, la produzione di mangimi ha seguito tre fasi principali. La prima fase è stata caratterizzata da un significativo incremento dei volumi di produzione dal 1988 al 1993, la seconda fase da un aumento meno intenso ma costante dal 1993 al 2008, infine la terza fase da un lieve calo dal 2008 ad oggi. Nel 2011, la produzione europea di mangimi ammontava a 150 mln di ton per l’EU-27 ed a 130 mln ton per l’EU-15.

Il Progetto TESLA è focalizzato su quattro paesi europei: Francia, Italia, Spagna e Portogallo.

In particolare, nel 2011, la produzione di mangimi in Francia è stata di circa 21,3 mln di ton, in Italia di circa 14,5 mln di ton, in Spagna di circa 20,1 mln di ton ed, infine, in Portogallo di circa 3,3 mln di ton (dati FEFAC).

Nella figura che segue viene mostrata l’evoluzione del sotto-settore dell’industria agro-alimentare dedicato alla produzione dei mangimi, separatamente per ciascun paese afferente al Progetto TESLA (Figura 2).

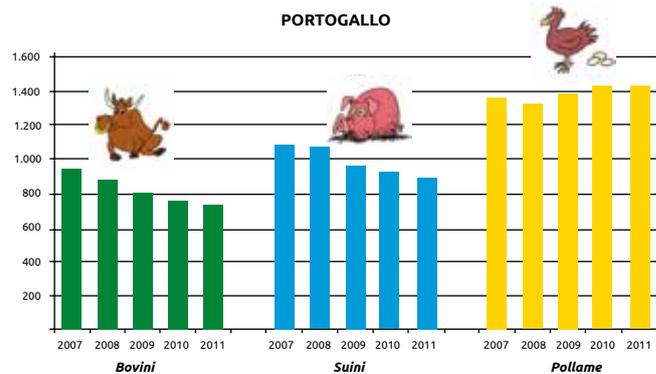
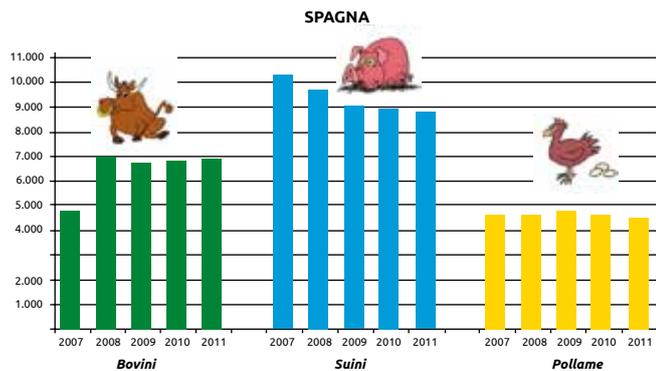
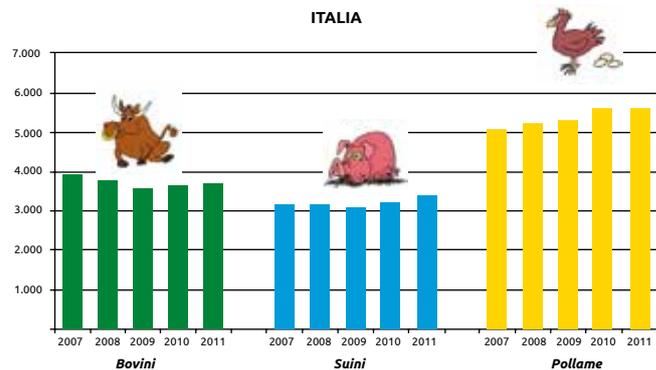
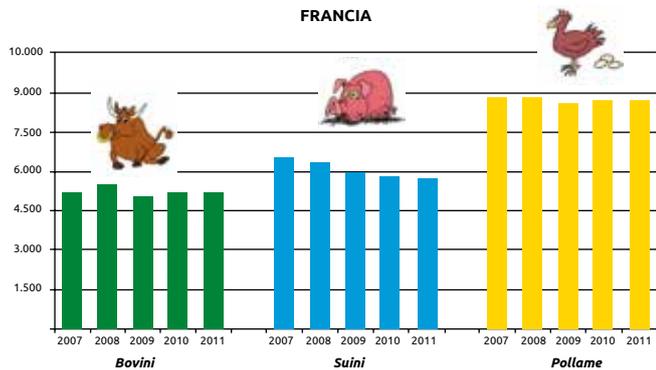


Figura 2. Evoluzione della produzione dei mangimi per categoria dal 2007 al 2011 (dati FEFAC).

1.2. Caratteristiche socio-economiche

L'aspetto socio-economico europeo si è evoluto parallelamente a seconda del numero di paesi facenti parte dell'UE. La Figura 3 mostra l'evoluzione sia del numero di mangimifici (in blu) che della dimensione media di questi stabilimenti (in rosso) nell'UE, dal 1999 al 2011.

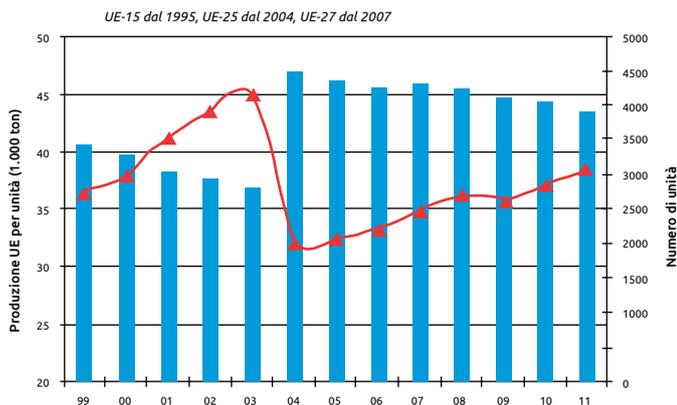


Figura 3. Numero e dimensioni medie dei mangimifici nell'Unione europea (dati FEFAC).

Nel 2004, la riduzione delle dimensioni medie degli impianti di produzione dei mangimi è dovuta principalmente all'espansione dell'Unione Europea, passata a comprendere da 15 a 27 paesi.

FRANCIA Nel 2008, il numero di mangimifici era di 301 con una produzione media annua - per azienda - di 75,3 kton. Nel 2010, il numero si è ridotto a 292 con una produzione media annua - per azienda - di 80 kton (SNIA-CoopdeFrance, 2011).

ITALIA Nel 2011, il numero di mangimifici era di 600 con una produzione media annua - per azienda - di 23,8 kton. (ISTAT-Assalzo, 2011).

SPAGNA Nel 2011, il numero di mangimifici era di 854 con una produzione media annua - per azienda - di 23,5 kton (FEFAC, 2011).

PORTOGALLO Nel 2013, il numero di mangimifici era di 124 con una produzione media annua - per azienda - di 26,6 kton (DGAV, 2013).

Il fatturato economico medio europeo dell'industria dei mangimi (escludendo Lussemburgo, Grecia e Malta) è di 44.510 mln di € (FEFAC, 2011). In particolare:

FRANCIA Il numero di posti di lavoro nell'industria dei mangimi è di circa 12.000 con un fatturato di 7,14 miliardi di € (FEFAC, 2011). In particolare, dei 12.000 lavoratori la metà sono impiegati in 45 cooperative (CoopdeFrance) e la metà in 203 imprese private (dati SNIA, 2009).

ITALIA Nel 2011, il fatturato economico complessivo è stato di 6.650 mln di € ed il numero di operatori corrispondente a 8.500 (ISTAT, 2011).

SPAGNA Nel 2010, il fatturato complessivo è stato di 5.750 mln di € (FEFAC, 2011). Nel 2011, il sotto-settore dei mangimifici ha dato impiego a 12.757 lavoratori (report CESFAC del 2011; INE 2014 su dati del 2011).

PORTOGALLO Nel 2010, secondo i dati dell'Istituto Portoghese di Statistica, il fatturato complessivo di questo sotto-settore è stato di circa 1.002 mln di € (IACA, 2012). Il numero di posti di lavoro, impiegati in 6 imprese cooperative, è stato di 3.551 (INE, 2011).

Le Figure 4 e 5 mostrano le aree di produzione in Francia ed in Italia, rispettivamente.

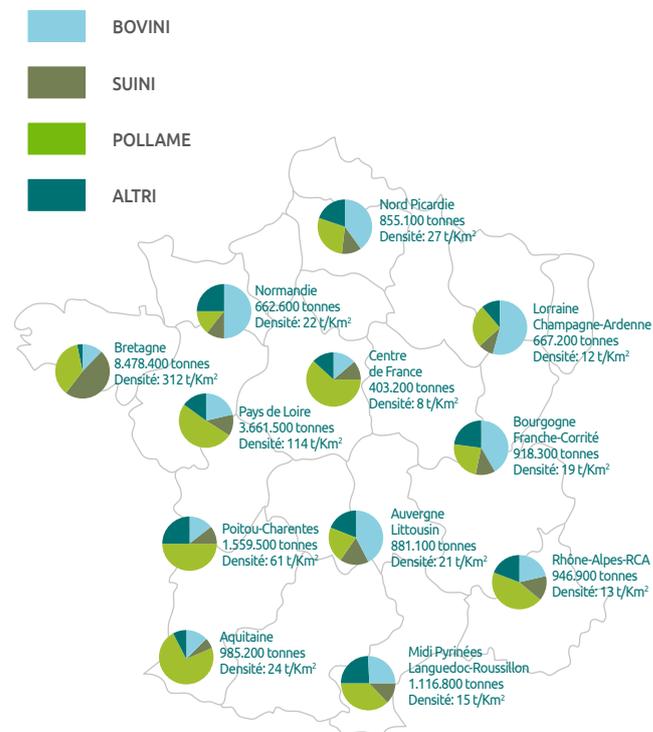
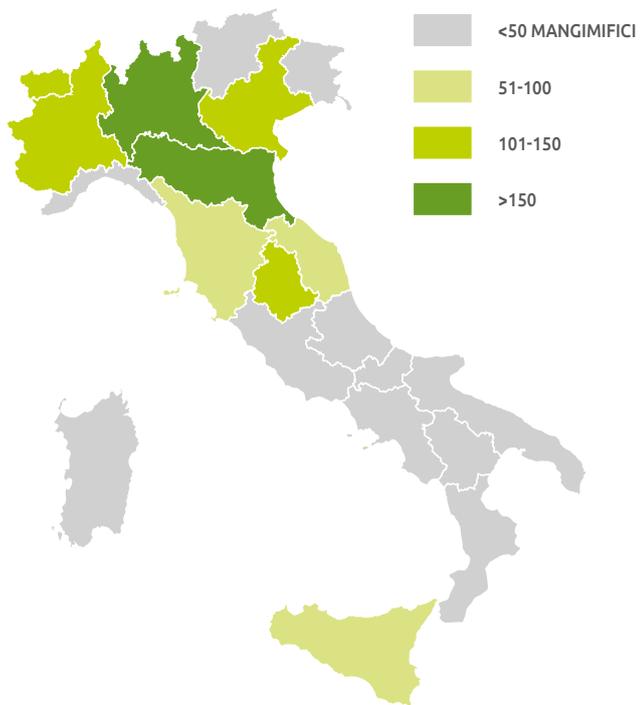


Figure 4. Aree di produzione dei mangimi in Francia (Bovini in blu, Maiali in marrone, Pollame in verde, Altri animali in turchese) (SNIA - CoopdeFrance).



La Figura 5. mostra la ripartizione dei mangimifici in Italia, la maggior parte dei quali è concentrata nelle regioni del Nord.

I mangimifici francesi sono prevalentemente cooperative agro-industriali. La produzione di mangimi è concentrata principalmente nell'area occidentale ed infatti il 65% della produzione totale francese (ad esclusione delle isole francesi) proviene dalle regioni della Bretagna, dei Paesi della Loira e di Poitou-Charentes.



2. DESCRIZIONE DEI PROCESSI

La produzione dei mangimi richiede diversi processi. Una breve descrizione sarà dedicata a quei processi che consumano meno energia, risparmiando maggiori dettagli per i processi più energivori. I vari processi di produzione in un mangimificio sono:

RICEVIMENTO DELLE MATERIE PRIME. Le diverse componenti arrivano in azienda via camion (in alcuni casi anche via treno), vengono scaricate nelle tramogge di ricezione ed in seguito trasferite da un sistema meccanico o pneumatico ad un impianto di trasformazione in base alla loro tipologia (granulare, in polvere, liquidi, ecc.). I loro imballaggi variano a seconda delle loro caratteristiche fisiche (in buste o sacchi di grande volume, sfusi, ecc.). Appena consegnate, tutte le componenti vengono pesate e su di esse si esegue un primo controllo della qualità.

MACINAZIONE. Una descrizione completa del processo di macinazione è riportata nella Sezione 2.1.

DOSAGGIO. Il dosaggio è un processo che gestisce il rifornimento e la distribuzione del flusso dei prodotti in base alle

dimensione delle materie prime ed al “*feedback*” dei sensori di pesatura. Ha lo scopo di ottenere le giuste quantità di ciascuna componente, ai fini del conseguimento della formula specifica prevista per una determinata specie. Il numero dei contenitori da pesare varia da un impianto all’altro.

MISCELAZIONE. Lo scopo del processo di miscelazione è quello di distribuire le componenti al fine di ottenere un preparato omogeneo. Il miscelatore più utilizzato è quello orizzontale a nastro con un agitatore. I due parametri principali di miscelazione sono il tempo di miscelazione ed il tasso di riempimento. Questi due parametri hanno un impatto diretto sul livello di produzione dell’impianto perché spesso è presente un solo miscelatore.

PELETTATURA. Una descrizione completa è riportata avanti nella Sezione 2.2.

TRATTAMENTO TERMICO. Il trattamento termico serve per l’igienizzazione dei mangimi al fine di eliminare microrganismi patogeni. Il mangime, sotto forma di composto solido, viene igienizzato ad una temperatura di 85 °C sotto l’azione del vapore. I trattamenti termici possono essere effettuati in continuo o a blocchi.

RAFFREDDAMENTO. Lo scopo di questo processo è quello di raffreddare ed asciugare il prodotto pellettato. Nei mangimi, l'essiccazione ed i passaggi di raffreddamento sono combinati e vengono eseguiti creando un flusso d'aria all'interno della massa di mangime. L'essiccazione è dovuta al calore generato dal prodotto caldo ed il raffreddamento è dovuto alla regolazione dell'aria in entrata. Il processo di raffreddamento è il risultato degli scambi accoppiati di calore (entalpia) e sostanza (l'acqua) tra l'aria ed il prodotto. Questo processo avviene in frigoriferi con flusso verticale "contro-corrente" o in frigoriferi con flusso orizzontale "contro-corrente" e in parallelo.

SBRICIOLATURA/VAGLIATURA/RIVESTIMENTO.

L'obiettivo della sbriciolatura è di rompere il pellet in particelle più piccole, impiegate poi come mangimi per i piccoli animali (pulcini, quaglie, ecc.). In genere, uno sbriciolatore è costituito da due rulli zigrinati ruotanti in senso opposto. Il problema principale è il settaggio della fine del ciclo di sbriciolatura per evitare di compiere vari cicli di operazione. La separazione delle particelle fini è tipicamente eseguita nel processo di vagliatura. Infine, i liquidi (grassi, enzimi, ecc.) possono essere incorporati nel mangime come rivestimento esterno "spray". Questo è l'ultimo passaggio della fase di dosaggio, a questo punto la formula intesa come composizione del mangime è definitivamente completa.

CONDIZIONAMENTO/CARICO/DISTRIBUZIONE. Seguono i processi di imballaggio, confezionamento e condizionamento. Quest'ultimo utilizza tramogge di stoccaggio, un'area per il riempimento dei sacchi ed un sistema di pallettizzazione. La fase di riempimento dei sacchi dipende principalmente sul dosaggio e la pesatura. Nella maggior parte dei casi, i sacchi singoli vengono consegnati ai rivenditori e/o ai distributori, mentre i mangimi sfusi vengono consegnati direttamente agli allevatori. I camion per la distribuzione sono suddivisi in celle allo scopo di separare tra loro i diversi lotti di consegna. Una volta che il camion raggiunge la fattoria dell'allevatore, lo scarico del prodotto dipende dal tipo di camion, che in genere sfrutta dei tubi flessibili oppure un sistema meccanico.

PROCESSI AUSILIARI. Una descrizione più dettagliata è riportata nella sezione 2.3.

2.1. Macinazione

Lo scopo della fase di macinazione è quello di rendere simili tra loro le dimensioni di tutte le particelle delle componenti di una formula di mangime specifica, consumando quanto meno energia possibile. Inoltre, il fatto che le particelle delle componenti abbiano dimensioni confrontabili favorisce l'ottenimento di un composto omogeneo nelle fasi successive. Una maggior

finezza di macinazione promuove la coesione del pellet oltre che l'efficienza energetica del mulino. Solamente componenti granulari o pellet vengono macinati, tutti gli altri elementi costituenti dei mangimi verranno aggiunti in fase di miscelazione. La tipologia di mulino per la macinazione più comune è quella del mulino a martello (Figura 6).

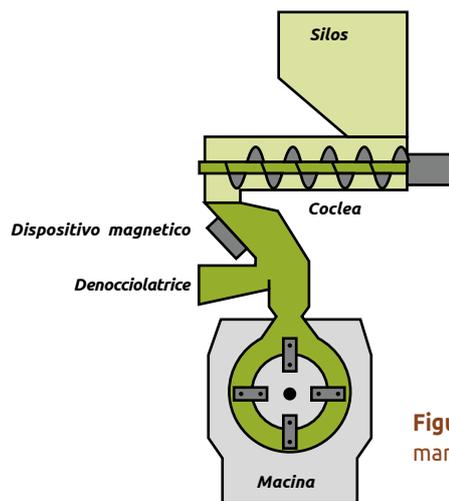


Figura 6. Mulino a martelli (Tecaliman)

In ogni impianto sono presenti in genere più di un mulino. Il dispositivo di alimentazione di ciascun mulino di macinazione comprende un silos con, alla sua base, una coclea da cui vengono erogati i materiali destinati alla macinazione. La sua veloci-

tà di rotazione definisce la portata di macinazione del mulino. All'ingresso della camera di macinazione, le materie prime vengono depurate da tutti i materiali estranei: le particelle ferrose vengono eliminate con un apposito dispositivo magnetico e le particelle più grandi (es. pietre) con una denocciolatrice a flusso d'aria (Figura 6). Le particelle vengono frantumate con martelli mobili reversibili collegati a dei dischi montati su un rotore ad una rotazione di 1.500-3.000 rpm. Tra il disco ed il martello possono essere presenti anche dei contro-martelli.

Le alte pressioni generate dall'aspirazione all'interno della tramoggia del mulino (per la presenza di un grande flusso d'aria) contribuiscono alle operazioni della denocciolatrice e permettono l'estrazione delle particelle dalla camera di macinazione quando hanno raggiunto la giusta dimensione.

L'aria trascinata con il prodotto viene spesso separata dalla farina per filtrazione attraverso un manicotto presente sotto i martelli del mulino. La pulizia dei manicotti avviene attraverso un sistema di iniezioni sequenziali di aria compressa (6-8 bar).

Nella sua parte più inferiore, la tramoggia sotto al mulino a martello è provvista di un sistema di trasferimento (generalmente un convogliatore a coclea) che assicura la rimozione dei residui. Questo sistema di pulizia è completato da un sis-

tema di valvole rotanti che previene il ritorno d'aria nel circuito del mulino a martello che causerebbe il trascinamento (o strippaggio) di materiale.

2.2. Pellettatura

La fase della pellettatura si basa sulla trasformazione del mangime lavorato in un composto solido denominato pellet. Questa trasformazione fisica dei mangimi ha molti vantaggi, primo tra tutti è la densificazione del mangime (circa il 40%) che genera un aumento della capacità di stoccaggio, una riduzione dei costi di trasporto e delle emissioni di polveri, oltre ad una migliore conservazione dei mangimi. La fase di pellettatura è caratterizzata da diversi passaggi (Figura 7):

- *Stoccaggio in piccoli silos.*
- *In ogni piccolo silos vi è una coclea a vite che permette di controllare la portata della pellettatura.*
- *Un miscelatore a cilindro, detto anche condizionatore, in cui il mangime viene miscelato in presenza del vapore (prodotto da una caldaia e da un sistema a vapore).*
- *Una pressa pellettizzatrice.*

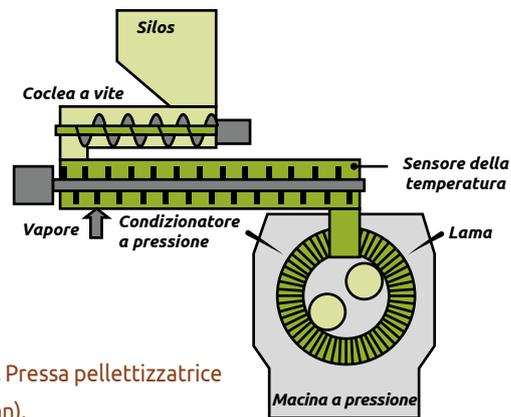


Figura 7. Pressa pellettizzatrice (Tecaliman).

Tuttavia, questo processo presenta alcuni inconvenienti, in particolare richiede un investimento economico elevato (acquisto dei silos, del mulino, della caldaia, del dispositivo di raffreddamento, ecc.) e dei costi energetici aggiuntivi (elettricità e vapore).

Gli ingredienti vengono inviati al condizionatore attraverso un dispositivo che controlla la loro velocità di ingresso. Il flusso di alimentazione del condizionatore e la pressa pellettizzatrice vengono regolati ad un valore di riferimento che dipende dalla velocità del motore della macina. Il condizionamento degli ingredienti viene eseguito attraverso

l'incorporazione continua di vapore secco. L'iniezione di vapore, vicino all'ingresso, è regolata, in uscita, da un sensore di temperatura, consentendo di mantenere la temperatura interna tra 40 e 95°C. La quantità di vapore iniettata nel condizionatore influisce sulla velocità di produzione ed sul consumo energetico della pressa. Il processo di pellettatura è quello che consuma la maggior quantità di energia in un impianto di trasformazione dei mangimi:

- *dal 50 al 60% del consumo di elettricità*
- *dall'80 al 90% del consumo di vapore*

Dopo aver superato un dispositivo magnetico, il composto è portato ad un anello metallico perforato (più tipicamente costituito da presse disposte in verticale) o dadi rotanti. Dopo essere stato compresso da rulli, l'agglomerato viene spinto verso i dadi rotanti passando attraverso delle lame. Poi il composto viene fatto uscire dal sistema attraverso dei tubi ed assume così una forma cilindrica. All'uscita due lame tagliano il composto ad una lunghezza prestabilita. Dopo la pellettatura, il composto passa per gravità attraverso un raffreddatore ed eventualmente uno sbriciolatore o un frantoio ed un setaccio. Le particelle più piccole vengono separate dal composto e ritornano nella pressa.

2.3. Processi ausiliari

2.3.1. Sistemi ad aria compressa

L'aria compressa viene prodotta principalmente da compressori rotativi a vite monostadio con lubrificazione, spesso vengono utilizzati compressori rotativi a paletta. Negli ultimi anni, le installazioni per l'impiego di compressori a velocità variabile stanno incrementando. I compressori vengono installati in un locale specifico o all'interno dello stabilimento. In genere, un compressore da solo è sufficiente a soddisfare le tutte le esigenze di un impianto. Tipicamente, le potenze più comuni nei compressori vanno dai 18 ai 75 kW, producendo pressioni massime dai 7,5 ai 10 bar. Il sistema di essiccazione dell'aria si trova vicino al compressore. La tecnologia di essiccazione per l'aria compressa più comune utilizza l'essiccatore a refrigerazione. Talvolta negli impianti di grandi dimensioni viene installato un essiccatore ad adsorbimento esterno. Un altro sistema impiegato è l'essiccatore d'aria a variazione di pressione con processo senza calore. Nel settore della produzione di mangimi viene ancora utilizzato un unico essiccatore che soddisfa l'intero impianto. La maggior parte delle aziende possiede una riserva d'aria tra il compressore e l'essiccatore. Molta aria compressa viene consumata da perdite d'aria presenti nel sistema stesso.

Il consumo elettrico specifico da parte del sistema ad aria compressa rappresenta mediamente il 6-7% del consumo di energia elettrica complessivo di un mangimificio. E' buona regola mantenere spenti i compressori d'aria durante la chiusura settimanale dell'impianto (nei week-end).

2.3.2. Caldaie

Nella maggior parte degli impianti industriali il vapore viene prodotto da una caldaia a tubi di fumo. In genere le caldaie sono installate in un locale apposito, spesso insieme agli impianti per il trattamento dell'acqua e per il convogliamento dell'acqua di alimentazione. Di solito in un mangimificio è sufficiente una sola caldaia.

In genere, il vapore viene prodotto ad una pressione effettiva di 6-10 bar. Il combustibile utilizzato è prevalentemente gas naturale o GPL (butano o propano); per le unità più piccole si impiega anche gasolio da riscaldamento, mentre l'uso di gasolio pesante o elettricità è poco diffuso. D'altra parte, nel settore dei mangimifici, sta aumentando la predilezione verso carburanti ottenuti da biomassa o gas naturale liquido.

La grandezza della caldaia varia a seconda delle esigenze di vapore dell'impianto. Comunque pochissimi utilizzano una caldaia con una capacità superiore a 5 ton/ora. La velocità di

spurgo della caldaia è altamente variabile da un mangimificio ad un altro e può essere influenzato da:

- *Le caratteristiche chimico-fisiche dell'acqua di alimentazione (che può cambiare in funzione della sorgente idrica).*
- *Il trattamento dell'acqua (l'acqua di alimentazione viene trattata chimicamente prima di entrare nel generatore di vapore al fine di rimuovere eventuali elementi corrosivi presenti che potrebbero corrodere il vapore e pregiudicare la qualità del vapore necessario ad un processo).*
- *La modalità di impostazione della valvola di spurgo (manuale, automatico, ecc.).*

E' importante tenere presente che uno spurgo eccessivo può determinare un funzionamento inefficiente dell'impianto di generazione di vapore, dal momento che ad ogni spurgo ha luogo la dispersione di una certa quantità del calore contenuto nell'acqua espulsa ed il costo del combustibile può essere direttamente correlato a questa dispersione di calore. Inoltre, bisogna considerare anche il costo dell'acqua e dei prodotti chimici. Di conseguenza, è necessario bilanciare la necessità di rimuovere i solidi disciolti dal sistema del generatore di va-

pore ed una gestione dell'impianto efficace in termini di costi. Un generatore di vapore che funziona con un'efficienza pari all'80% ha un tasso di evaporazione massimo di 5.000 kg/ora a 10 bar e riceve acqua di alimentazione a 70°C. Di questi 5.000 kg/ora di vapore, 4.500 vengono esportati mentre 500 vengono dispersi attraverso lo spurgo.

2.3.3. Motori elettrici

In un mangimificio, il consumo elettrico dei motori rappresenta più del 90% del consumo elettrico totale. Le potenze dei motori variano da pochi kW a qualche centinaia di kW. I motori utilizzati per i processi di macinazione, sbriciolatura, miscelazione ed i sistemi di ventilazione e ad aria compressa - che possono

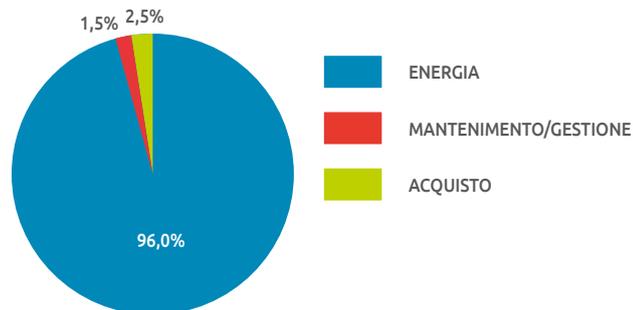


Figura 8. Ripartizioni dei costi di un motore elettrico (Motor challenge).

rappresentare appena il 5% di tutti i motori presenti in questo tipo di aziende - possono arrivare a consumare più del 70% del totale consumo elettrico. La maggior parte dei motori lavorano in modo asincrono (motori ad induzione) e solo in pochi casi sono presenti degli invertitori di frequenza. La Figura 8 mostra i diversi costi per l'acquisto di un motore, evidenziando che il costo totale di un motore è dovuto principalmente all'acquisto dell'energia necessaria al suo funzionamento mentre il costo di acquisto del motore stesso rappresenta solo il 2,5%.

2.3.4. Illuminazione

E' molto comune l'uso di lampade a scarica in gas, come quelle a sodio ad alta pressione o ai vapori di mercurio, e anche di lampade alogene per l'illuminazione all'interno degli edifici dell'azienda. Queste lampade hanno una potenza molto elevata, circa 400 W, ed hanno anche bisogno di dispositivi ausiliari (come i ballast, cioè circuiti elettronici progettati per pilotare lampade a scarica di diverse potenze) che concorrono ad aumentare il consumo finale di energia.

Grazie alla nuova tecnologia dell'illuminazione a LED è possibile sostituire i vecchi sistemi con queste nuove lampade ad un costo ragionevole e con una riduzione di potenza fino al 65%.

3. ANALISI ENERGETICA DEI MANGIMIFICI

Nelle aziende operanti nel sotto-settore di produzione dei mangimi, le principali fonti di energia utilizzate sono l'elettricità ed i combustibili (gas naturale, propano, butano, olio combustibile pesante e olio combustibile per riscaldamento domestico). Il gas naturale è il combustibile più utilizzato per la produzione del vapore.

3.1. Consumo elettrico

Nei mangimifici, l'elettricità viene utilizzata per i motori (circa il 90% del consumo complessivo di energia elettrica), per la produzione di aria compressa e per l'illuminazione degli edifici. In alcuni mangimifici, l'elettricità può essere utilizzata anche per il riscaldamento dei liquidi contenuti in alcuni silos di stoccaggio ed, in rare eccezioni, per la produzione di vapore. Le decisioni operative e di gestione dell'azienda pos-

TABELLA 1. CONSUMI ELETTRICI NEI QUATTRO PAESI PARTNER DEL PROGETTO TESLA.

	Capacità di produzione di un mangimificio (kton/anno)	Rapporto tra il consumo di energia elettrica e la produzione (kWh/ton di mangime)	Potenza elettrica installata (kW)
Italia	130	20	450
Spagna	44	16	725
Francia	80	18 - 60	Dipende dal tipo di mangime
Portogallo	81	13,8	430

Fonti: Compagnia Valmori SR per l'Italia, Progetto CO2OP di Cooperativas Agro-alimentarias per la Spagna, Tecaliman per la Francia, National Statistics Institute per il Portogallo.

sono portare a periodi operativi vuoti (più o meno lunghi) o periodi in cui i motori operano solo a carico parziale. La Tabella 1 indica i valori medi dei consumi elettrici nei quattro paesi afferenti al Progetto Tesla.

Considerando tre mangimifici francesi che producono diversi mangimi (in media 80 kton), i valori dei consumi elettrici sono riportati nella Tabella 2.

Nella Tabella 3 vengono riportati i consumi di energia elettrica distinti per i vari processi di produzione di mangimi in Italia, Spagna e Portogallo.

TABELLA 2. ESEMPI DEI CONSUMI ELETTRICI MEDI IN UN MANGIMIFICIO STANDARD FRANCESE.

	Mangimificio specializzato nella produzione di mangimi per bovini	Mangimificio specializzato nella produzione di mangimi per pollame	Mangimificio specializzato nella produzione di mangimi misti (bovini, pollame e suini)
Consumi elettrici annuali (GWh)	3,4	2,8	2,3
Consumo di potenza elettrica specifica (kWh per ton)	43	37	31

Sources: Tecaliman

TABELLA 3. DISTRIBUZIONE DEI CONSUMI DI ENERGIA ELETTRICA NEI SINGOLI PROCESSI PRODUTTIVI DI UN MANGIMIFICIO STANDARD (ITALIA / SPAGNA / PORTOGALLO).

PROCESSO (in ordine temporale)	TECNOLOGIA STANDARD	Potenza elettrica installata (kW)		Consumo di energia elettrica (kWh/anno)	
		Italia/Spagna	Portogallo	Italia/Spagna	Portogallo
Ricevimento delle materie prime	Tramogge di carico e scarico per veicolare le materie prime, trasportatori, motori elettrici	55	96	13.000	270.435
Macinazione	Mulino a martelli orizzontale, motori elettrici	230	113	146.000	397.567
Miscelazione	Carrello miscelatore, miscelatore orizzontale, motori elettrici	240	40	82.000	121.928
Grassatura e melassatura	Miscelatore orizzontale, miscelatore di melasso, motori elettrici	35	3	9.000	10.236
Pellettatura	Pressa pellettatrice, caldaia a vapore, frigorifero, motori elettrici	260	180	108.000	276.668
Insaccamento (confezionamento)	Motori elettrici	40	3	21.000	19.864
Illuminazione ed altri processi elettrici ausiliari	Lampade a fluorescenza	140	5	51.000	16.637
TOTALE		1.000	440	430.000	1.113.427

Fonti: Compagnia Valmori SR per l'Italia, Progetto CO2OP di Cooperativas Agro-alimentarias per la Spagna, Università di Evora per il Portogallo.

3.2. Consumo termico

Il consumo termico è dovuto principalmente alla pellettatura ed al processo di trattamento termico per il prodotto (per esempio, mangime per pollame). Il dispositivo che consu-

ma più energia termica è la caldaia che produce vapore. La Tabella 4 riporta i valori medi di consumo termico in Italia, Spagna, Francia e Portogallo.

TABELLA 4. CONSUMI TERMICI NEI QUATTRO PAESI PARTNER DEL PROGETTO TESLA.

	Capacità di produzione di un mangimificio (kton/anno)	Rapporto tra il consumo di energia elettrica e la produzione (kWh/ton di mangime)	Potenza termica installata, specialmente nelle caldaie (kW)
Italia	130	55	813 - 1.744
Spagna	44	11	1.400 - 2.000
Francia	80	20 - 50	1.400 - 2.050
Portogallo	81	10,4	220

Fonti: Compagnia Valmori SR per l'Italia, Progetto CO2OP di Cooperativas Agro-alimentarias per la Spagna, Tecaliman per la Francia, National Statistics Institute per il Portogallo.

Considerando tre mangimifici francesi che producono diversi mangimi (in media 80 kton), i valori dei consumi termici sono descritti nella Tabella 5.

Infine, nella Tabella 6 vengono riportati i consumi di energia termica distinti per i vari processi di produzione di mangimi in Italia, Spagna e Portogallo.

TABELLA 5. CONSUMI TERMICI TIPICI DI UN MANGIMIFICIO FRANCESE STANDARD.

	Mangimificio specializzato nella produzione di mangimi per bovini	Mangimificio specializzato nella produzione di mangimi per pollame	Mangimificio specializzato nella produzione di mangimi misti (bovini, pollame e suini)
Consumo termico annuale	1,9 GWh lhv	2,4 GWh lhv	1,1 GWh lhv
Consumo di potenza termica specifica (kWh lhv* per ton di mangime pellettizzato)	26	41	26

Fonte: Tecaliman.

*lhv: *lower heating value* (potere calorifico inferiore).

TABELLA 6. DISTRIBUZIONE DEI CONSUMI DI ENERGIA TERMICA NEI SINGOLI PROCESSI PRODUTTIVI DI UN MANGIMIFICIO STANDARD (ITALIA / SPAGNA / PORTOGALLO).

PROCESSO (IN ORDINE TEMPORALE)	TECNOLOGIA STANDARD	Potenza elettrica installata (kW)		Consumo di energia elettrica (kWh/anno)	
		Italia/Spagna	Portogallo	Italia/Spagna	Portogallo
Grassatura e melassatura	Miscelatore orizzontale, miscelatore di melasso, motori elettrici	80		20.000	
Pellettatura	Pressa pellettatrice, caldaia a vapore, frigorifero, motori elettrici	420		170.000	
Processi termici ausiliari	Processi termici ausiliari	300	220	110.000	794.640
Apparecchiature ausiliarie	Carrelli elevatori				49.659
TOTALE		800	220	300.000	844.299

Fonti: Compagnia Valmori SR per l'Italia, Progetto CO2OP di Cooperativas Agro-alimentarias per la Spagna, Università di Evora per il Portogallo.

3.3. Bilancio energetico (Diagramma di Sankey)

La Figura 9 rappresenta il bilancio energetico sotto forma di diagramma di Sankey.

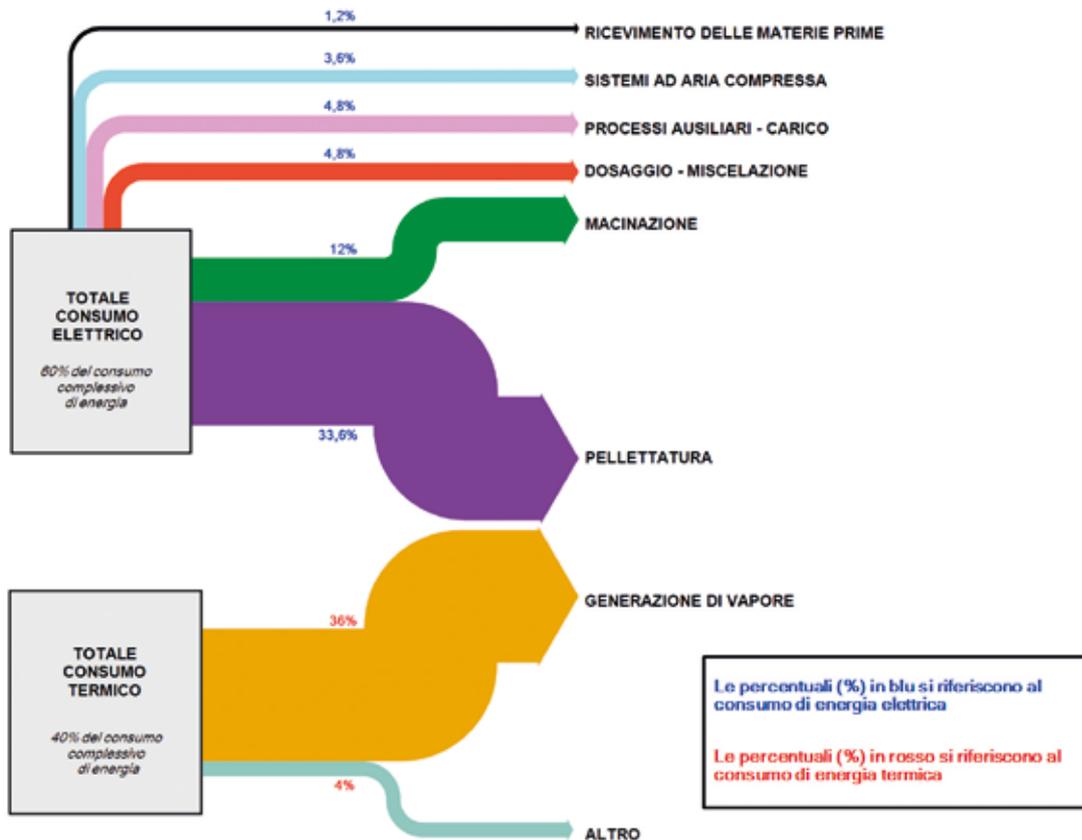


Figura 9. Flussi dei consumi energetici in mangimifici francesi (dati Tecaliman).

3.4. Costi energetici

In Europa il contesto energetico è molto variabile a seconda del paese che viene preso in considerazione ed infatti il costo dell'energia è diverso e dipende dalla politica energetica nazionale ed anche dal tipo di combustibile fossile sfruttato come fonte di energia termica. La Tabella 7 mostra i co-

TABELLA 7. COSTI ENERGETICI NEI QUATTRO PAESI PARTNER DEL PROGETTO TESLA.

PAESE PARTNER DEL PROGETTO TESLA	Costo dell'energia elettrica (€/MWh)	Costo dell'energia termica (€/MWh)
Italia	circa 144	circa 37
Francia	60 - 110	20 - 80
Spagna	125	60
Portogallo	80	70

Fonti: Compagnia Valmori SR per l'Italia, Progetto CO2OP di Cooperativas Agro-alimentarias per la Spagna, Tecaliman per la Francia, National Statistics Institute per il Portogallo.

sti di riferimento dell'energia elettrica e dell'energia termica in tipiche aziende operanti nella produzione di mangimi nei quattro paesi afferenti al Progetto TESLA.

3.5. Note distintive del sotto-settore di produzione di mangimi

Non vi sono dei casi particolari nella produzione di alimenti per animali, infatti non c'è una stagionalità nel consumo di energia da parte dei mangimifici, che risultano costantemente all'opera per la produzione di mangimi, sempre necessari per lo sviluppo e la crescita del bestiame. Sotto questo aspetto la Francia si distingue dagli altri paesi europei in quanto il consumo di energia elettrica e termica aumenta nelle stagioni fredde (autunno ed inverno), per una diversa organizzazione del lavoro di produzione di mangimi per bovini.

4. MISURE PER IL RISPARMIO ENERGETICO

Dopo una breve analisi del sotto-settore dell'industria agro-alimentare relativo alla produzione di mangimi nei quattro Paesi congiunti dal Progetto TESLA, il 4° capitolo di questo manuale raccoglie una serie di proposte ed azioni che potrebbero essere messe in atto ai fini di un risparmio energetico e/o di un miglioramento dell'efficienza energetica di impianti di elaborazione e servizi pertinenti specificamente a questo sotto-settore. Questo capitolo è stato sviluppato a partire dal documento di riferimento sulle migliori tecniche disponibili (*Best Available Techniques*, BATs) per l'efficienza energetica sviluppato dalla Commissione Europea (2009).

Vi sono diverse misure che potrebbero essere attuate sia ai fini di un miglioramento dell'efficienza energetica che di un risparmio energetico su processi e dispositivi pertinenti all'elaborazione di mangimi per animali. L'interesse verso una di queste soluzioni deve essere valutato caso per caso, pertanto ciascun mangimificio rappresenta uno specifico caso a parte. Il tempo di ritorno dell'investimento può variare moltissimo a seconda dei costi dell'investimento stesso, del tempo di operazione dell'impianto, delle dimensioni della macchina, del costo dell'energia, della posizione dello stabilimento, ecc..

4.1. Impianti a vapore

Numerosi miglioramenti possono essere apportati ai sistemi di produzione del vapore.

REGOLAZIONE E CONTROLLO DEGLI IMPIANTI A VAPORE. E' necessario effettuare delle verifiche periodiche sul funzionamento del generatore di vapore. In particolare, il controllo della portata è l'aspetto più delicato della regolazione dei sistemi a vapore.

RIDUZIONE DEL FLUSSO DI MASSA DEGLI EFFLUENTI GASSOSI RIDUCENDO L'ARIA IN ECCESSO. L'aria in eccesso può essere minimizzata regolando la portata del flusso d'aria alla portata del carburante per le caldaie grandi. Questo processo è facilitato da misure in automatico dell'ossigeno contenuto negli effluenti gassosi.

PRERISCALDAMENTO DELL'ACQUA DI ALIMENTAZIONE. Negli impianti termici di produzione di energia il preriscaldamento ha la funzione di recuperare calore, che andrebbe altrimenti perduto allo scarico dell'impianto, per cederlo all'acqua di alimentazione delle caldaie o all'aria comburente o comunque al

fluido rientrante in circolo. Si usano preriscaldatori che sfruttano il calore residuo del vapore oppure dei fumi allo scarico.

MINIMIZZAZIONE DEL TASSO DI SPURGO DELLA CALDAIA. Questa misura può ridurre in modo sostanziale le perdite di energia dal momento che la diminuzione della temperatura dopo lo spurgo è direttamente legata alla riduzione della temperatura del vapore generato nella caldaia. E' sufficiente effettuare dei controlli regolari della qualità dell'acqua nella caldaia al fine di ridurre i livelli di solidi sospesi e disciolti ai limiti accettabili, oppure installare dei sistemi di controllo automatico dello spurgo che in genere monitorano la conduttività.

MINIMIZZAZIONE DELLE PERDITE DI CALORE DALLE CALDAIE OPERANTI A CICLO RIDOTTO. Perdite di calore durante un ciclo ridotto si verificano ogni volta che una caldaia viene spenta per un certo periodo di tempo. Per una caldaia a vapore queste perdite possono aumentare di molto qualora la caldaia sia in grado di generare la capacità richiesta in un tempo molto rapido. Ciò si verifica soprattutto quando la potenza installata della caldaia è molto maggiore di quella realmente richiesta. In questo caso si dovrebbe considerare la possibilità di sostituire la caldaia oppure di impiegare un bruciatore per

adattare la potenza della caldaia alla potenza utile reale.

OTTIMIZZAZIONE DEI SISTEMI DI DISTRIBUZIONE DEL CALORE. Una buona prestazione del sistema di distribuzione del calore richiede molta accuratezza in fase di progettazione insieme ad un programma di mantenimento. Le tubature dovrebbero possedere le dimensioni appropriate, essere ben supportate e con buon isolamento. Inoltre, tutto il sistema dovrebbe essere configurato in modo da permettere un adeguato sottoraffreddamento del condensato (drenaggio).

IMPLEMENTAZIONE DI UN PROGRAMMA DI CONTROLLO E RIPARAZIONE DELLE TRAPPOLE VAPORE. Una trappola vapore (o scaricatore di condensa) è una valvola automatica di controllo dello scarico di condensa utilizzata in un sistema a vapore. Le perdite degli scaricatori di condensa corrispondono spesso ad importanti perdite di vapore, che si traducono a loro volta in perdite di energia. Un programma di mantenimento con una frequenza di controllo delle trappole vapore, che tenga conto della portata del flusso di vapore, dalla/e pressione/i operativa/e, del numero e della dimensione delle trappole, così come dell'età e delle condizioni del sistema e delle trappole, consente di ridurre tali perdite in maniera efficiente.

RECUPERO E RITORNO DELLA CONDENZA ALLA CALDAIA PER IL RIUTILIZZO. Il calore latente di condensazione del vapore acqueo contenuto nei fumi di combustione viene recuperato ed reindirizzato al contenitore dell'acqua di alimentazione. Alcuni vantaggi di tale azione sono il riutilizzo dell'energia contenuta nel condensato caldo, il risparmio del costo dell'acqua di riempimento e rabbocco, il risparmio del costo del trattamento dell'acqua della caldaia, la riduzione dei prodotti chimici per il trattamento dell'acqua e la riduzione dell'acqua utilizzata e scaricata.

4.2. Ventilazione

La ventilazione è presente principalmente nei mulini a martello e nei refrigeratori. Affinché un sistema di ventilazione risulti efficiente, è necessario considerare:

VENTOLE. Nel progettare o modificare un'installazione è importante che la dimensione della ventola sia adatta all'installazione, in modo da poter operare quanto più possibile vicino al massimo dell'efficienza.

SISTEMA AD ARIA. La progettazione di un impianto per l'aria deve rispettare alcuni requisiti per risultare energeticamente efficiente. E' importante che il sistema abbia una tenuta ermetica all'aria ed in particolare che i giunti presentino delle sigillature ermetiche.

MOTORI ELETTRICI (ED ACCOPPIAMENTO MOTORI E VENTOLE). E' importante scegliere il corretto tipo di motore con la dimensione più appropriata.

GESTIONE DEL FLUSSO D'ARIA. Il flusso d'aria è direttamente proporzionale al consumo di energia: ad esempio, una riduzione del 20% del flusso d'aria consente un consumo di potenza da parte del ventilatore inferiore del 50%. Alcuni dispositivi per la ventilazione non devono operare costantemente alla stessa velocità ed in questi casi la possibilità di regolare la velocità operativa delle ventole permette di risparmiare sui consumi.

CONTROLLI ELETTRONICI DELLA VELOCITA'. Possono essere utilizzati per adattare la velocità di funzionamento delle ventole, ottimizzando il consumo di energia da parte del motore e determinando potenzialmente un grande risparmio energetico.

4.3. Motori efficienti

Il consumo elettrico dei sistemi a motore è influenzato da numerosi fattori. Per ottenere il miglior risparmio potenziale, l'ideale sarebbe l'ottimizzazione dell'intero sistema dei motori. Di seguito, vengono discussi in maggior dettaglio alcuni aspetti ai fini del miglioramento dell'efficienza dei sistemi a motore.

MOTORI AD ALTA EFFICIENZA. La classificazione dell'efficienza energetica dei motori elettrici è dettata dalla normativa 60034 della Commissione IEC (2007) e le classi attualmente disponibili sono:

- *IE1 : Efficienza Standard (nei motori tradizionali)*
- *IE2 : Alta Efficienza*
- *IE3 : Efficienza Premium*
- *IE4 : Efficienza Super Premium*
- *IE5: Efficienza Ultra Premium (recentemente disponibili sul mercato)*

La direttiva europea EUPs (*energy-using products*) stabilisce la progettazione ecocompatibile (*ecodesign*) dei motori, in base ai livelli di efficienza energetica definiti dalla normativa IEC 60034-30, e ne regola il mercato: IE2 dal 16 giugno 2012;

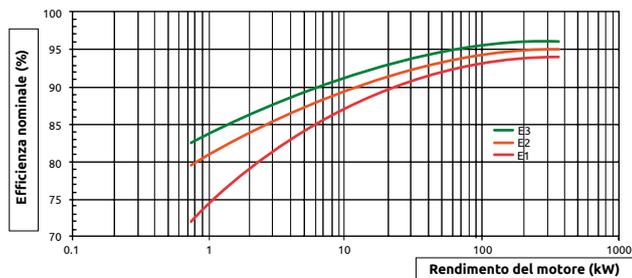


Figura 10. Comparazione delle curve di efficienza energetica per i diversi livelli IE (International Efficiency) dei motori (CIRCE, 2013).

IE3 dal 1° gennaio 2015 per motori da 7,5 a 375 kW ed IE3 dal 1° gennaio 2017 per motori da 0,75 a 375 kW. La Figura 10 mostra le differenze tra ciascun tipo di motore.

DIMENSIONE DEL MOTORE APPROPRIATA. La massima efficienza si ottiene quando il motore lavora tra il 60 ed il 100% del pieno carico. In genere, in un grafico dell'efficienza energetica di un motore in funzione della percentuale di carico, il picco per un motore ad induzione si ha vicino al 75% del pieno carico, poi la curva tende ad appiattirsi intorno al 50% del pieno carico. Un motore elettrico non lavora in condizioni ottimali quando è sotto il 40% del pieno carico ed infatti l'efficienza decade rapidamente. Ad ogni modo, motori di dimensioni più grandi possono operare con alte efficienze a carichi del 30% inferiori rispetto al carico nominale. L'efficienza di un motore elettrico in funzione del carico è mostrata in Figura 11.

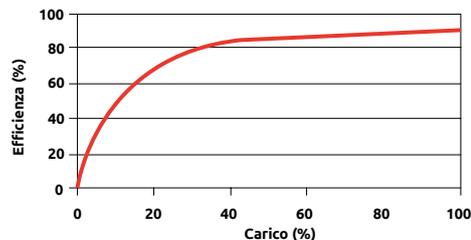


Figura 11: Efficienza di un motore elettrico in funzione del carico (BREF, 2009).

CONTROLLO DI UN MOTORE. Lo scopo è quello di limitare il più possibile il regime minimo di un motore (modalità di operazione senza carico) attraverso la predisposizione di un sensore, un orologio, un processo di controllo, ecc.. Quindi, si può contribuire all'efficienza energetica mantenendo i motori spenti quando non sono necessari, ad esempio tramite un interruttore o un contattore per collegare e disconnettere un motore da quello principale.

La regolazione della velocità di un motore tramite l'uso di convertitori di frequenza, detti anche "inverter" o VSD (*variable speed drives*), può portare ad importanti risparmi energetici legati ad un controllo più preciso delle operazioni e dei processi e ad una diminuzione dell'usura dell'impianto meccanico. Con la variazione del carico, i VSD possono ridurre il consumo di energia elettrica in particolare nelle pompe centrifughe, nei compressori e nei ventilatori. L'applicazione di VSD risulta vantaggiosa in numerosi processi inerenti l'industria di produzione dei mangimi (ad esempio nel caso in cui i prodotti di partenza vengono elaborati e lavorati come nei frantoi, oppure nel caso in cui i materiali vengono trasportati attraverso nastri trasportatori) sia in termini di consumo energetico che di prestazioni complessive.

I dispositivi di trasmissione del movimento (ingranaggi, cinghie, alberi a gomito, ecc..) devono essere installati correttamente e mantenuti con regolarità. Il sistema di trasmissione dal motore al carico costituisce una fonte di perdite, che possono variare signifi-

cativamente dallo 0 al 45%. La migliore opzione possibile risulta essere l'accoppiamento diretto (se tecnicamente fattibile).

4.4. Sistemi ad aria compressa

L'aria compressa è una forma di energia dai molteplici impieghi e praticamente ogni industria possiede uno o più sistemi ad aria compressa per diversi scopi: macchine a pressione, sistemi di raffreddamento, compressori, trasportatori, ecc. L'aria compressa necessaria può essere prodotta dalla macchina stessa oppure da uno o più dispositivi ad aria compressa che rispondono a tutte le necessità dell'industria.

Un impianto di produzione d'aria efficiente conferisce all'impresa diversi vantaggi tra cui l'aumento della produttività, l'ottimizzazione di tutta la catena produttiva e la diminuzione degli sprechi energetici. L'efficienza energetica di questi sistemi può essere implementata attraverso alcune delle misure in seguito descritte.

OTTIMIZZAZIONE DEL DISEGNO STRUTTURALE DEL SISTEMA AD ARIA COMPRESSA.

La maggior parte dei sistemi ad aria compressa attualmente in uso potrebbe migliorare le proprie prestazioni tramite ottimizzazione della sua architettura. E' noto che l'implementazione di compressori addizionali e vari utilizzi in diverse fasi durante la vita dell'installazione possano risultare spesso in una performance inferiore del sistema. Nel disegno di un

sistema ad aria compressa sono fondamentali il dimensionamento delle tubazioni (le perdite di carico sono una funzione della lunghezza della tubazione) ed il posizionamento dei compressori, che consentono di minimizzare le cadute di pressione lungo la rete.

INVERTER (VSD) E VOLUME DI STOCCAGGIO. Quando le richieste d'aria per un processo sono variabili (se ad es. dipendono dall'ora del giorno e/o dal giorno della settimana), la presenza di un *inverter* ed un volume di stoccaggio favorisce la riduzione della richiesta energetica da parte del sistema ad aria compressa. Le "chance" di risparmio sono buone e possono raggiungere il 30% dei costi, sebbene il risparmio effettivo medio conseguibile applicando un *inverter* sul motore di un compressore è del 15%. D'altra parte, un volume di stoccaggio può ammortizzare le fluttuazioni nella pressione. Gli *inverter* sui compressori determinano anche una pressione più stabile ed un elevato fattore di potenza che mantiene la potenza reattiva bassa.

RIDUZIONE DELLE FUGHE DAL SISTEMA AD ARIA COMPRESSA. L'individuazione e la riparazione delle perdite da un sistema ad aria compressa sono le azioni che consentono il più elevato potenziale di risparmio energetico. Le perdite, che sono direttamente proporzionali alla pressione del sistema, sono sempre presenti 24 h/giorno in qualsiasi impianto, anche durante le

ore di fermo. La perdita di capacità di un compressore in un impianto in buono stato di manutenzione deve essere mantenuta al di sotto del 10%. Dunque, un programma efficiente per la manutenzione dei sistemi ad aria compressa deve includere misure di prevenzione e test periodici sulle perdite. Un modo ulteriore per ridurre le perdite è quello di diminuire la pressione operativa del sistema: una pressione differenziale inferiore nella zona della perdita riduce la portata della perdita.

ALIMENTAZIONE DEL/I COMPRESSORE/I CON L'ARIA ESTERNA PIU' FREDDA. Per ragioni termodinamiche, la compressione di aria calda richiede più energia rispetto alla compressione di aria fredda. Questa energia in eccesso può essere risparmiata alimentando la stazione ad aria compressa con aria più fredda dall'esterno. A questo scopo per esempio si potrebbe installare una tubatura di connessione tra la porta di uscita e quella di entrata del compressore. La tubazione dell'aspirazione dell'aria dall'esterno deve essere quanto più fredda possibile, pertanto va posizionata a Nord o, per lo meno, deve trovarsi all'ombra per la maggior parte del tempo.

OTTIMIZZAZIONE DEL LIVELLO DELLA PRESSIONE. Minore è il livello della pressione dell'aria compressa generata e più la produzione presenta un costo minore ed il sistema risulta efficient-

te. E' buona norma impostare la pressione nell'impianto al minimo livello accettabile, tenendo conto dei profili di richiesta e del volume dei serbatoi di stoccaggio. E' anche importante verificare se ha senso aumentare la pressione a livelli elevati per servire dei piccoli utilizzatori. In aggiunta a ciò, il modo più economico di regolare il livello della pressione di un compressore è quello di utilizzare interruttori a pressione. La pressione può anche essere regolata tramite un compressore con convertitore di frequenza che consente l'erogazione in base alle specifiche necessità di aria compressa.

4.5. Inverter

Gli *inverter* o variatori di velocità (*variable speed drives*, VSD) possono essere installati in qualsiasi impianto in cui un processo operi con un carico variabile, ad esempio: pompe centrifughe, ventilatori, macchine, frantoi, tramogge, nastri trasportatori, compressori per aria compressa o nei sistemi di raffreddamento, ecc. Il loro utilizzo fa diminuire il consumo di energia dei motori, adattando il consumo reale ai fabbisogni effettivi di un processo. I variatori di velocità controllano la velocità di rotazione dei motori agendo da variatori di velocità, in quanto aumentano o diminuiscono la frequenza a cui viene alimentato il motore, pertanto sono convertitori di frequenza.

Di conseguenza, la velocità del motore può essere regolata da parametri esterni quali la temperatura, il flusso o il carico nei nastri

trasportatori o nelle tramogge. Il controllo della velocità ha un peso importante ai fini dell'efficienza energetica di un processo. I risparmi dipendono dalla potenza del motore, dal suo profilo operativo e dalle ore di operazione in un anno. La presenza di un *inverter* in un motore può arrivare a dimezzare i suoi consumi energetici.

4.6. Isolamento

In diversi processi dell'industria agro-alimentare, è necessario trasferire calore sia in processi di riscaldamento che di refrigerazione. Nelle caldaie, ad esempio, l'acqua calda o il vapore viaggiano tra la caldaia ed il sito d'utilizzo. Negli stabilimenti delle aziende, la manutenzione delle condizioni dei materiali isolanti è un'operazione d'importanza critica al fine di evitare fughe termiche e problemi di condensazione. La chimica-fisica dei materiali isolanti deve tenere in conto diversi aspetti, tra cui evitare la propagazione di funghi e muffe, essere in grado di proteggere dalla radiazione UVA, non seccarsi (bisogna fare attenzione alle perdite che infieriscono sulla capacità isolante dei materiali), essere flessibili e facili da installare, avere una bassa conduttività termica (0,04 W/m°C o inferiore). In genere, l'intervallo di temperature di lavoro per i materiali isolanti va da -50 a + 110°C.

ISOLAMENTO DEI TUBI. I risparmi conseguibili potenzialmente dipendono da: diametro e lunghezza del tubo (o area della superficie

isolante), differenza tra temperatura interna ed esterna, resistenza termica e spessore del materiale isolante. Di seguito facciamo un semplice esempio, considerando due tubi che trasportano un fluido caldo, uno rivestito di materiale isolante e l'altro no. In entrambe i casi, la temperatura del fluido è di 60°C, la temperatura dell'aria è di 15°C, la lunghezza del tubo è di 350 m, il suo diametro di 150 mm, lo spessore di 31 mm e la conduttività termica di 0,04 W/m°C. Comparando le perdite di calore tra i due tubi, è stato misurato che le perdite di energia nel tubo con materiale isolante si riducevano dell'85%, con un conseguente elevato risparmio di energia.

ISOLAMENTO DELLE VALVOLE. Secondo la normativa vigente, non solo le tubazioni, ma anche i raccordi, le valvole ed altri dispositivi di connessione dovrebbero essere isolati in maniera più efficace. Sono disponibili diverse coperture isolanti riutilizzabili e rimovibili. Considerando una temperatura di operazione di 150°C, una temperatura ambientale di 20°C ed una valvola di 150 mm, i risparmi energetici potenziali installando un guscio di coibentazione rimovibile intorno alle valvole può arrivare a 970 W (BREF, 2009).

Inoltre, come regola generale, qualsiasi superficie raggiunga temperature superiori a 150°C, se esiste un rischio di contatto con una persona, bisognerebbe utilizzare materiale isolante per la protezione del personale.

4.7. Recupero del calore

In questo manuale trattiamo tre tecnologie per il recupero del calore che non implicano un aumento di consumo energetico.

PANNELLI SOLARI TERMICI PER IL RISCALDAMENTO DELL'ACQUA. Un pannello (o collettore) solare ad alta efficienza è costruito con un vetro speciale con una percentuale di trasferimento di energia superiore al 92%. L'assorbitore è costituito da una sottile lastra di rame ricoperta da un rivestimento altamente performante e selettivo, il TINOX (fortemente assorbente e con emissioni deboli). In genere, gli assorbitori nei pannelli presentano resistenza termica di 250°C, "performance" ottica del 75% e coefficiente di dispersione del calore di 2,9 W/m²°C. Potenzialmente, si possono conseguire risparmi fino al 50-70% a seconda delle condizioni atmosferiche e della richiesta energetica. Quindi

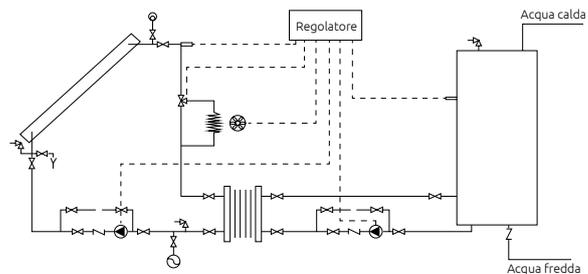


Figura 12. Schema di impianto solare termico (IMS).

è possibile ridurre il consumo di energia da parte delle caldaie, consumando meno energia fossile ed immettendo meno CO₂ nell'atmosfera. Ovviamente, per questioni climatiche, gli impianti solari termici presentano i vantaggi maggiori nei paesi del Sud (Italia, Spagna e Portogallo).

RECUPERO DEL CALORE DAI COMPRESSORI. La maggior parte dell'energia elettrica utilizzata da un compressore in un'azienda è convertita in energia termica (calore) che deve essere convogliata verso l'esterno. Per risparmiare costi ed energia si può progettare un sistema di recupero del calore che permetta di recuperare un'alta percentuale di questo calore disponibile e di riutilizzarlo per produrre aria o acqua calda a seconda del bisogno. Sono disponibili due sistemi di recupero del calore:

- Riscaldamento dell'aria: il calore recuperato può essere utilizzato per il riscaldamento degli spazi interni, dai bruciatori ad olio o da qualsiasi altra applicazione in cui sia richiesta aria calda. L'aria dell'ambiente viene fatta passare attraverso il compressore dove assorbe il calore risultante dal processo di compressione dell'aria. Le uniche modifiche da apportare al sistema sono l'aggiunta di un condotto e di un altro ventilatore per indirizzare l'aria nel condotto ed eliminare sul compressore qualsiasi pressione inversa

dovuta al suo raffreddamento. Tali sistemi di recupero del calore possono essere modulati tramite una semplice valvola di sicurezza controllata termostaticamente.

- Riscaldamento dell'acqua: è anche possibile utilizzare uno scambiatore di calore per estrarre il calore refluo dal lubrificante dei compressori delle macchine frigorifere e utilizzarlo per produrre acqua calda. A seconda del tipo, gli scambiatori di calore possono produrre acqua potabile o non potabile. Quando non è richiesta acqua calda, il lubrificante viene instradato verso il radiatore. L'acqua calda può essere utilizzata nell'impianto della caldaia.

Vari sistemi di recupero del calore sono disponibili sul mercato per la maggior parte dei compressori come "optional", integrati nel compressore o come soluzione esterna. Un sistema di recupero del calore ben progettato può permettere di riscattare dal 50 al 90% dell'energia termica disponibile.

RECUPERO DI CALORE TRAMITE UN ECONOMIZZATORE O UN CONDENSATORE. Nelle caldaie, l'installazione di un sistema di recupero di calore consente di recuperare il calore dai prodotti della combustione e di cederlo al fluido di ritorno, preriscaldandolo così prima dell'ingresso in caldaia. Dato che nelle caldaie una grossa quantità di calore viene persa sotto forma di

fumi (ovvero i gas prodotti dalla combustione), è possibile ridurre il consumo di energia fossile recuperando parte di questo calore. A questo scopo è sufficiente installare uno scambiatore di calore nella canna fumaria che trasferisca il calore dai fumi all'acqua nella caldaia o ad un altro processo termico. L'installazione di un economizzatore dopo la caldaia consente di risparmiare il 5% di energia (considerando che la temperatura dei vapori non può scendere al di sotto di un valore limite per evitare che lo scambiatore di calore e la canna fumaria subiscano corrosione). Un condensatore permette di recuperare l'energia contenuta nei fumi di combustione condensando il vapore acqueo in essi con-

tenuto. I risparmi in termini energetici dipendono dalla diminuzione della temperatura dei fumi, ma in genere l'installazione di un condensatore dopo una caldaia fa risparmiare intorno al 5-10% di energia.

4.8. Illuminazione

Nei sotto-settori industriali presi in considerazione nel Progetto TESLA, gli edifici richiedono un elevato contributo per l'illuminazione. Attualmente possono essere installati diversi tipi di lampade, tra cui principalmente lampade a scarica in gas (fluorescenti, a vapore di sodio o di mercurio ad alta pressione) o tecnologie

TABELLA 8. RISPARMI ENERGETICI CONSEGUIBILI.

SITUAZIONE INIZIALE NON EFFICIENTATA	SITUAZIONE EFFICIENTATA TRAMITE LED	RIDUZIONE DELLA POTENZA
Lampada/tubo fluorescente da 2x18W (potenza installata complessiva di 42W con un alimentatore elettromagnetico)	LED18S (19W)	54%
Lampada/tubo fluorescente da 2x58W (potenza installata complessiva di 136W con un alimentatore elettromagnetico)	LED60S (57W)	58%
Lampada a vapore di mercurio da 250W (potenza installata complessiva di 268W con dispositivi ausiliari)	BY120P (110 W)	58%
Lampada a vapore di mercurio da 400W (potenza installata complessiva di 428W con dispositivi ausiliari)	BY121P (210 W)	51%

alogene. Le tecnologie LED (diodi che emettono luce, dall'inglese *Light Emitting Diodes*) hanno una durata maggiore (più di 50.000 ore), richiedono poche operazioni per il mantenimento (e la sostituzione delle luci è molto semplice), presentano un indice di resa del colore dell'80%, una temperatura del colore di 4.000 K e consentono un risparmio energetico fino al 75% rispetto alle lampade a scarica di gas o alle alogene. Il flusso luminoso è di 10.000 lm (per 110 W) e 20.000 lm (per 210 W). La Tabella 6 mostra i risparmi energetici che si possono ottenere considerando la sostituzione di lampade fluorescenti con dispositivi LED.

4.9. Batterie di condensatori per la diminuzione dell'energia reattiva

Vi sono numerosi dispositivi, come motori o lampade a scarica, che operano in presenza di un campo elettromagnetico. Dato che non tutti i motori possono lavorare a carico nominale, si genera



Figura 13.
Batterie di
condensatori.

un consumo di energia reattiva che si riscontra poi nella bolletta dell'elettricità. Il consumo di questa energia reattiva può essere evitato implementando batterie di condensatori. In commercio sono disponibili batterie di condensatori di differenti potenze, da 7,5 kVAr a 1120 kVAr, che vengono collegate accanto al trasformatore di potenza degli impianti.

La compensazione del fattore di potenza viene fatta in genere per tutti gli impianti installati in una cooperativa, ma rappresenta più una misura di risparmio economico che non energetico, sebbene tali impianti traggano vantaggio dall'aumento della capacità di trasmissione di energia dalla rete elettrica.

4.10. Trasformatori di potenza ad alta efficienza

Qualsiasi stabilimento industriale possiede un trasformatore di potenza per convertire l'elettricità che proviene dalla rete elettrica. I trasformatori di potenza sono componenti fondamentali nel sistema di produzione, trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica. Trasformatori molto vecchi sono immersi in olio, non sono molto efficienti e consumano molta energia. Diversamente, i trasformatori a secco riducono le perdite di energia fino al 70%, sono sicuri, non richiedono notevoli cure per il mantenimento e sono a prova di cortocircuito e sovraccarico. Questa misura è consigliabile in industrie che lavorano costantemente molte ore per anno (come nel caso dei mangimi-

fici). In realtà, trattandosi di un investimento importante e con un lungo recupero, questa implementazione viene fatta in caso di guasto o rottura del trasformatore.

4.11. Strumenti di gestione

Vi sono diverse soluzioni da prendere in considerazione al fine di incrementare l'efficienza energetica. Queste soluzioni non devono essere esclusivamente tecniche, bensì dovrebbero essere relazionate ai metodi di gestione, come la gestione della qualità del prodotto, la gestione dell'energia o la gestione della produzione. Fattori che influenzano la qualità del prodotto, come le temperature di condizionamento, i flussi di vapore, i tempi di asciugatura, la durezza e la durata dei pellet o la dimensione delle particelle di un mangime, sono fortemente legati al consumo di energia. Pertanto, una migliore comprensione delle necessità e delle esigenze dei clienti può aiutare a migliorare l'efficienza energetica soddisfacendo al tempo le loro richieste.

Uno strumento di gestione dell'energia consente di determinare la via migliore e sostenibile per ottimizzare gli usi/consumi di energia, con conseguente riduzione dei costi associati, tramite la conoscenza ed il monitoraggio dei flussi di energia. Il guadagno netto per l'azienda, oltre alla limitazione delle emissioni di gas serra, riguarda la sua immagine al pubblico. Uno strumento gestionale nelle industrie è anche raccomandato in base ai requisiti standard

delle norme UNI CEI EN 16001/ISO 50001 per i sistemi di gestione dell'energia). Un gestore di energia virtuale è costituito da dispositivi di misurazione, da una griglia di comunicazione e da un software. In un'azienda, la manutenzione di tutti gli impianti ed i dispositivi risulta essenziale. Bisogna avere un calendario relativo alla manutenzione in cui vengano registrate tutte le ispezioni e gli interventi per ciascun impianto. Ad esempio la manutenzione di un impianto ad aria compressa serve a:

- *Garantire che le trappole operino correttamente*
- *Controllare che l'isolamento sia in buono stato*
- *Rilevare ed aggiustare le fughe, ecc.*



Figura 14. Pannello di controllo.

5. CONCLUSIONI

Ogni paese ha le sue tipiche caratteristiche di produzione. Le misure di risparmio energetico possono differire da un paese all'altro a seconda di specifiche condizioni in merito soprattutto al prezzo ed alla regolazione dell'energia. Inoltre, in un determinato paese, ogni mangimificio deve essere considerato come un caso unico perché le soluzioni di efficienza energetica proposte possono essere adatte ad un mangimificio ma non riproducibili in un altro. Per migliorare l'efficienza energetica, un mangimificio può implementare alcune delle tecniche descritte nei documenti di riferimento delle BAT (i BREFs, *Bat REFerence documents*). Attualmente esistono più di 30 BREF, di cui uno sull'efficienza energetica.

Questo documento descrive molte tecniche che possono essere applicate specificamente al sotto-settore della produzione di alimenti per animali. Queste tecniche includono anche essere strumenti di gestione (gestione energetica, ecc.). Ad ogni modo, prima di passare all'applicazione di queste tecniche, è necessario analizzare i processi e le procedure ed ottenere una quantità sufficiente di informazioni per poter valutare quanto più precisamente possibile i diversi possibili

punti di intervento che consentono di risparmiare energia e quindi di gestire in modo efficiente un mangimificio.

Per concludere, è necessario ottimizzare i consumi energetici al fine di ridurre i costi energetici. Con la conoscenza dei parametri che condizionano il bilancio energetico di un mangimificio, è possibile limitare i punti critici ed utilizzare le tecniche più adeguate.

Secondo il tipo di energia utilizzata (elettrica o termica), alcune tecniche di efficientamento possono essere differenti (ad esempio, l'isolamento per i processi termici). Per concludere, una manutenzione frequente delle attrezzature è un buon modo per risparmiare energia.



6. REFERENZE E FONTI

- Tecaliman, Centre technique de l'alimentation animale, www.tecaliman.com
- SNIA, Syndicat national des industries agroalimentaires, www.nutritionanimale.org
- Coopdefrance, www.coopdefrance.coop
- Fefac, European Feed Manufacturers' Federation, www.fefac.eu
- Istat, Istituto Italiano di Statistica, www.istat.it
- CESFAC, Confederación Española de Fabricantes de Alimentos Compuestos para Animales, www.cesfac.es
- INE, Instituto Nacional de Estadística (2011). Estadísticas Agrícolas
- DGAV, 2013. Lista dos Industriais do Setor dos Alimentos para Animais Registados/Aprovados ao Abrigo do REG.(CE) Nº183/2005. Direcção Geral de Alimentação e Veterinária. Scaricabile dal sito www.dgv.min-agricultura.pt
- IACA, 2012. Anuário 2012. Associação Portuguesa dos Industriais de Alimentos Compuestos para Animais. 145 pp. Scaricabile dal sito www.iaca.pt
- BREF 2009. Energy Efficiency, EUROPEAN COMMISSION, 430pp. 2009

tesla

Transferring
Energy Save
Laid on Agroindustry



www.teslaproject.org
tesla@agro-alimentarias.coop



Cofinanziato dal programma " Intelligent Energy Europe"
dell'Unione Europea