

XXV corso di Tecnologia per Tecnici Cartari  
edizione 2018/2019

# **Ottimizzazione e recupero energetico in seccheria: la cappa coibentata e la ventilazione forzata**

*di Tomiola Martin*



**Scuola Interregionale  
di tecnologia per tecnici Cartari**

Istituto Salesiano «San Zeno» - Via Don Minzoni, 50 - 37138 Verona  
[www.sanzeno.org](http://www.sanzeno.org) - [scuolacartaria@sanzeno.org](mailto:scuolacartaria@sanzeno.org)



# INDICE

1. INTRODUZIONE
2. LA SECCHERIA E IL SUO UTILIZZO
3. DISEGNO TECNICO
4. CAPPА CHIUSA COIBENTATA
5. VENTILAZIONE FORZATA CON IMPIANTO AEROTERMICO
6. PROGETTI DI RECUPERO FUTURI
7. BIBLIOGRAFIA



# 1. INTRODUZIONE

Il processo produttivo della carta è caratterizzato da alti costi produttivi; materia prima, energia elettrica necessaria ai macchinari e produzione/consumo di vapore utilizzato come fluido termovettore in grandi volumi sono le voci di costo principali di una cartiera.

Per questo motivo, tra le varie migliorie apportate in cartiera si è reso necessario sfruttare al meglio l'energia rilasciata dalla seccheria, attraverso sistemi di isolamento termico come le cappe, attraverso recuperatori e scambiatori di calore.

Questi elementi adattandosi l'uno agli altri hanno permesso di incrementare la produttività delle macchine continue, migliorarne gli standard qualitativi, garantire maggior sicurezza per gli operatori ma soprattutto hanno permesso di abbattere molti costi importanti per le aziende.

Un buon dimensionamento e la buona gestione della cappa coibentata e della ventilazione forzata permettono quindi di ottimizzare l'efficienza energetica della seccheria; inoltre questi sistemi di recupero possono generare ulteriori benefici per l'economia aziendale, infatti anche loro producono dell'energia in esubero ad esempio l'acqua per il lavaggio delle fumane e l'acqua di condensa degli scambiatori, oppure il vapore acqueo espulso in atmosfera che può essere ricondensato e riutilizzato in altre applicazioni.

## 2. LA SECCHERIA E IL SUO UTILIZZO

La seccheria costituisce un importante settore della macchina continua per l'asciugamento ed essiccazione del foglio di carta.

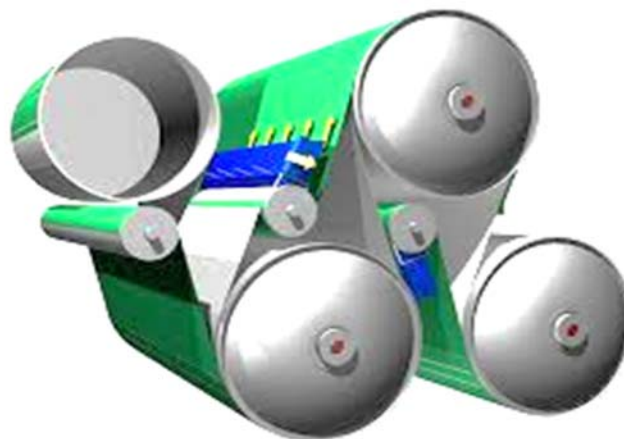
Questa sezione è situata nella parte centrale della macchina continua ed è racchiusa all'interno della cappa di coibentazione.

Il pannello fibroso in questa fase entra con una percentuale di secco in ingresso che può variare dal 45% al 55%, per poi subire l'evaporazione dell'acqua residua situata tra le fibre fino al 2% in entrata Sim-size. Successivamente viene nuovamente bagnato per depositare lo strato superficiale d'amido, e in base alla tipologia di prodotto semilavorato uscire con un secco del 92-97% al pope.

La seccheria è composta da un numero variabile di cilindri essiccatori collocati in due piani detti superiori ed inferiori e divisi in sezioni dette batterie. Generalmente in ghisa o acciaio inox, il loro diametro varia in funzione delle caratteristiche della macchina.

In FAVINI i cilindri sono di diametri superiori 1,5/1,8 metri di diametro, in maniera tale da avere una maggiore superficie di contatto del foglio e quindi una maggiore asciugamento dello stesso. Le batterie sono sezionate in modo da sopperire al continuo allungarsi del foglio tramite l'incremento graduale della velocità di ogni sezione, riducendo indesiderate rotture o difetti di qualità.

Ogni sezione di "batterie" che costituisce la seccheria è avvolta da una tela essiccatrice o feltro in materiale sintetico, che abbracciano il foglio e lo fanno aderire al cilindro essiccatore. Allo stesso tempo mediante i rulli guida feltro le batterie accompagnano il foglio al cilindro successivo riducendo al minimo ogni tiro "libero" all'interno della sezione.



L'asciugamento del foglio avviene attraverso un processo di disidratazione meccanica e tutta l'acqua che viene estratta (grammi d'acqua evaporata) viene raccolta dagli aspiratori della cappa coibentata. Una parte viene riutilizzata come energia alternativa e il resto immessi nell'ambiente.

Ciò che permette l'asciugamento del foglio è l'introduzione del vapore all'interno dei cilindri essiccatori.

Il calore è trasferito dal vapore attraverso la struttura dell'essiccatore alla carta; la tela essiccatrice comprime il foglio contro la superficie del cilindro aumentandone così la superficie di contatto.

La tela deve essere correttamente progettata in quanto la sua trama limita in parte la capacità evaporativa del foglio di carta, impedendogli uno scambio "libero" con l'ambiente interno alla seccheria.

La temperatura della carta è la variabile che si riferisce al processo di trasferimento del calore e dell'evaporazione.

Incrementando il trasferimento di calore aumenta la temperatura del foglio, però nel momento in cui la carta lascia l'essiccatore aumenta l'evaporazione in quanto la tela essiccatrice non ostacola più il processo. Di conseguenza la temperatura della carta si stabilizza, mentre l'evaporazione aumenta fino a saturare di umidità l'aria attorno al foglio. Un efficiente sistema di soffierie permetterà di rimuovere l'aria satura di umidità, per sostituirla con aria più secca in modo da garantire la massima evaporazione possibile tra un cilindro essiccatore e l'altro.

Con un numero fisso di cilindri per ogni macchina continua le uniche variabili che possono essere direttamente controllate sono la temperatura del vapore saturo all'interno degli essiccatori **e il coefficiente di trasferimento complessivo.**

Incrementando la pressione all'interno dei cilindri aumenta la temperatura, il che permette una maggiore evaporazione. Ci sono però delle limitazioni sulle temperature massime che possono essere utilizzate, ad esempio in carte per stampa leggera non si possono utilizzare alte pressioni, specialmente nella prima parte della seccheria; per cui la pressione di partenza e le temperature dei cilindri vengono mantenute molto basse ad inizio seccheria e vengono gradualmente aumentate per arrivare a garantire l'umidità richiesta dal controllo qualità. Ad esempio, per i cilindri di pre-seccheria potremmo avere una temperatura che va dagli 85 °C a salire a 130 °C con pressioni di vapore da 2,2 bar a 3,9 bar, mentre nella post seccheria dove il foglio rientra "bagnato" dalla stesura dell'amido o patine o prodotti barrieranti avremo una temperatura cilindri che andrà dai 95 °C ai 120 °C.

Queste operazioni vengono gestite dall'operatore attraverso numerosi sistemi di controllo, atti a garantire un corretto svolgersi del processo. Le impostazioni della rampa di temperature in

seccheria variano anche in base alla tipologia di carta prodotta, a seconda dell'umidità finale richiesta ed evitando difetti quali carta ariosa per le grammature leggere ( $65\text{g/m}^2$ ), o carta con alta umidità per le grammature pesanti ( $400\text{ g/m}^2$ ).

Tutto questo processo di evaporazione/essiccazione del foglio non avrebbe successo se non fosse installata una cappa coibentata adeguata, che oltre ad avere lo scopo di creare una barriera tra la continua e l'ambiente esterno, evitando la condensazione dell'aria calda e relativo gocciolamento, permette di ottenere incrementi del processo produttivo e miglioramenti in ambito di risparmio energetico.

Il volume d'acqua che deve essere rimosso dalla seccheria è un dato fondamentale per il dimensionamento della stessa, e di conseguenza per il dimensionamento della cappa coibentata.

Ad esempio, nella macchina terza di FAVINI la carta, che più comunemente raggiunge la maggior produzione oraria, è una carta bianca per uso shopper (Fast Print S  $170\text{g/m}^2$ );

- 10 t/h produzione oraria
- 2,46 m formato tela
- 370 m/min velocità
- secco in entrata 53% e umidità finale 7,5%

Presumendo che la produzione secca possa essere pari 9,2 t/h e il secco in ingresso seccheria sia 53%, avremmo 17,3 t/h di "impasto e acqua" in ingresso seccheria, con un'evaporazione pari a circa di 8,17 t/h di acqua fatta evaporare e raccolta dall'aspirazione delle fumane della cappa coibentata.

- $P/h - \text{umidità finale} = 8\text{t/h} * 0,922 = 9,2\text{ t/h}$
- 9,2 t/h (produzione secca): 53% (secco in ingresso) = 17,3t/h ( $\text{H}_2\text{O}$ +fibra in ingresso seccheria)
- $17,3\text{ t/h} - 9,2\text{ t/h} = 8,1\text{ t/h}$  di acqua evaporata.

## **LA CAPPA COIBENTATA**

All'interno della cappa coibentata è presente un sistema di ventilazione forzata, che ha lo scopo di estrarre la grande quantità di acqua evaporata dal foglio sotto forma di aria umida, e successivamente reimmettere all'interno della cappa aria secca.

La rimozione dell'umidità dell'aria estratta avviene con le seguenti fasi.

1. L'evaporato dal feltro fibroso (generalmente a 87 °C) satura di umidità l'aria nella cappa.
2. L'aria carica di umidità viene rimossa attraverso il sistema di aspirazione delle fumane.
3. Una volta estratta l'aria viene convogliata in uno scambiatore termico. Il calore latente dell'aria estratta viene quindi trasferito tramite lo scambiatore all'aria fresca presa dall'ambiente.
4. L'abbassamento di temperatura delle fumane causa il ricondensarsi dell'umidità in acqua, che può quindi essere recuperata per altri usi. L'aria residua viene espulsa in atmosfera.
5. L'aria fresca preriscaldata (generalmente a 52 °C) non è ancora pronta a essere utilizzata, deve essere portata alla corretta temperatura.
6. L'aria preriscaldata viene quindi immessa in un secondo scambiatore che, utilizzando vapore di caldaia e/o vapore di flash porta l'aria a 110 °C.
7. A questa temperatura l'aria è definita surriscaldata. Questa è la condizione ideale per rimuovere l'umidità dal foglio di carta senza creare problemi di condensa sulle tele essiccatrici o sulla struttura della cappa.

## **CLIMATIZZAZIONE**

Una piccola parte del calore recuperato dall'evaporato della seccheria, viene utilizzato per la ventilazione della sala macchina.

Innanzitutto attraverso un sistema di raffreddamento parte dell'evaporato a 87 °C viene fatto condensare, generando aria a 45 °C.

Il flusso d'aria viene inviato al controsoffitto della sala per evitare la formazione di sacche di umidità che potrebbero avere conseguenze spiacevoli al processo produttivo, quali un effetto pioggia dal soffitto della sala sulla tavola piana.

Oltre alla climatizzazione del controsoffitto, il sistema di ventilazione interviene anche nella climatizzazione della sala (all'esterno della cappa di coibentazione).

Quest'ultimo è fondamentale per avere le corrette pressione e temperatura all'esterno della cappa coibentata.

Una temperatura troppo distante da quella di dimensionamento della coibentazione (tipicamente 23 °C) potrebbe causare fenomeni di condensa sulle pareti della cappa.

Inoltre la sala macchina deve essere preferibilmente tenuta in leggera sovrappressione per garantire che i flussi dell'aria di seccheria seguano il ciclo ideale sopra descritto.

Mediante due aspiratori posti all'esterno dello stabilimento, l'aria a 30° contenuta all'interno del controsoffitto viene miscelata con l'aria esterna nelle corrette proporzioni per raggiungere i 23 °C.

Successivamente un semplice sistema di trasporto con grigliato permette l'immissione dell'aria in sala.

Gli operatori di macchina hanno la possibilità di regolare il flusso d'aria entrante secondo necessità (es. al variare delle condizioni metereologiche esterne).

## **ELEMENTI COSTITUTIVI**

Ad agosto 2018 è stato eseguito in FAVINI un revamping della seccheria di PM3, con la conseguente ristrutturazione della cappa coibentata e tutti i sistemi ausiliari. Questa parte evidenzierà gli aspetti salienti della nuova cappa coibentata.





## 4. CAPPA CHIUSA COIBENTATA

L'energia necessaria alla produzione di carta/cartone costituisce una parte preponderante dei costi di uno stabilimento cartario. La riduzione di consumo di vapore in seccheria è un aspetto fondamentale della politica di risparmio costi di qualsiasi cartiera.

L'ottimizzazione sviluppatasi negli anni si è spostata dalla sola efficienza energetica della seccheria all'intera struttura, cappa di coibentazione compresa.

Le cappe coibentate chiuse sono ormai un elemento fondamentale per ridurre l'uso di energia termica nelle macchine continue.

L'approccio innovativo utilizzato oggi per la realizzazione di ogni singola cappa prevede:

1. ottimizzazione del processo di asciugamento del pannello fibroso: utilizzare una minore quantità di aria per rimuovere l'umidità dalla carta significa una minore richiesta di vapore dalla seccheria.
2. Recupero del calore latente dell'evaporato: il calore utilizzato viene recuperato e riutilizzato, permettendo un ulteriore abbassamento dei costi energetici e consentendo un notevole incremento di produzione di carta/oraria.
3. Minima dispersione del calore verso l'esterno della macchina continua: ciò si traduce in una minor quantità di aria necessaria per la ventilazione della sala.



## **ELEMENTI DI COPERTURA CON CONTROSOFFITTO**

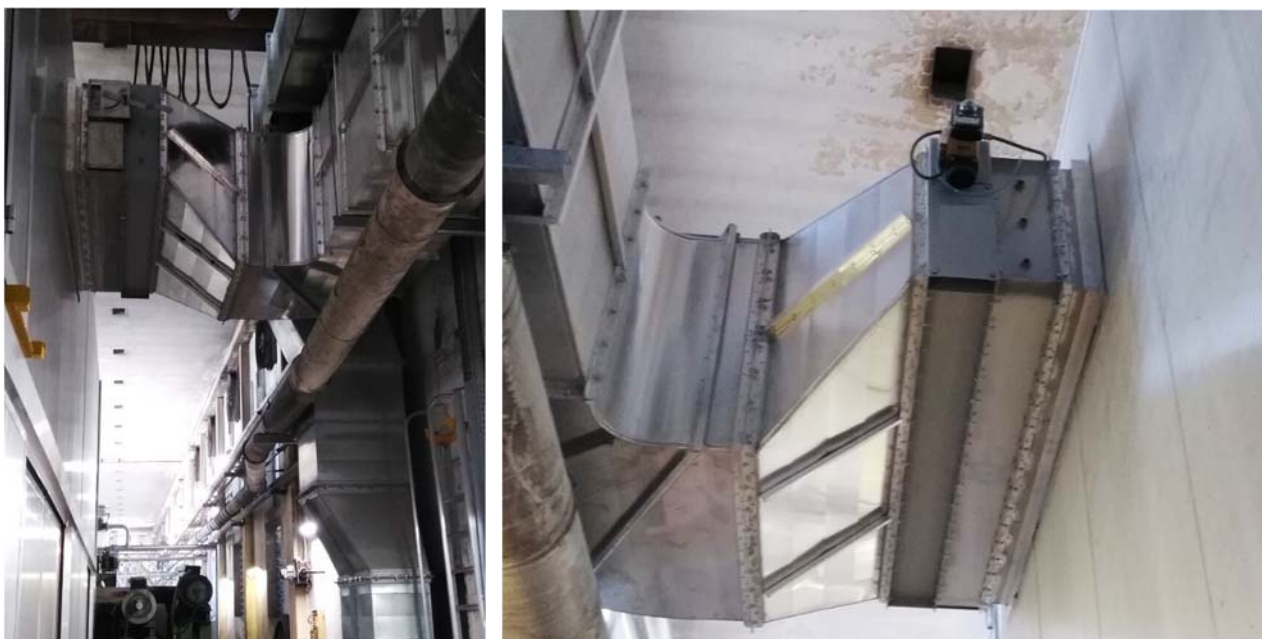
Un altro punto di efficienza energetica di una cappa è la progettazione degli elementi di copertura con controsoffitto. Questi elementi permettono l'estrazione dell'aria carica di umidità nel modo più efficiente possibile.

L'obiettivo principale di questi elementi è evitare la formazione all'interno della seccheria di zone dalle quali l'aria satura di umidità non viene estratta, creando problemi sia qualitativi che di efficienza energetica.

Una corretta progettazione di posizione e numero di elementi è il fattore principale.

Inoltre vengono spesso aggiunte nei punti di estrazione dell'aria delle aperture regolabili longitudinalmente o trasversalmente rispetto al senso di carta, che permettono di distribuire al meglio il flusso di aspirazione dell'aria lungo tutta la macchina continua.

Infine la scelta dei corretti materiali di costruzione, il dimensionamento di spessore e l'isolamento dei pannelli costituenti, permettono di lavorare con un elevato punto di rugiada, aumentando ulteriormente l'efficienza energetica del sistema.



## **SARACINESCHE ED ELEMENTI DI SICUREZZA**

In caso siano necessari interventi di manutenzione, quali guasti elettrici/meccanici o rotture/cambi tele essiccatrici, le cappe sono provviste di sistemi di saracinesche che garantiscono un facile e tempestivo accesso del personale dal lato servizio o lato trasmissione della continua.

Considerato gli ingombri delle parti costituenti la seccheria (le tele sono lunghe decine di metri, i cilindri, le raschie vanno cambiate frequentemente e con attenzione, i cilindri possono richiedere pulizia frequente), le saracinesche si estendono su tutta la lunghezza della cappa senza alcuna colonna intermedia che possa creare intralcio e impedire l'accesso.

Generalmente il lato servizio è provvisto di finestre lungo tutto il perimetro della cappa, permettendo di poter sempre visualizzare il processo e intervenire tempestivamente in caso di problemi quali rottura carta.

Le saracinesche generalmente possono essere alzate automaticamente tutte assieme, oppure a singolo settore lungo tutta la lunghezza della cappa, per ridurre la dispersione di calore in caso di piccoli e veloci interventi.



Oltre a questi benefici, le saracinesche garantiscono una elevata sicurezza del personale. Innanzitutto, una volta alzate permettono la veloce dispersione di aria surriscaldata verso la sala esterna, riducendo al minimo la possibilità di ustioni da parte degli operatori; inoltre riducono al minimo l'assimilazione di polveri da parte del personale dovute all'eventuale spolvero della carta. Infine grazie all'alta densità del pannello coibentato della struttura vibrazioni e rumore vengono molto attenuati.

Come ultimo aspetto di sicurezza, nella struttura che regola l'alzata o la discesa delle saracinesche, oltre ai vari motori con riduttore e corda d'acciaio di traino, viene installata un'ulteriore corda d'acciaio di sicurezza con impianto di sgancio indipendente, che interviene in caso di lacerazione o rottura della corda principale in fase di manovra.



Motore con riduttore per alzata/discesa.



Dispositivo blocco di sicurezza sulle saracinesche.

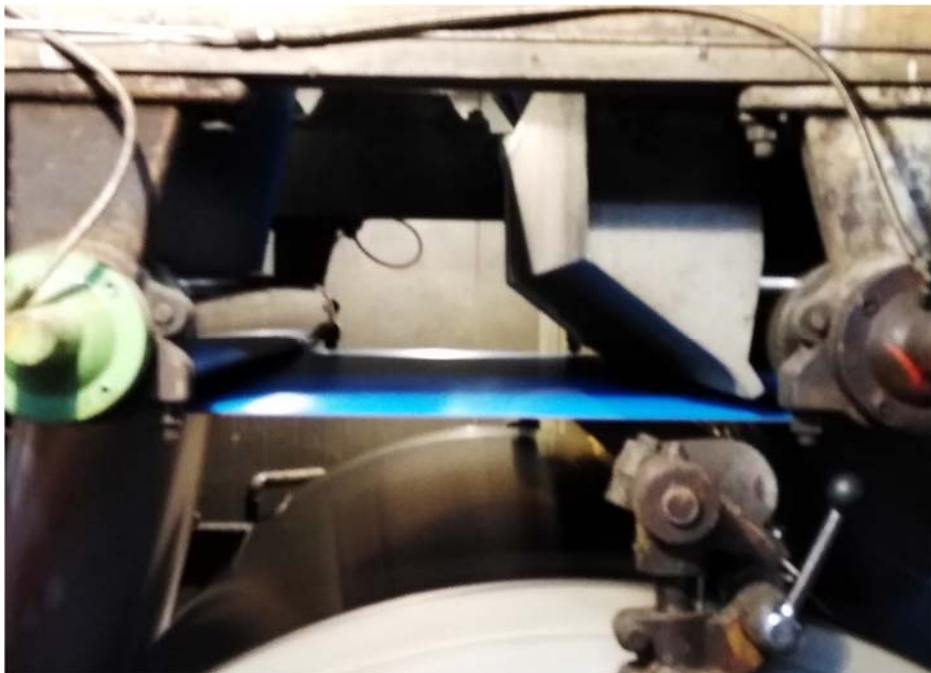
## 5. VENTILAZIONE FORZATA CON IMPIANTO AEROTERMICO

Gli impianti aerotermici sulla macchina continua per la produzione di carta hanno lo scopo di garantire la corretta ventilazione della seccheria e quindi condizionare l'ambiente nel quale avviene l'asciugamento della carta.

Come conseguenza, l'impianto aerotermico deve mantenere il corretto bilancio dei flussi d'aria in ingresso ed in uscita della cappa chiusa.

Il vapore acqueo evaporato dalla seccheria deve essere recuperato dal sistema di aspirazione delle fumane ed espulso dalla cappa verso l'esterno per evitare un'eccessiva concentrazione di umidità che limiterebbe la capacità e la resa della macchina continua.

L'impianto aerotermico, attraverso i sistemi di ventilazione, fornisce anche aria calda ai sistemi di stabilizzazione del profilo del foglio, oltre a garantire le corrette condizioni ambientali nella sala macchina per gli operatori.



Per incrementare e rendere più flessibile l'utilizzo dell'energia recuperata dall'aria di espulsione della cappa, negli impianti aerotermici vengono previsti dei recuperatori di calore di tipo aria/acqua.

Il riscaldamento di acqua per mezzo delle fumane permette una maggiore flessibilità nella distribuzione del calore recuperato, in quanto trattandosi di un circuito idraulico, la rete di trasporto risulta semplice ed economica.

Questa tipologia di impianto permette di ottenere dei grandi recuperi energetici, in base alla tipologia di cappa installata.

Gli scambiatori per il recupero dell'aria calda in eccesso all'interno delle seccherie, riutilizzano questa energia "in esubero" per la climatizzazione della sala macchina, mediante l'immissione dell'aria nel sottotetto, in maniera tale da eliminare le depressioni che si creano a causa delle ventole di estrazione dell'aria ambientale, ed evitare di conseguenza nebbie e/o punti di condensa/umidità nelle pareti della continua e dello stabilimento.

Una parte dell'aria immessa per la climatizzazione della sala attraverso il sottotetto viene estratta da grosse ventole di aspirazione poste all'esterno dello stabilimento, filtrata e mescolata all'aria esterna e immessa nuovamente in sala macchina con la temperatura adeguata per il giusto benessere degli operatori.





L'impianto aerotermico per poter fornire le massime prestazioni, un alto risparmio energetico e per aver il minor impatto ambientale necessita di una cappa di elevata efficienza in modo da far raggiungere alle fumane estratte un elevato contenuto energetico (82 °C-140 gr/kg) senza influire sulla capacità essiccante della macchina.

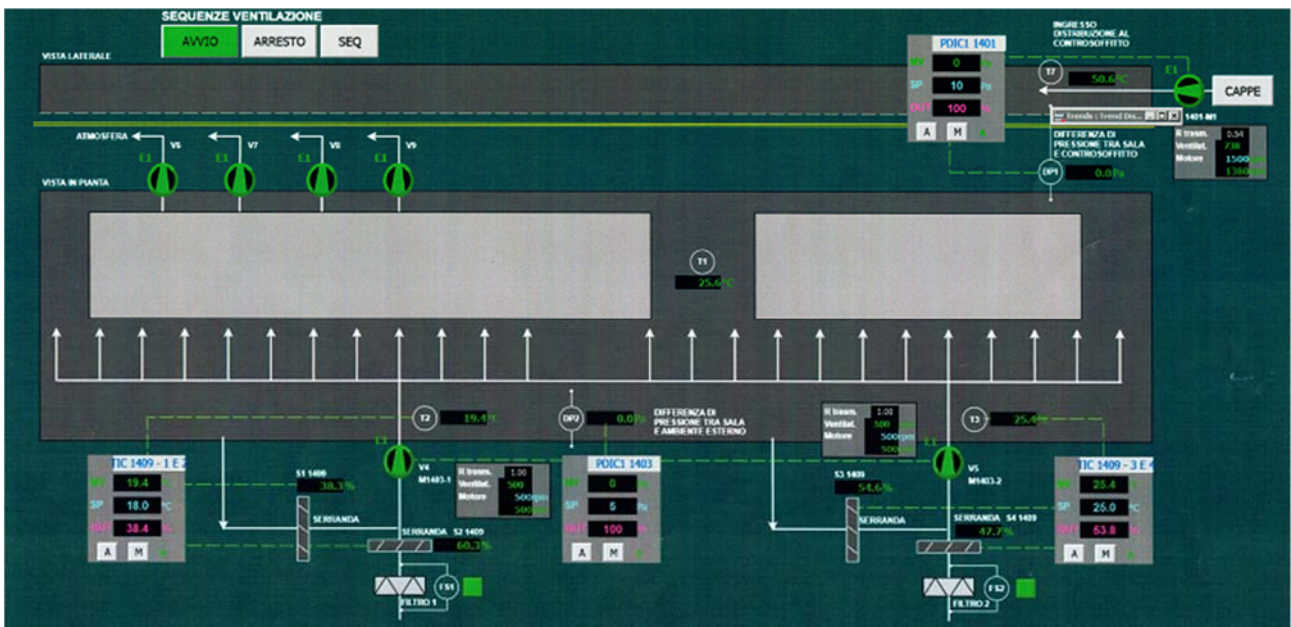
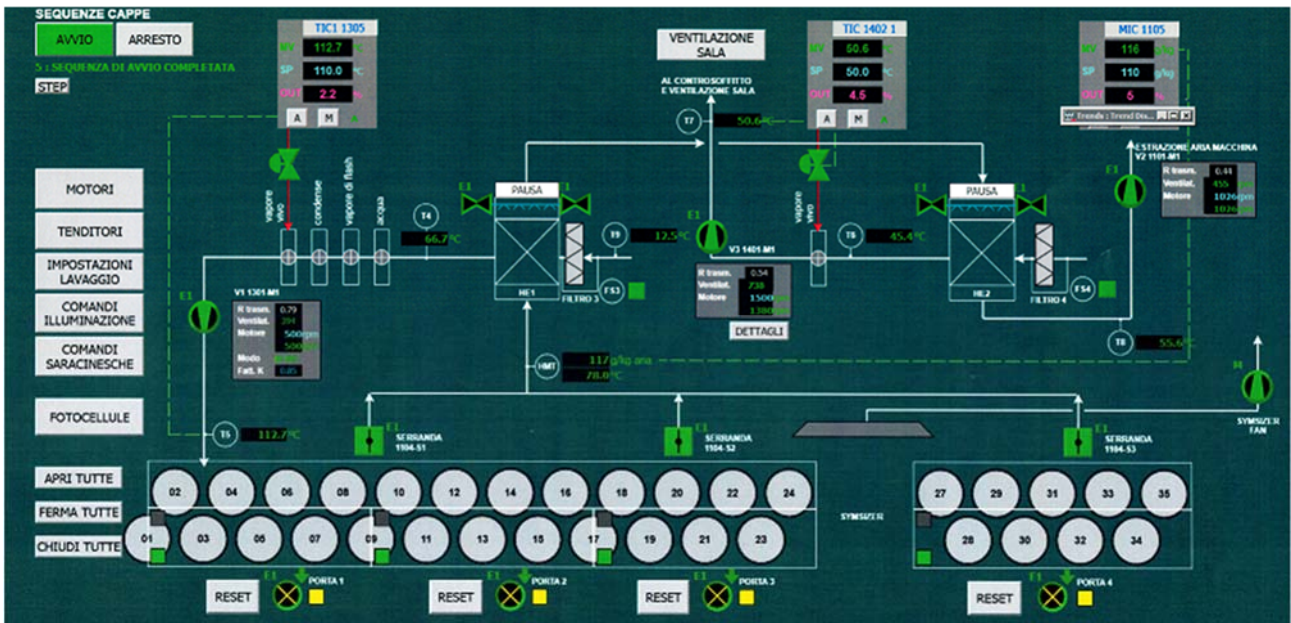
In questo modo l'energia estratta dalla seccheria può essere recuperata con il massimo rendimento.

Ciononostante il calore recuperato dalle fumane non è sufficiente per portare l'aria in ingresso alla seccheria alle condizioni ideali (aria surriscaldata a 110 °C)

Di conseguenza a seguito dello scambiatore di calore sono installati una serie di cascami termici provenienti dalla macchina continua (es. condense, vapore di flash etc), che permettono contemporaneamente il riscaldamento dell'aria e il recupero energetico. Solo in caso di estrema necessità, è prevista anche l'integrazione con vapore fresco di caldaia.

Questa impostazione con vari step di recupero di energia garantisce notevoli risparmi economici, e permetterà in futuro la riduzione delle quote di CO<sub>2</sub> assegnate agli impianti produttivi.

## CONTROLLO E REGOLAZIONI



L'impianto aerotermico a prima vista appare come molto complesso, ma grazie alla tecnologia moderna è facilmente controllabile dall'operatore attraverso un DCS.

La maggior parte del bilanciamento dei flussi della cappa è automatizzato, il che garantisce la maggior efficienza possibile in ogni condizione di utilizzo. Ciononostante all'operatore viene concessa la possibilità di effettuare piccole correzioni per adeguarsi ad eventuali repentini cambi fabbricazione, o a importanti variazioni di qualità prodotto.

## 6. PROGETTI DI RECUPERO FUTURI

A conferma dell'importanza dei sistemi di recupero energetico in cartiera, a seguito dell'installazione della nuova seccheria con relativa cappa e sistema di recupero del calore, l'azienda ha verificato un aumento di produttività di circa il 15%.

L'investimento, per quanto di notevole successo, ha aperto nuove possibilità di recupero energetico che andranno studiate nei prossimi anni:

1. il recupero della condensa e lavaggio delle fumane: l'acqua utilizzata per l'ultimo lavaggio delle fumane in scarico atmosferico viene attualmente in gran parte scaricata alla depurazione. Non può infatti essere utilizzata in quanto molto sporca. Le caratteristiche del refluo sono però molto interessanti (t 44,5 °C/ pH 7,5 / conducibilità 42,8 microsiemens), di conseguenza è in fase di studio un sistema di filtraggio per depurare e poi convogliare l'acqua in un silos di stoccaggio.

Gli impieghi attualmente ipotizzati sarebbero nella dissoluzione dei coloranti in polvere, dove attualmente si deve usare acqua di pozzo riscaldata con vapore, e nel condizionamento dei feltri umidi, dove la bassa viscosità dovuta alla temperatura del refluo garantirebbe una maggiore efficienza del sistema.

2. Riduzione dei tempi di accesso in seccheria:
  - a. Per quanto la nuova cappa sia dotata di sistemi di raffreddamento veloce in caso di necessità manutentive, sono comunque necessarie diverse ore di attesa prima di poter accedere alla cappa senza rischio di ustione per gli operatori.
  - b. Per ridurre questi tempi di attesa è in fase di studio l'installazione di uno scambiatore aria/aria che permetterà l'immissione repentina di aria fredda in seccheria velocizzando quindi il raffreddamento dei componenti strutturali.

## 7. BIBLIOGRAFIA

I materiali tecnici e le informazioni utilizzate per scrivere la tesi sono state fornite dalle seguenti società.

# FAVINI

