



REGIONE DEL VENETO

Esame di fine corso

Cod. Progetto 4262/2/668/2015 - Cod. Intervento 4262/004/636/DEC/22

Titolo: Tecnico per la gestione di impianti di produzione della carta

Sede del corso: Verona - VR - 37138 - Via Don Giovanni Minzoni, 50

Nuove cappe IR di patinatrice SM1 e PM4 Stabilimento SAPPI di Carmignano

di Zanconato Cristian



**Scuola Interregionale
di tecnologia per tecnici Cartari**

Istituto Salesiano «San Zeno» - Via Don Minzoni, 50 - 37138 Verona
fcs.istitutosalesianosanzeno.it - scuolacartaria@sanzeno.org

INDICE

1- INTRODUZIONE

- 1.1- Storia Sappi Group di Carmignano
- 1.2- Generalità impianto
- 1.3- Carte prodotte

2- SISTEMI DI ASCIUGAMENTO SM1

- 2.1- IR
- 2.2- Cappe ad aria
- 2.3- Seccheria

3- CAPPE IR

- 3.1- Fase preliminare installazione in SM1
- 3.2- Layout cappe IR di SM1
- 3.3- Differenze tra cappe SM1 e PM4
- 3.4- Difetti della patinatura per asciugamento non conforme

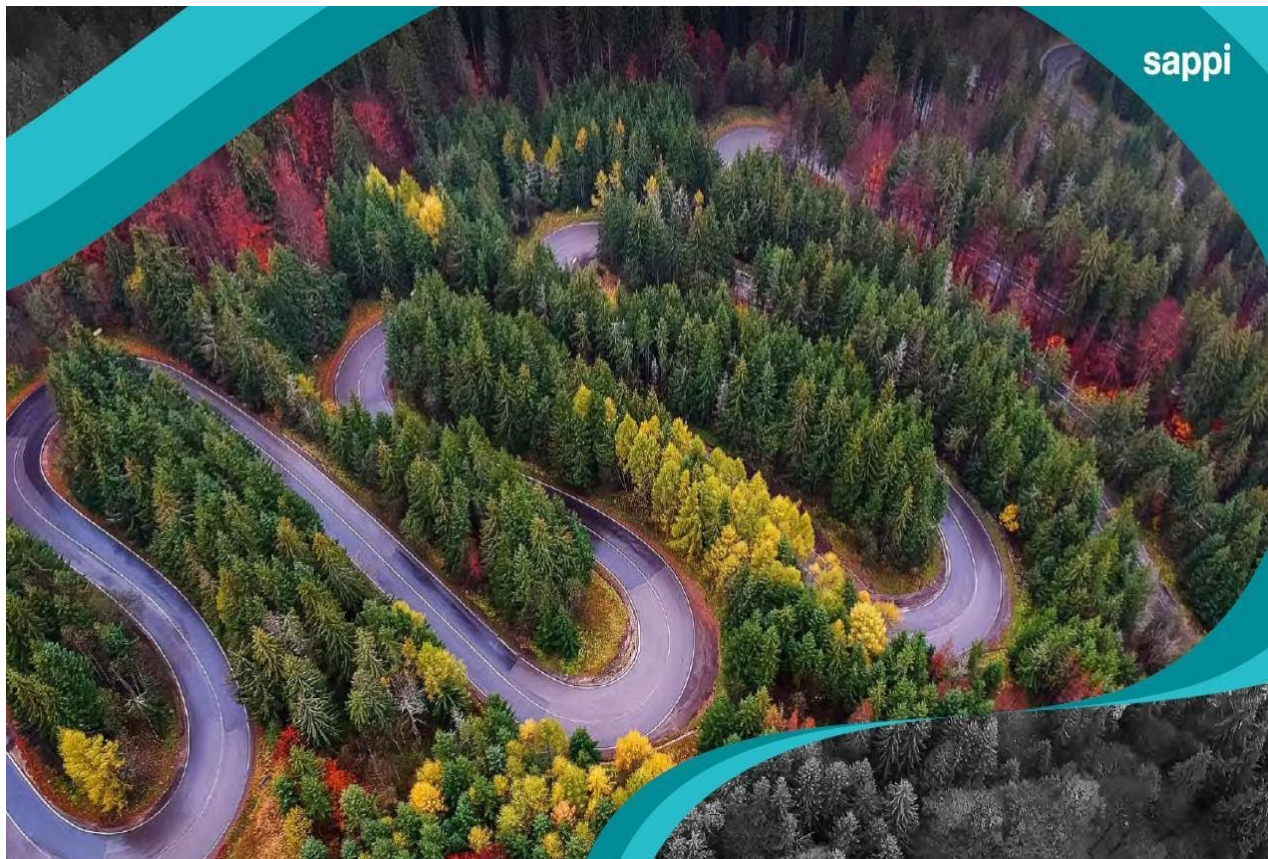
4- EFFICIENZA ENERGETICA

- 4.1- Sistema recupero ERS
- 4.2- Sistema recupero aria calda in pre-seccheria
- 4.3- Efficienza cappe (Riduzione consumi)

5- CONCLUSIONI

6- BIBLIOGRAFIA

1- INTRODUZIONE



In questa tesi voglio esporvi il nuovo investimento fatto per la patinatrice off-line (SM1) e macchina continua (PM4) dello stabilimento Sappi di Carmignano.

Da sempre l'uso della carta è visto come un segno di ecologia e sostenibilità essendo un prodotto di derivazione naturale e riciclabile, ma come sappiamo, la produzione comporta costi energetici importanti che si cerca di ridurre attraverso l'ammortamento tecnologico degli impianti.

Da sempre il gruppo Sappi si impegna a fare business con un occhio rivolto alla salvaguardia dell'ambiente, da cui attinge le materie prime e le risorse, senza le quali il settore cartario non potrebbe esistere.

Il gruppo Sappi ha aderito ad un progetto concordato dalle Nazioni Unite (ONU) chiamato SDG (sustainable development goals), che ha come scopo una serie di obiettivi interconnessi per ottenere un futuro migliore e sostenibile per tutti.



Immagine 1: rappresentazione dei SDG delle nazioni unite.

Uno dei temi principali su cui Sappi sta lavorando riguarda la riduzione delle emissioni di CO₂ a livello globale.

Nel sustainability report 2025 Sappi spiega che, la decarbonizzazione è uno degli obiettivi centrali della propria strategia assieme all'aumento dell'efficienza energetica e all'uso di energia rinnovabile e pulita.

A livello globale, il gruppo ha registrato nel 2025 una riduzione del 14,5% delle emissioni specifiche di gas serra rispetto al 2019, e ha confermato un obiettivo ancora più ambizioso per il 2030 ovvero la riduzione del 41,5% di emissioni specifiche per tonnellata di prodotto rispetto alla baseline 2019.

In Europa i risultati sono particolarmente significativi: il report evidenzia che questa area ha ottenuto ottimi progressi grazie a investimenti mirati nella decarbonizzazione, e la quota di energia rinnovabile e pulita ha raggiunto il 67.3% nel 2025.

La società non punta solamente sulla modernizzazione degli impianti ma, sensibilizza tutte le risorse umane del gruppo che attraverso i propri comportamenti e le abitudini di tutti i giorni fanno la differenza in ambito ambientale.

I costi energetici sono un tema che negli ultimi vent'anni è stato sotto osservazione costante nel mondo cartario. La discussione ha portato a modificare o sostituire anche interi impianti per fare crescere l'efficienza, che porta sia un risparmio economico sia allo stesso tempo un beneficio per l'ambiente.

In questo contesto, le nuove cappe a infrarossi assumono un ruolo concreto e importante, la loro installazione non contribuisce solo alla riduzione della CO₂, ma si inserisce in una strategia più ampia di sostenibilità che comprende il miglioramento dell'efficienza energetica, il risparmio delle risorse, la riduzione degli scarti, l'uso responsabile delle materie prime.

Questo dimostra che per Sappi la sostenibilità non riguarda un solo obiettivo, ma l'intero processo produttivo e il rapporto dell'azienda con l'ambiente.

In questo modo l'innovazione tecnica diventa anche uno strumento concreto di sostenibilità ambientale.

E' il caso dello stabilimento Sappi di Ehingen, dove sulla macchina di patinatura sono stati installati nuovi emettitori IR che hanno permesso di ridurre il consumo di gas naturale e di aumentare l'efficienza energetica di circa il 20%.

Nello stesso sito è stata installata anche una nuova cappa ad aria, che ha migliorato isolamento e flussi d'aria, consentendo risparmi di vapore ed elettricità.

Così anche a Carmignano si è deciso di installare un efficiente sistema di asciugamento della patina applicata al supporto, tramite la sostituzione delle cappe ad infrarossi sia in macchina continua che in patinatrice per avere un risultato finale ottimale consumando meno gas metano.



1.1- STORIA SAPPI GROUP DI CARMIGNANO

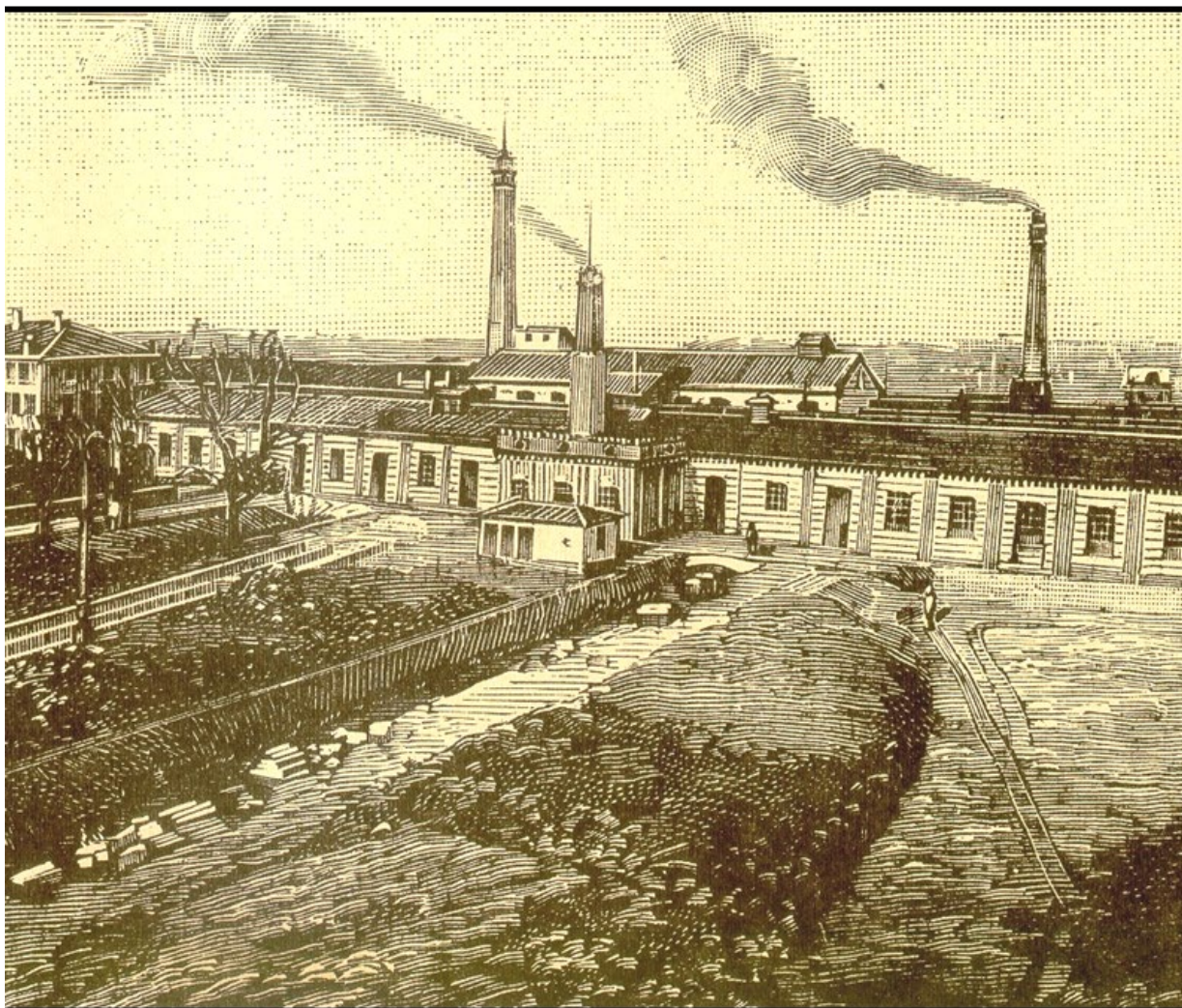


Immagine 2: Cartiera di Carmignano (PD), primi del '900.



Immagine 3: Stabilimento Sappi di Carmignano - oggi.

La cartiera Sappi di Carmignano vanta una storia centenaria essendo stata fondata nel 1877 da Lanaro G. & Co. e subito dopo nel 1883 acquistata da un'azienda svizzera, la Holzstoff AG con sede a Basilea.

La proprietà svizzera acquistò nel 1985, lo stabilimento di Condino (TN) per ottenere un'altra porzione di mercato con tipi di carte differenti.

Nel 1993 passò ad un'altra proprietà elvetica, la Papierfabriken Cham-Tenero che nel 2009 da Cartiera di Carmignano cambiò il nome dello stabilimento in Cham Paper Group Italia Spa.

L'ultimo cambio di proprietà è avvenuto nel 2018 quando subentrò la multinazionale sudafricana Sappi Spa.

Nel 2022 il gruppo ha investito, installando una centrale termica di cogenerazione per produrre energia elettrica partendo dal gas metano, e con i fumi caldi di scarico della turbina, riscaldare l'acqua presente in caldaia producendo vapore riducendo così le emissioni di carbonio e rifiuti di discarica.

Nel 2023 è stato portato a termine il progetto “Palladio” che consiste, nella costruzione di un nuovo capannone che funge da magazzino per lo stoccaggio del prodotto finito, e da contenitore di due nuove bobinatrici per plotter e maxi plotter, di cui una completa di imballo finale.

1.2-GENERALITÀ IMPIANTO

La cartiera di Sappi Carmignano è una cartiera non integrata che produce circa 100.000 tonnellate di carta all'anno con l'impiego di 180 addetti alla produzione a ciclo continuo 4+2 e 70 tra area management e ricerca e sviluppo.

Il cuore dell'impianto sono le due macchine continue con patinatura on-line e soft calandra on-line:

- Pm4 con una larghezza di formato di 340 cm e velocità max di 800 m/min;
- Pm6 con larghezza formato di 330 cm e velocità max 560 m/min.

È presente una patinatrice off-line (SM1) con formato max di 352 cm e velocità max di 1200 m/min.

Da pochi anni abbiamo implementato la tecnologia in preparazione impasti rendendo automatica la raffinazione.

La parte di finishing è composta da:

- 3 bobinatrici;
- 1 super calandra;
- 2 ribobinatrici;
- 1 imballo rotoli automatico;
- 3 plotter machine (di cui due installate nel 2025).

Come tutti gli impianti abbiamo un circuito di trattamento acque composto da:

- 2 sedimentatori;
- 1 equalizzatore;
- 1 flottatore chimico-fisico;
- 1 impianto biologico con 2 vasche di ossidazione;
- 1 estrusore per solidificare i fanghi togliendo l'acqua;
- 1 essiccatore per disidratare e ispessire il fango rendendolo solido.

1.3-CARTE PRODOTTE

L'azienda ha un portfolio di carte ampio, che va a ricoprire l'ambito dell'imballaggio flessibile alimentare e non.

Siamo presenti nel settore dell'imballaggio del tabacco, in quello delle etichette con colla a freddo, autoadesive, stampate tal quali o dopo essere state metallizzate per il settore degli alcolici e superalcolici e come barriera contro gli oli vegetali.

Produciamo anche carte per il release liner, carta trattata con siliconi per avere una superficie antiaderente in modo da staccare il "foglio protettivo" dalla superficie adesiva senza rovinarla. Dal 2015 produciamo carte transjet per il digital imaging, impiegate nel settore tessile per la stampa tramite sublimazione, carte inkjet per la stampa a getto di inchiostro di alta qualità per applicazioni interne ed esterne e per la stampa a plotter utilizzata ad esempio negli studi di ingegneria e uffici tecnici.

Nel 2020 abbiamo installato un impianto per la produzione di MFC, micro cellulosa fibrillata, ovvero il risultato di una raffinazione meccanica che rende le fibrille di dimensioni tra 0.1-1 micron.

In cartiera viene utilizzata in massa come additivo per migliorare le proprietà meccaniche.

Viene venduta esternamente come modificatore reologico, con il nome commerciale di Valida L.

Dal 2024 produciamo un gruppo di carte medicali per sterilizzazione.

Categorie prodotti:

- C1S (coated one side- patinata su un lato) → per imballaggio flessibile
- C 1S e C 2S (coated two sides- patinata entrambi i lati) → per etichette autoadesive
- C 1S e C 2S carta base per etichette a colla a freddo
- C 1S e C 2S carta base per metallizzazione
- carte inkjet per inchiostri sublimatici
- carte inkjet per stampa a getto d'inchiostro a base acqua, latex, solvente e UV
- carte medicali.



Immagine 4: Esempi di usi della nostra carta

2-SISTEMI DI ASCIUGAMENTO SM1

Nell'industria cartaria una delle fasi cruciali della produzione è l'asciugamento, questa fase riguarda il supporto naturale e le carte patinate dove tramite l'applicazione della patina si ha una riuniformazione del foglio.

Per le carte speciali che produciamo il sistema di asciugamento, sia in macchina continua che in patinatrice, è fondamentale per garantire gli standard di qualità che i nostri clienti ci richiedono, soprattutto nell'ambito alimentare e della stampa.

Usiamo tre diversi sistemi di asciugatura:

- per irraggiamento (cappe infrarosso);
- per contatto (cilindri essiccatori);
- per convezione (cappe ad aria).

2.1-INFRAROSSI



Immagine 1: Cappa ad infrarossi

Un ruolo cruciale lo svolgono le cappe ad infrarosso che lavorano per irraggiamento, applicando un calore altissimo alla carta senza toccarla con l'aggiunta di aria calda, che si genera insufflandola a temperatura ambiente o pre riscaldandola e a contatto con le radiazioni infrarossi raggiunge temperature elevate contribuendo all'asciugamento.

Gli infrarossi sono onde elettromagnetiche emesse da tutti i corpi con temperatura superiore allo zero, queste onde trasportano energia sotto forma di calore senza bisogno di un materiale che fa da conduttore.

Questo calore attraversa la carta in ogni suo punto, la radiazione viene assorbita dall'acqua e in parte dai pigmenti e dai leganti.

Le cappe ir sono poste appena dopo la testa di patinatura a circa 0,8-1,2 metri, questa distanza viene calcolata tenuto conto di parametri come:

- velocità della macchina;
- reologia delle patine;
- tipologia di applicazione della testa di patinatura.

Sono il primo passaggio di asciugatura e devono immobilizzare lo strato di coating applicato, Questa fase di asciugamento deve avvenire in maniera uniforme tenendo in considerazione la viscosità e la quantità di acqua presente, nonché il tempo che ci mette il supporto dall'applicazione della patina ad arrivare al calore emesso dalle cappe.

Oltre a influire nella qualità finale della carta, servono a mantenere la macchina pulita fissando immediatamente la patina permettono di mantenere puliti le restanti parti della struttura come cilindri, tele e cappe ad aria.

Fondamentale è la regolazione delle cappe che con le ultime tecnologie è settoriale quindi gestibile a zone e a varie potenze.

Le cappe ad infrarosso possono essere elettriche oppure alimentate da gas metano, la scelta della tipologia di alimentazione viene fatta in base ai costi della materia prima e alle strutture di produzione energetica dell'impianto, ad esempio se si ha una centrale che produce energia elettrica o in base alla struttura già esistente di linee di tubi di approvvigionamento.

Noi a Carmignano abbiamo optato per l'alimentazione a gas dettata dal fatto che le cappe precedenti erano alimentate in questo modo quindi, avevamo già una base di tubazioni esistente dove siamo partiti implementandola per il nuovo investimento, inoltre la nostra centrale di cogenerazione con l'aggiunta di un sistema IR di tipo elettrico, non sarebbe riuscita a sostenerne il consumo.

2.2- CAPPE AD ARIA

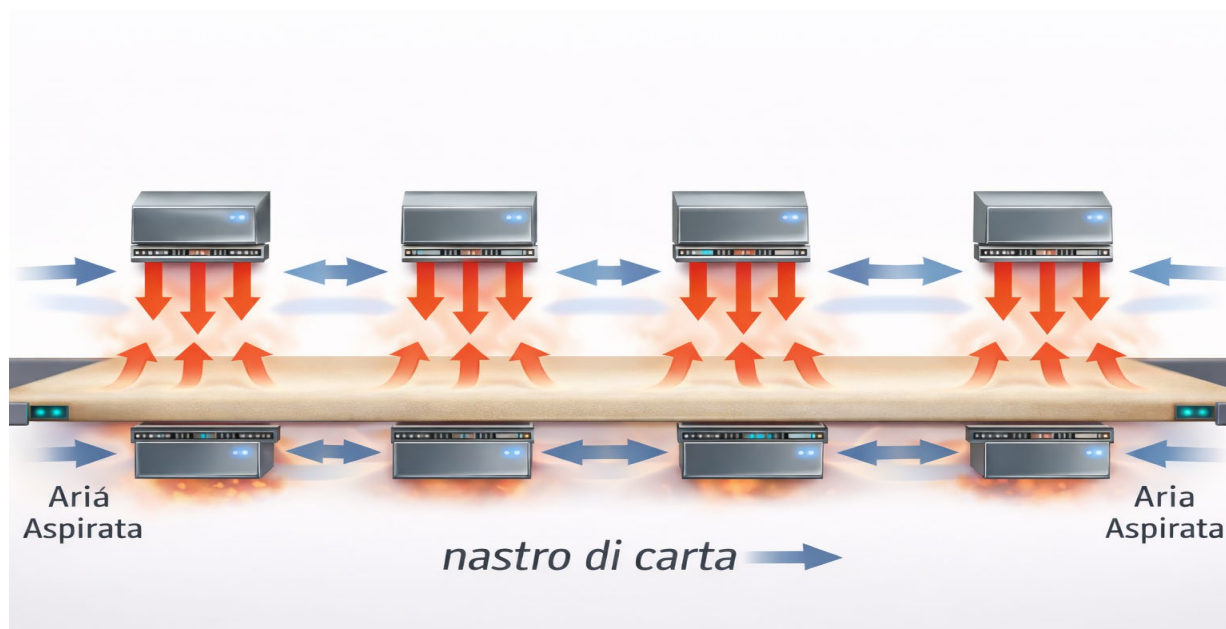


Immagine 2: Cicli dell'aria in una cappa ad aria

Un altro sistema di asciugamento utilizzato è per convezione, ovvero facendo passare dell'aria molto calda sul foglio in modo da favorire l'evaporazione dell'acqua.

Il calore viene trasmesso, come con le cappe IR, in maniera indiretta senza contatto fisico con la carta.

Sulla patinatrice sono presenti due cappe ad aria BMB, complete di impianto di riscaldamento a gas e ventilatori di circolazione e scarico di combustione.

Ogni coppia è alimentata con un unico impianto di riscaldamento e un unico circuito dell'aria di essiccamento.

L'apertura della cappa superiore avviene grazie a dei verricelli che la sollevano.

Le cappe ad aria calda sono costituite normalmente in lamiera e l'aria riscaldata viene convogliata attraverso canalizzazioni verso il foglio in movimento.

Il foglio passa in prossimità di soffiatori trasversali di aria calda con orientamento del getto, che hanno la funzione di asciugamento e di sostegno della carta creando un cuscino d'aria.

Quando la carta passa tra questi soffiatori, assume una direzione sinusoidale senza però toccare in nessun punto.

Il fatto che la carta assuma questo movimento sinusoidale è estremamente vantaggioso perché aumenta il tempo di contatto aria calda/foglio e conferisce alla carta una certa rigidità rendendo difficile la generazione di pieghe, arricciamenti dei bordi e crepe.

Vengono usate con un range di temperatura che varia dagli 80 ai 250°C, inferiore a 80°C può causare condense.

2.3- SECCHERIA

I cilindri essiccatori costituiscono la parte finale dell'asciugamento, questi estraggono per evaporazione l'ultima quantità di umidità rimasta nel foglio fino a raggiungere il 3-5% di umidità finale.

Per ogni testa di patinatura troviamo una batteria di cilindri essiccatori, alimentati da un impianto vapore a 3 bar, ciascuna con giro tela superiore per garantire un miglior contatto tra carta e cilindri riscaldati e per migliorare lo scambio termico.

Il vapore entrante nei cilindri essiccatori, condensando sulla parete interna, cede il calore alla carta attraversando la parete del cilindro.

La condensa formatasi viene rimossa grazie a un sifone rotante la cui bocca d'aspirazione è distante 1.6mm dalla parete interna e mandata a un separatore vapore-condensa.

I cilindri sono in ghisa, un materiale resistente e con buona capacità di trasmissione del calore, sono ricoperti da un mantello cromato e vengono mantenuti puliti da una raschia.

3 - CAPPE IR

3.1-FASE PRELIMINARE INSTALLAZIONE IN SM1

L'installazione delle nuove cappe IR in SM1 è avvenuta a seguito di uno studio fatto con il fornitore e a seguito dell'installazione della stessa tecnologia anche in PM4.

La ditta fornitrice ha effettuato delle analisi del processo di asciugatura rilevando i consumi di gas ed energia elettrica (ventilatori-motori-sistemi di controllo PLC-valvole e attuatori), prendendo come riferimento due delle tipologie di carte che vengono lavorate maggiormente e con valori di lavoro diversi.

È stata esaminata una digital paper, dove si danno due strati di patina diversi (pre e top) per un totale di 12 g/m² in due volte, usando una testa di patinatura alla volta, e una carta barriera alimentare bipatinata, in un solo passaggio con due teste che applicano 14 g/m² tra patina da stampa e una soluzione che dà proprietà termo saldanti e barrieranti quindi due carte completamente diverse, questo per vedere il comportamento degli elementi essiccanti in qualsiasi situazione.

I parametri presi in considerazione oltre ai consumi sono stati:

- Temperatura trasversale della carta all'uscita di ogni sistema di asciugamento, fuori ogni elemento essiccante, questo dà l'idea di quanta acqua sto togliendo dato che meno acqua ho nel foglio più la temperatura sale. Trasversalmente riesco a capire se l'umidità è uguale in tutte le parti del foglio quindi è un'indicazione se sto patinando correttamente.
- Umidità, ovvero i valori all'uscita da ogni elemento essiccante, in modo da capire se si riesce a togliere più acqua nei punti dove ho meno consumo e se questo mi crea difetti.

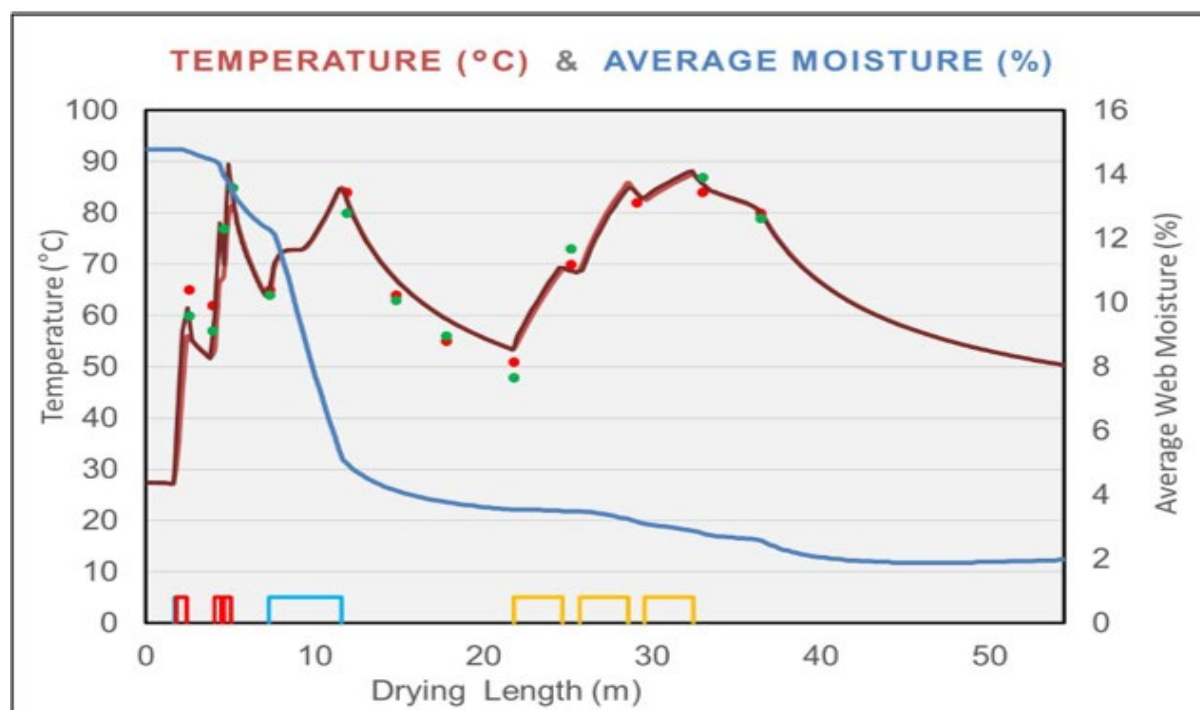


Grafico 1: Nel grafico sono indicate le curve di temperatura e umidità del foglio in correlazione ai vari elementi ovvero in rosso le cappe IR, in azzurro le cappe ad aria e in giallo i cilindri essiccatori. La linea blu rappresenta la curva di umidità mentre la linea rossa evidenzia la temperatura della carta in ogni suo passaggio.

Esempio di tabella consumi rilevati/proiezione futura

	BARRIERA	DIGITAL PRE	DIGITAL TOP	
Evaporazione	444	479	448	Kg/h/m
Potenza	3.265	2.539	2.440	kW/giorno
Potenza specifica	2,23	1,56	1,6	kWh/kg
Potenza futura	2.494	1.876	1.807	kW/giorno
potenza specifica futura	1,7	1,15	1,19	kWh/kg
Risparmio futuro	24	26	26	%

La **potenza specifica** serve per capire quanto intensamente viene distribuita l'energia in una determinata grandezza in questo caso per kg di carta.

Per trovare la potenza specifica hanno preso l'evaporazione 444 kg/h/m e l'hanno trasformata in kg/h facendo:

vaporazione in kg/h/m *larghezza formato → $444 \text{ kg/h/m} * 3,3\text{m} = 1465 \text{ kg/h}$

Poi hanno applicato la formula

potenza specifica = potenza (kW)/evaporazione (kg/h) = $3265/1465 = 2,23 \text{ kWh/kg}$

Per misurare l'**evaporazione** hanno applicato la formula:

portata patina* %acqua

Portata patina significa la quantità di coating applicata sulla carta in un determinato tempo (kg/h/m).

La % di acqua è quanta acqua devo togliere per asciugare.

Questi valori di risparmio il fornitore ha potuto determinarli considerando i valori che fornivano le cappe installate precedentemente in macchina continua già in loro possesso e sui componenti e materiali innovativi di cui sono composte le nuove tecnologie come emettitori, ventilatori, motori e riflettori.

Il costruttore garantisce un risparmio di gas totale a pieno regime che va dal 23 al 30 % con un errore del +/- 3%.

3.2-LAYOUT CAPPE IR DI SM1

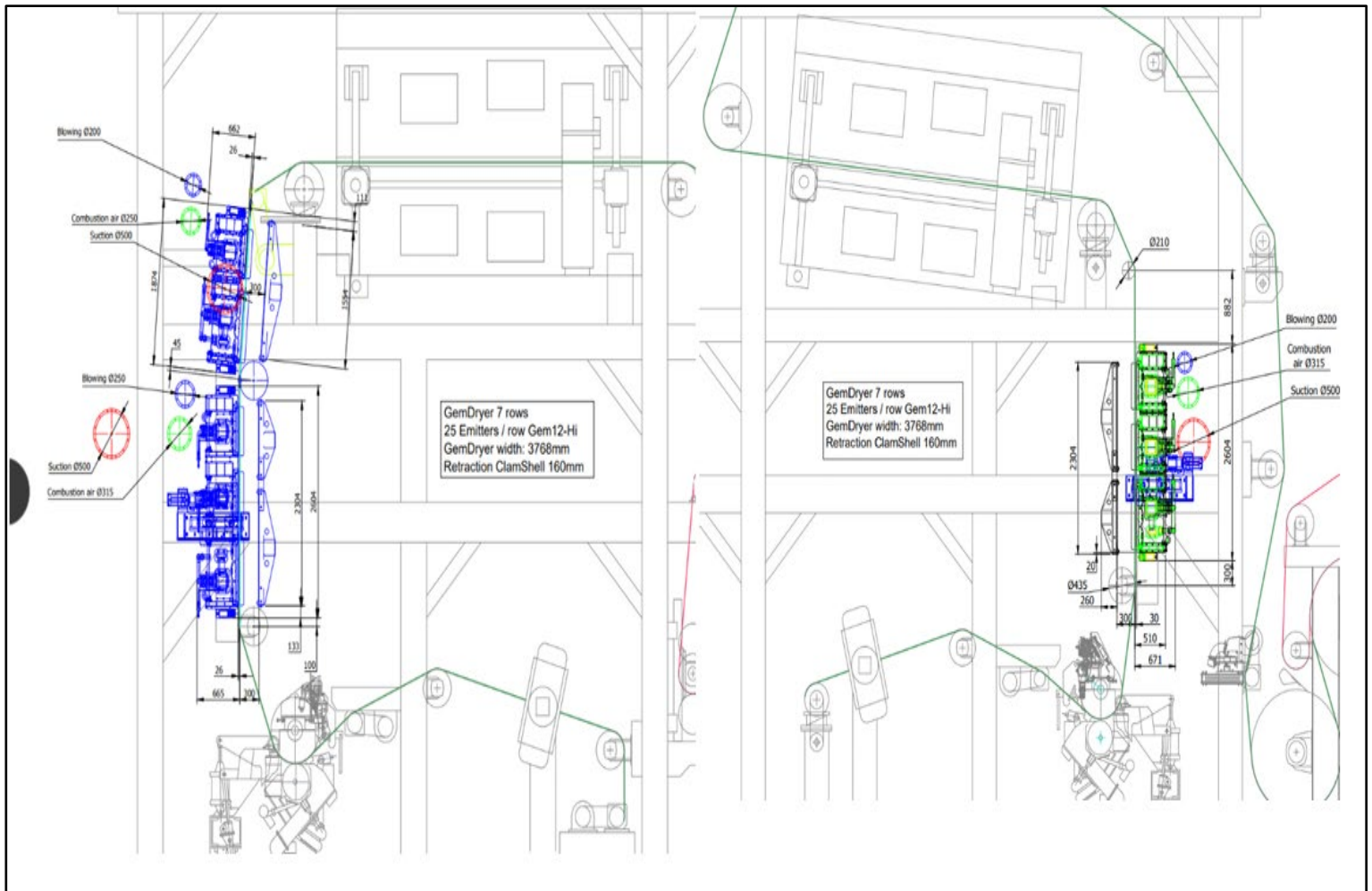


Immagine 1: schema di layout zona cappe IR di patinatrice

Guardando l'immagine si vedono:

- verso destra si vede la cappa, colorata con i colori verde-giallo-blu, sopra al patinatore e i riflettori con la forma a “triangolo” posti davanti alla cappa;
- verso sinistra si vedono due cappe ovvero una più alta e leggermente inclinata e una appena sopra al pattinatore dritta, la cappa più alta non è stata installata perchè è un progetto futuro mentre quella sotto è quella di cui vi sto parlando.
- nella parte centrale superiore, ci sono due rettangoli che rappresentano le cappe ad aria, poste subito dopo ogni IR.

Dati sulla potenza di ogni cappa:

- potenza max 2100 kW
- potenza max di utilizzo di processo 1837 kW
- potere calorifico gas 10 kWh/Nm³
- consumo max di gas 183 m³/h

Le nostre cappe IR sono formate principalmente da tre aree:

- **carcassa metallica;**
- **circuito del gas + aria di combustione;**
- **circuito insufflaggio e aspirazione aria di ricircolo.**

CARCASSA METALLICA

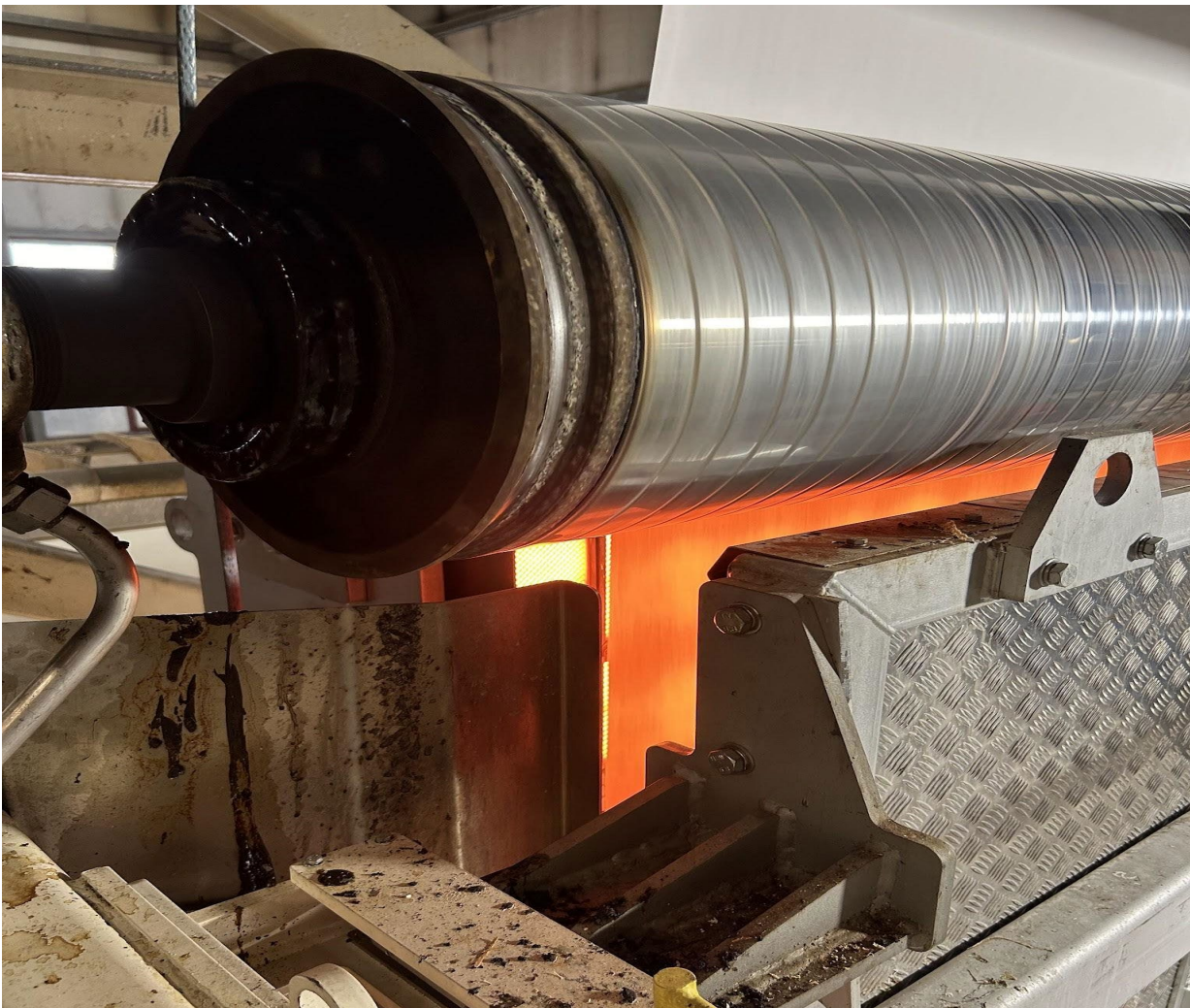


Immagine 2: si nota la carta che attraversa la cappa IR

Il pannello metallico è alto 2.4 metri e largo 3.76 metri con una larghezza di irradiazione di 3.57 metri, noi come formato max interno arriviamo a 3.40 m mentre con alcuni rotoli che patiniamo da Sappi Condino arriviamo a 3.52 m.

È composto da:

- 7 file di emettitori suddivise in 3 zone, 3 file nella prima zona e 2 file per la seconda e terza zona.

In totale sono 25 per fila quindi 175 per cappa.

- ugelli Coanda per insufflare e aspirare l'aria posti sopra/sotto gli emettitori con relative tubazioni nel retro della cappa;
- sistema di accensione a 2 elettrodi su un lato e sull'altro sensori di avvenuta accensione;
- pirometri posti all'uscita della cappa per misurare la temperatura del foglio;
- riflettore, posto di fronte.

EMETTITORI

Il termine Gemdryer deriva dal disegno caratteristico di questi emettitori formati da un reticolo che ha delle sfaccettature che ricordano una gemma.

Questi componenti sono formati da una base di metallo che regge temperature elevate senza deformarsi e all'interno contengono dei reticoli, la parte che si "infiama" e che produce gli infrarossi.

I reticoli in passato erano di ceramica ma sono stati sostituiti con le nuove tecnologie in fibra metallica sinterizzata ovvero una fibra ricavata

dal metallo "raschiato", si ricavano delle fibre di diametro 10-50 micron, che vanno stese su un piano formando una specie di feltro più uniforme possibile, questo passaggio dà il disegno finale dei reticoli.

Poi avviene la parte fondamentale cioè la sinterizzazione ovvero viene scaldato il tutto in un forno a temperature quasi di fusione dove le fibre, si ammorbidiscono e si saldano tra di loro creando dei ponti metallurgici, poi dopo essere stato raffreddato vengono compressi per ottenere lo spessore desiderato.



La caratteristica fondamentale degli emettitori sta nella porosità dei reticoli, cioè la dimensione dello spazio vuoto presente tra le fibre, che condiziona la velocità del passaggio della miscela aria/gas influenzando la stabilità della fiamma.

Per esempio:

- se i pori sono troppo grandi la miscela passa troppo velocemente e la fiamma rischia di staccarsi dal reticolo,
- se i pori sono troppo piccoli la miscela fa fatica a passare e torna indietro provocando lo spegnimento dell'emettitore.

Con una porosità controllata si è sicuri che la miscela aria/gas arriva uniformemente e che quindi ogni parte dell'emettitore ha la stessa temperatura e quindi che il foglio venga asciugato in ogni suo punto evitando fasce di umidità.

La temperatura massima che raggiungono è di 1250 °C.

UGELLI ARIA

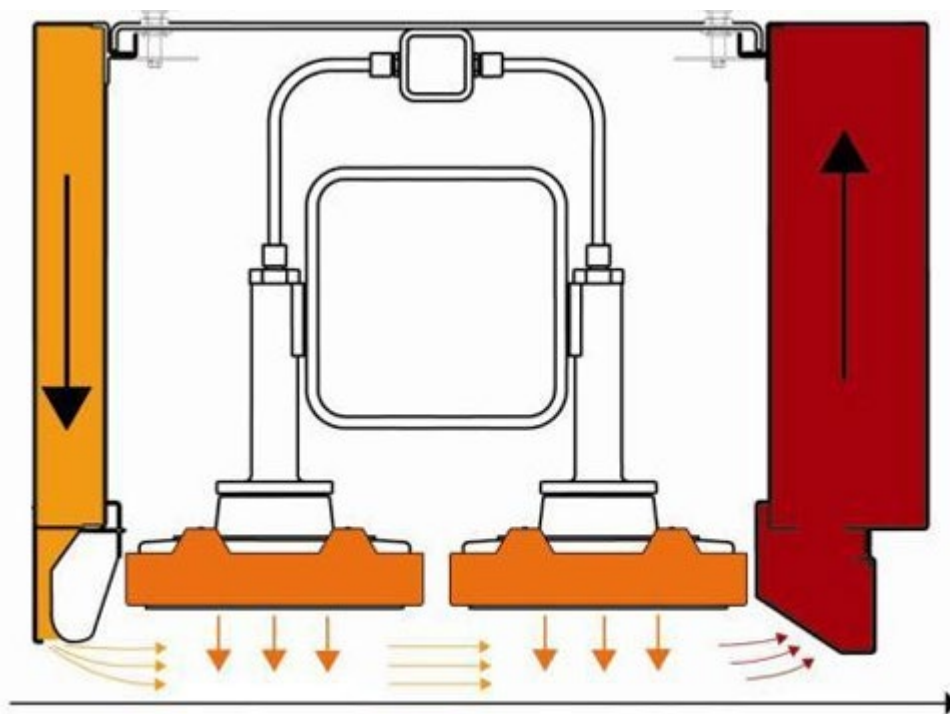


Immagine 3: flussi d'aria generati attorno agli emettitori

Questi ugelli svolgono un ruolo fondamentale, affinché la potenza di asciugatura degli infrarossi esprima la massima efficienza.

Quando le radiazioni colpiscono la carta l'acqua contenuta al suo interno si scalda fino ad evaporare, cosa che noi vogliamo, ma questo velo di umidità che si forma tra la cappa e il foglio è deleterio. Questa barriera di umidità viene eliminata tramite l'insufflaggio e l'aspirazione di aria da parte degli ugelli.

L'ugello è formato da una camera dove arriva l'aria che viene convogliata in uno slot molto stretto formando un getto sottile e veloce, questo slot non è dritto ma leggermente inclinato in modo che il getto non sia perpendicolare per evitare problemi di "sbandieramento" del foglio. Per evitare la fluttuazione del foglio, se l'ugello fosse dritto, avremmo bisogno di un getto di aria contrapposta come avviene nelle cappe ad aria per bilanciare l'andamento del foglio.

Il getto di aria rompe questo velo di umidità ed essendo inclinato lo direziona verso altri punti che aspirano, portando via il vapore come vediamo nel disegno qui sopra.

Quindi c'è un ricircolo dell'aria in modo da mantenere il livello di umidità controllato e allo stesso tempo, dare una mano nell'asciugamento agli emettitori dato che l'aria che esce dagli ugelli viene scaldata in questo passaggio dalle radiazioni, creando anche un asciugamento per convezione.

Questo cuscinetto d'aria permette il recupero del calore non utilizzato o "esausto" e permette di recuperarlo nelle cappe ad aria, oltre che ad espellere i fumi di combustione che si generano all'accensione, valori molto bassi.

SISTEMA ACCENSIONE FIAMMA

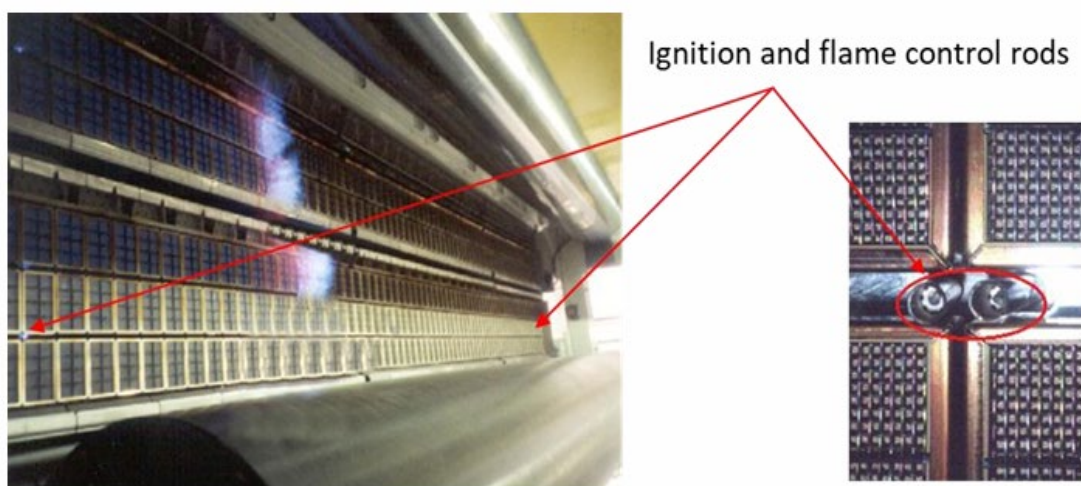


Immagine 4: elettrodi di accensione e controllo fiamma

L'accensione della fiamma avviene tramite un sistema ad elettrodi.

È presente un trasformatore o modulo di accensione che fornisce l'alta tensione per creare un arco elettrico tra gli elettrodi, posizionati vicino ai bruciatori.

Si forma una scintilla che a contatto con il gas innesca la fiamma accendendo la fila di bruciatori.

La fiamma che contiene ioni positivi ed elettroni liberi generati dalla combustione, diventa conduttiva quindi crea un ponte elettrico tra i due elettrodi che sentono questa corrente, tipicamente molto bassa tra i 2 e i 10 microampere, e permette al sistema di capire se gli emettitori sono tutti accesi dato che ci sono altri elettrodi posti alla fine della fila.

Se gli elettrodi in inizio e fine della fila sentono questa micro corrente, il sistema tiene aperte le valvole del gas mentre se i sensori finali non sentono la corrente significa che non tutti gli emettitori sono accesi e quindi scatta la sicurezza chiudendo le valvole.

E' presente una BCU (burner control unit), che controlla l'accensione e che se la prima non ha avuto successo lancia un secondo tentativo entro 10 secondi.

Questo sistema è molto utile perché evita accensioni errate e quindi asciugamenti della carta non conformi aiutando l'operatore nel processo.

PIROMETRI



Immagine 5: pirometri posti alla fine della cappa

Come possiamo notare dall'immagine, sono presenti tre rilevatori di temperatura detti pirometri, nella parte superiore della carcassa.

Rilevano la temperatura della carta in uscita dalla cappa fornendo un parametro fondamentale per la regolazione della cappa stessa, e dà un'indicazione per i sistemi di asciugamento successivi.

Ci dà informazioni sull'efficienza del sistema ed evita possibili difetti come bruciature, macchie o arricciamenti.

RIFLETTORI

I riflettori sono dei pannelli di acciaio inox molto robusti con superficie molto liscia e a specchio posti davanti alle cappe.

Hanno circa la stessa dimensione della cappa e hanno molteplici caratteristiche:

- acciaio inox: per prevenire eventuali degradi del materiale dovuti a chiazze di patina, che potrebbe perdere il foglio in corsa o in una rottura o per eventuali perdite di acqua che andrebbero a creare ruggine.
- spessore: sono molto robusti perché devono reggere temperature molto elevate e non possono deformarsi dato che la parte interna lucida serve a riflettere gli IR verso la carta;
- lucidità: come detto in precedenza internamente sono lucidi perché devono riflettere le radiazioni che hanno attraversato la carta, rimbalzandole verso di essa contribuendo all'efficienza.

Hanno il compito di riflessione ma anche di protezione delle zone circostanti, dato che trattengono il calore in modo da evitare surriscaldamenti o deformazioni di altre parti della patinatrice oltre che a proteggere gli operatori da temperature elevate.

Inutile dire che svolgono anche un buon lavoro riguardo alla riduzione dei consumi aumentando l'efficienza energetica:

- rimandano verso la carta una parte della radiazione, prodotta dagli IR, che altrimenti andrebbe persa nella cappa. Per questo molti emettitori industriali usano riflettori dorati o ad alta riflettività per concentrare la radiazione sul prodotto;
- aiutano a distribuire la radiazione in modo più regolare sulla larghezza macchina. Insieme alla regolazione a zone degli emettitori, contribuiscono alla correzione del profilo di umidità del foglio;
- se la radiazione IR non viene riflessa verso la carta, scalda inutilmente supporti, carter, cablaggi e pareti interne. Il riflettore quindi riduce le perdite e protegge anche la struttura.

Sono dotati di un sistema meccanico di allontanamento, che serve a creare spazio per la manutenzione o per togliere eventuali fogliacci incastrati.

PANNELLO CONTROLLO

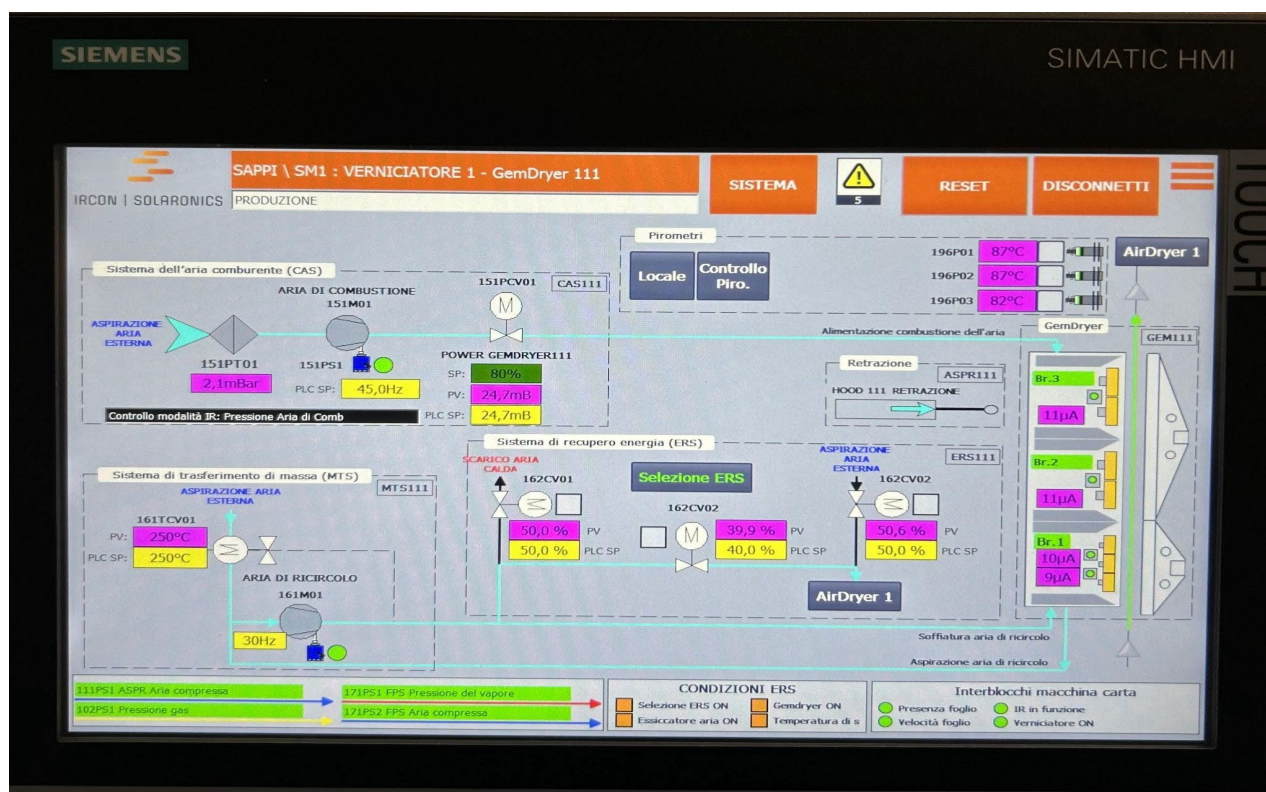


Immagine 6: pannello di controllo touch screen in control room

Nella foto è rappresentato il pannello touch screen, situato nella control room, da cui si può accendere e spegnere ogni singola cappa e modificarne la potenza o attivare il sistema recupero ERS.

Come possiamo vedere ci sono delle aree tratteggiate che rappresentano i vari circuiti dell'impianto.

Ci sono due tipi di valori:

- SP valore target (giallo);
- PV valore reale (viola).

Possiamo osservare che nel circuito CAS (in alto a sinistra), c'è la dicitura "Power Gemdryer 111" che rappresenta la potenza a cui è impostato l'IR, in questo caso all'80%, e di conseguenza il sistema regola la pressione dell'aria comburente che a sua volta regola la quantità di gas nei bruciatori.

Ogni fila si setta all'80% della sua potenza massima.

Nel circuito a destra "Gem 111" è rappresentata la cappa con le tre zone di emettitori e con un valore in microampere che è il segnale che tutte le file selezionate sono accese, essendoci questa piccola corrente misurata dagli elettrodi.

I numeri sono simili, da 11 a 9 microampere, e stanno ad indicare che la combustione è stabile in tutte le zone quindi stanno lavorando in maniera uniforme.

Se uno dei valori cala significa che la fiamma è stata spenta volontariamente o che la zona interessata non ha una fiamma stabile e il sistema potrebbe spegnere la zona per questione di sicurezza.

Sono rappresentati anche i circuiti di trasferimento di massa (MTS) e il sistema di recupero (ERS).

CIRCUITO GAS+ARIA COMBUSTIONE

Quando parliamo del circuito "gas+aria" intendiamo la fonte di rifornimento per il funzionamento delle cappe ovvero quello che serve perché gli infrarossi si accendano e funzionino per il tempo che desideriamo.

Nel nostro sistema di alimentazione ci sono tre circuiti fondamentali:

- combustion air system (CAS) = Aria di combustione;
- primary gas train = linea gas primaria;
- secondary gas train = linea gas secondaria.

Il CAS è il circuito che preleva l'aria dall'esterno, e la introduce solitamente tra i 15 e i 30 °C, è importante lavorare in un range di temperatura costante, perché l'ossigeno contenuto in un m3 di aria varia in base alla densità che è correlata alla temperatura.

Per esempio:

- aria a 3°C + densa
 - + ossigeno x m3
 - volume ti serve per la combustione
- aria a 30°C - densa
 - ossigeno x m3
 - + volume ti serve per la combustione

Vista questa relazione, converrebbe operare con un'aria più fredda che però porterebbe a dei costi maggiori perché andrebbe riscaldata quindi, stiamo su una temperatura media 15-30°C. Dopo essere stata prelevata dall'esterno, viene filtrata e mandata ad un ventilatore dove

all'uscita c'è un pressostato che è tarato per bloccare la combustione se l'aria è sotto una determinata soglia di pressione.

Dopo il ventilatore l'aria passa per un tubo di aspirazione e viene mandata verso il miscelatore posto all'interno del collettore della cappa.

La potenza della cappa viene regolata tramite i millibar del flusso dell'aria comburente e non dai m³ di metano immesso.

Il primary gas train è il circuito che prende il gas metano dalla linea di fornitura pubblica e lo porta al secondary gas train.

Il gas entra a 1.5 bar e tramite un regolatore di pressione a membrana, lo porta ad una pressione più bassa intorno ai 200 mbar, che è la pressione di lavoro che permette alle cappe la giusta regolazione e diffusione della miscela negli emettitori.

Sono presenti due valvole di sfiato di sicurezza che scattano nel caso ci sia un accumulo imprevisto di gas nei tubi o nella cappa.

Il secondary gas train controlla, tramite una valvola di rapporto, che il contenuto di gas immesso sia proporzionale alla pressione dell'aria comburente in modo da rendere stabile il flusso di entrambi.

Tutto questo avviene elettronicamente e consultabile dal pannello di controllo in control room della macchina.

Se aumento la potenza delle cappe avrò una pressione dell'aria maggiore e la valvola doserà il quantitativo di gas adatto per mantenere il rapporto.

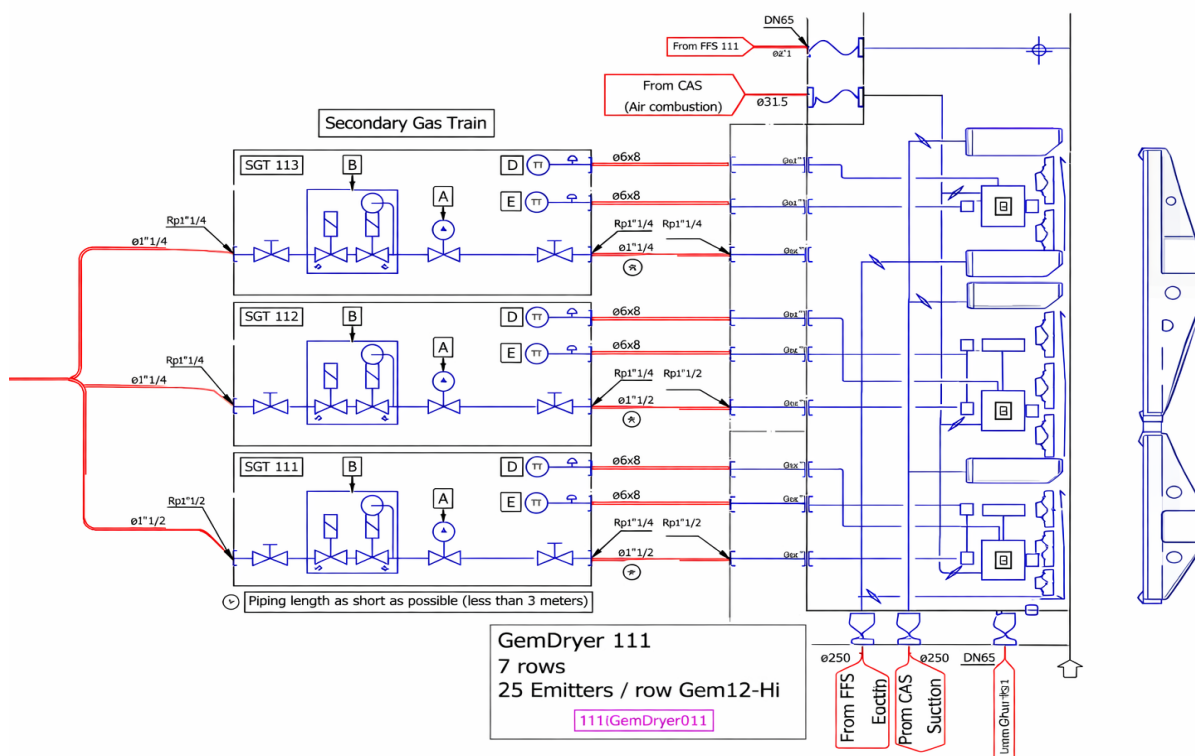


Immagine 7: Rappresentazione del circuito secondario del gas che arriva direttamente negli emettitori

CIRCUITO INSUFFLAGGIO E ASPIRAZIONE ARIA

Il sistema che gestisce il ricircolo dell'aria viene detto mass transfer ed ha le seguenti funzioni:

- garantire lo scarico dei gas di combustione;
- garantire lo scarico dell'aria umida;
- aumenta l'efficienza dell'asciugatura convettiva.

Questa sezione si occupa quindi di insufflare l'aria che va in cappa, tramite gli ugelli, per asciugare il foglio e di aspirare l'aria esausta contenente i gas di scarico della combustione e mandarli a camino, non fa un'analisi diretta dei fumi ma seguendo dei valori di riferimento della cappa (temperatura, umidità).

L'aria aspirata non viene sempre espulsa ma tramite un ventilatore viene ricircolata in due direzioni:

- ritorna nella cappa per asciugare;
- viene mandata alle cappe ad aria tramite il sistema ERS.

Questo ci permette di avere un risparmio in termini energetici dato che non dobbiamo avere un motore che continua a aspirare aria dall'esterno continuamente, ma solo quando la temperatura nelle tubazioni raggiunge un livello troppo alto.

Prima di arrivare al ventilatore di ricircolo c'è un sensore che misura la temperatura dell'aria che non deve superare i 250°C, se lo supera scatta la valvola che da l'input al ventilatore che preleva l'aria dall'esterno fresca immettendola e abbassando la temperatura del processo.

E' stata impostata una temperatura di "emergenza" per non surriscaldare i vari componenti del circuito.

L'umidità è gestita dinamicamente, non serve eliminarla ma tenerla sotto controllo, tramite la temperatura all'interno della cappa e l'umidità registrata dai ponti di lettura si regola il rapporto aria di ricircolo calda e aria fresca da immettere.

L'apertura e la chiusura dei ricircoli è regolata da dei damper (serrande) automatiche.

Esempio:

- temperatura < temperatura set point → +ricircolo - aria fresca
- temperatura > temperatura set point → - ricircolo +aria fresca

La massa di aria ricircolata può raggiungere valori attorno ai 33000 m3/h nella prima cappa e sui 19000 m3/h sulla seconda mediamente, ma varia in base al quantitativo di patina/soluzione che applico in ogni testa di patinatura.

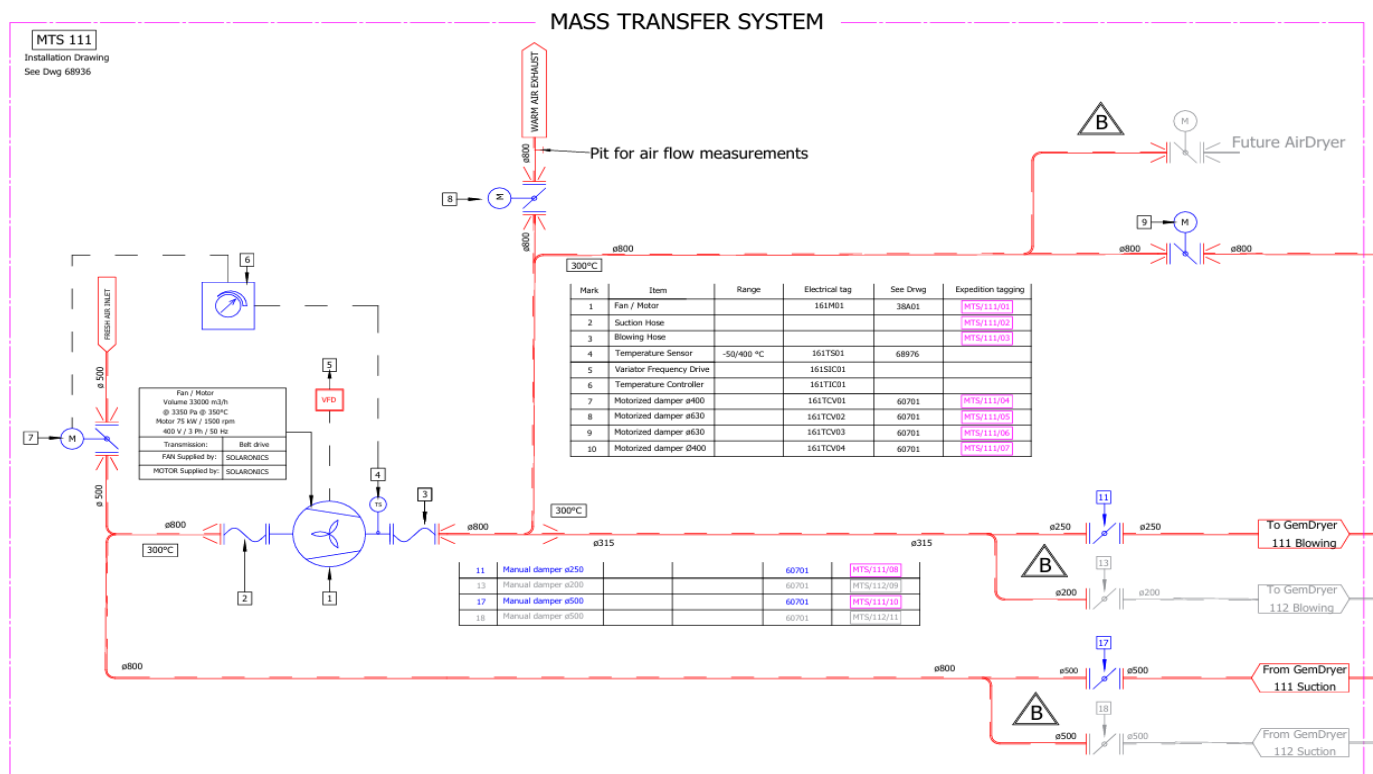


Immagine 8: rappresentazione del MTS, l'aria viene prelevata da sinistra e mandata alle cappe (to GemDryer), successivamente viene aspirata (from GemDryer) e mandata in alto a destra alle cappe ad aria o all'uscita (warm air exhaust)

FIRE PREVENTION SYSTEM

L'impianto di patinatrice e macchina continua è dotato di un sistema antincendio per garantire la sicurezza degli operatori e delle macchine.

Quando si hanno delle rotture, scatta una valvola che chiude gas e aria comburente spegnendo le cappe, questo avviene perché la carta non avendo più velocità si scalderebbe eccessivamente fino a bruciarsi, ma spesso capita che il foglio non scivoli giù ma resti tra la cappa e il riflettore e appoggiandosi agli emettitori ancora caldi prenda fuoco, generando fiamme libere molto pericolose.

Per questo è stato inserito un contenitore con acqua fresca, collegato alle cappe tramite una tubazione che spara acqua e vapore nebulizzato davanti agli emettitori.

La tubazione del contenitore di acqua incontra una linea con il vapore nebulizzando, questo sistema viene azionato manualmente dagli operatori.

3.3- DIFFERENZE TRA CAPPE SM1 E PM4

La ditta costruttrice fornisce diversi tipi di cappe per svariati usi, ci sono molteplici fattori che determinano la scelta di una tipologia rispetto ad un'altra.

Queste differenze tra i sistemi si possono apprezzare anche all'interno della cartiera confrontando il nuovo sistema di PM4 e quello di SM1.

Il sistema di patinatura di PM4 è simile a quello della patinatrice off-line, con testa di patinatura a lama metallica, quindi i dati di riferimento sono stati un monito importante e attendibile per la riuscita del progetto.

Come detto in precedenza, ci sono delle differenze fondamentali per cui abbiamo scelto un modello in una macchina invece di un altro.

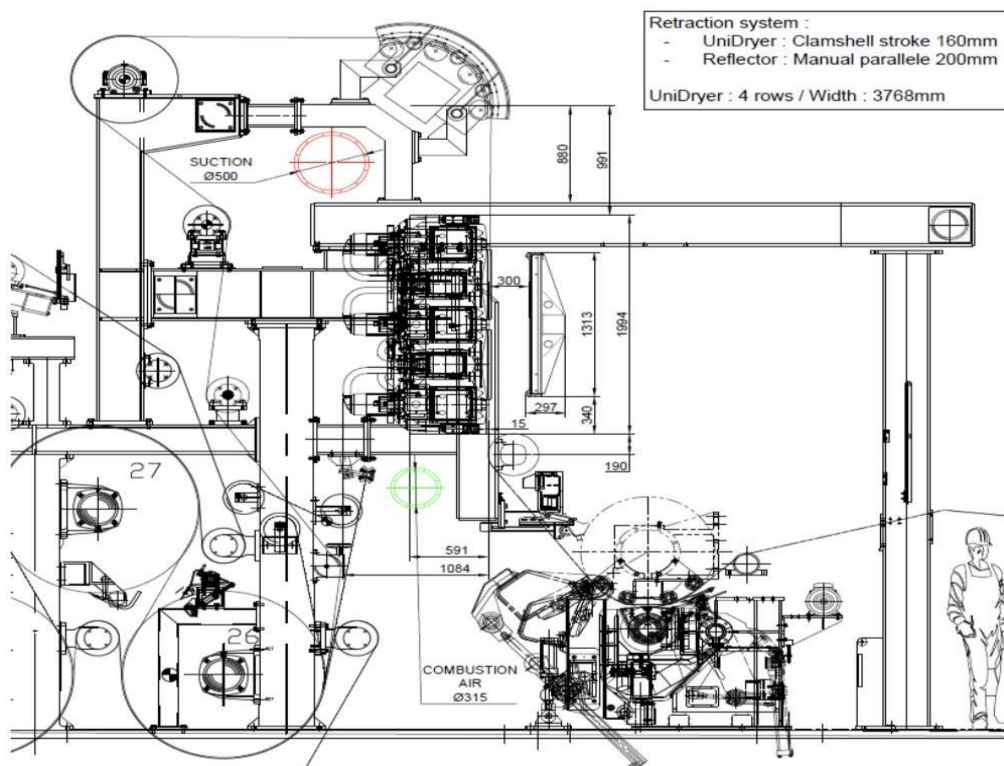


Immagine 9: Layout della cappa unidryer in PM4

POTENZA E DIMENSIONI:

- Unidryer altezza MD 2 metri
potenza 1200 kW
100 emettitori
- Gemdryer altezza MD 2.4 metri
potenza 2100 kW
175 emettitori

Le dimensioni della cappa Unidryer è dettata principalmente dallo spazio disponibile in macchina, quindi progettata per adattarsi agli spazi limitati e fornire un'essiccazione adatta ai vari tipi di supporto.

La scelta sulla potenza è stata dettata dai valori presi in considerazione dell'impianto precedente e implementandola per arrivare a risultati diversi, in caso di nuove tipologie di carte e patine che potrebbero richiedere configurazioni più spinte.

L'intensità dell'asciugamento della cappa di macchina è più soggetta a compromessi dettati dalla velocità di processo da rispettare che, essendo in linea, non consente di discostare molto dallo standard di velocità che ha ogni singola tipologia di carta.

Allo stesso tempo, grazie alla possibilità di accendere le file di emettitori a settori, possiamo decidere in base alla velocità quanta intensità dare in ogni singola zona.

Le scelte sulle dimensioni della Gemdryer di patinatrice sono state più flessibili dato che c'era più spazio di inserirle nella macchina.

La potenza è più elevata per efficientare la velocità dell'intero impianto, dato che non siamo vincolati da velocità di processo da rispettare oltre che alle caratteristiche della patina differenti che necessitano di fissarla in maniera diversa.

DIFFERENZA TECNOLOGICA PRINCIPALE

Nel sistema Unidryer gli ugelli di flottazione soffiano aria ad alta temperatura e alta velocità, alternati agli emettitori IR, con funzione convettiva diretta e significativa.

Nel sistema GemDryer gli ugelli sfruttano la tecnologia Coanda, concepiti per ottimizzare il trasferimento convettivo in abbinamento agli emettitori Gem, privilegiando compattezza e asciugamento intensivo immediatamente a valle della testa di patinatura.

In sintesi l'azione convettiva di Unidryer è più sostenuta mentre nelle Gemdryer si punta più ad un'aggressività degli infrarossi dato che ad esempio i barrieranti hanno bisogno di essere immobilizzati e attivati molto presto dopo patinatura per evitare difetti come micro blistering. Possiamo anche dire che, in macchina continua abbiamo bisogno di più controllo della progressione termica rispetto alla patinatrice, dato che dobbiamo abbinare la qualità del coating alla produttività.

Risulta la Unidryer più delicata con il coating e si ha un controllo superficiale maggiore.

RICIRCOLO ARIA CONVETTIVA

Dagli schemi di installazione si rileva che nel Gemdryer il flusso convettivo è organizzato con mandata e ripresa laterali contrapposte, per cui l'aria attraversa la zona di essiccazione in modo trasversale ed è captata in modo distribuito lungo il lato della cappa.

La direzione degli ugelli è fondamentale nel sistema e la linea ventilatori e motori è separata.

Nel Unidryer, invece, il flusso convettivo è integrato nei singoli moduli di essiccazione: l'aria viene movimentata dal gruppo superiore, attraversa la zona emettitore/ugello e viene ricircolata localmente nel modulo stesso.

Lavora con un circuito più integrale, modulare e verticale sul singolo elemento dove ventole e motori sono integrati nel retro.

SISTEMA DI RECUPERO

Entrambi hanno un sistema di recupero (ERS), dove l'aria calda che viene aspirata non viene mandata a camino ma convogliata in circuiti che la riutilizzano.

Questi circuiti sono formati da canali di trasporto dell'aria e da ventilatori.

L'aria esausta di Unidryer, in PM4, una parte del calore viene trasferita nel sistema di ventilazione della pre-seccheria.

Nelle Gemdryer di SM1, l'aria viene recuperata e mandata alle cappe ad aria, in modo da risparmiare il gas che servirebbe ai bruciatori delle cappe ad aria BMB.

Possiamo concludere che, la scelta di una determinata tecnologia rispetto ad un'altra, non è solo dettata dai risultati che ci può dare la macchina ma anche da fattori di cui dobbiamo tener conto, come gli spazi disponibili, gli elementi che ci sono prima e dopo di essa e la flessibilità che ci può garantire nel tempo.

3.4- DIFETTI DELLA PATINATURA PER ASCIUGAMENTO NON CONFORME

Nella produzione di carta patinata, un asciugamento non conforme delle cappe può causare diversi difetti superficiali e di stampabilità.

Possiamo collegare questi difetti a tre casi principali:

- **Asciugamento insufficiente:** coating ancora “aperto”, instabile, rischio di picking, set-off, scarsa uniformità e problemi in calandra o nelle fasi successive.
- **Asciugamento troppo aggressivo o troppo rapido in superficie:** binder migration, mottle, differenze di gloss, possibile blistering e maggiore fragilità superficiale.
- **Asciugamento non uniforme sul profilo:** variazioni CD/MD di umidità e consolidazione, quindi gloss disomogeneo, marezzatura, curl e ondulazioni.

Quando l'asciugamento delle cappe non è corretto, il primo difetto che può comparire è il “mottle” o marezzatura di stampa.

Questo fenomeno si manifesta come una stampa non uniforme, con differenze visive di tono e copertura, ed è spesso collegato a una distribuzione irregolare del legante nello strato di patina.

I componenti leganti come il lattice, possono in alcuni casi, seguire l'acqua che evapora in superficie distribuendosi in maniera diversa provocando l'effetto chiamato binder migration, questo avviene se si asciuga troppo velocemente mentre se si asciuga in maniera troppo lenta tende a penetrare per punti nel supporto, compromettendo di conseguenza la regolarità superficiale.

Un secondo gruppo di difetti, che riguarda l'aspetto superficiale della carta, si ha quando il profilo di temperatura o di aria non è uniforme, si possono avere differenze di gloss, di lisciatura e di assorbimento superficiale.

In pratica, alcune zone della carta risultano più lucide e altre più opache, con una qualità estetica e di stampa meno stabile.

Anche questo comportamento è coerente con un drying non ben controllato nello strato di patina.

Se invece l'essiccazione è troppo aggressiva, soprattutto nella fase iniziale, si può creare un indurimento troppo rapido della superficie mentre all'interno resta ancora umida.

In queste condizioni aumenta il rischio di "blistering", cioè microbolle o rigonfiamenti superficiali dovuti alla difficoltà del vapore di uscire correttamente dallo strato.

Si ha uno scoppio del foglio, questo dipende anche dalla porosità della carta, perché non favorisce lo sfogo dell'umidità.

La porosità dipende dalla quantità di legante, se ne metto troppo, chiudo eccessivamente la carta e la rendo meno porosa.

Un asciugamento eccessivo o mal distribuito può favorire anche fenomeni di "cracking", cioè piccole fessurazioni dello strato di patina simile a crepe.

Questo accade perché il coating, una volta asciugato troppo rapidamente, perde elasticità e può andare in tensione, soprattutto nelle lavorazioni successive o nelle zone soggette a sollecitazione meccanica, ad esempio nella calandratura.

Dal punto di vista della stabilità del foglio, una non uniformità del drying può inoltre provocare "curl", "cockling" e ondulazioni.

Le fonti tecniche, mostrano che differenze locali di umidità e di ritiro durante l'essiccazione generano tensioni residue nel foglio, con perdita di planarità e peggioramento della runnability e delle lavorazioni successive.

Per tutti questi motivi, le cappe devono garantire un trasferimento termico intenso ma controllato, con profili di temperatura e velocità d'aria uniforme per evitare questa serie di difetti.

La tecnologia delle nostre cappe, ci consente di avere un controllo specifico settoriale in grado di attenuare e a volte evitare questi difetti.

Ricordiamo che, le soluzioni da adottare in fase di asciugamento, devono tener conto di diversi fattori quali la reologia, componenti della patina e la tipologia di applicazione.

4-EFFICIENZA ENERGETICA

L'efficientamento energetico, oltre che la qualità nella patinatura, è stato un input importante nello scegliere questi due investimenti.

Non si è puntato solamente, alle prestazioni migliori date dalle nuove cappe, ma al risparmio che consentono di avere recuperando in parte l'aria di ricircolo e fumi di scarico, che si formano nella combustione.

I sistemi innovativi sono:

- sistema di recupero ERS (Gemdryer di SM1);
- sistema di recupero che va in pre-seccheria (Unidryer PM4).

4.1- SISTEMA DI RECUPERO ERS

Le cappe Gemdryer in patinatrice sono dotate del ERS, che sta per "Energy Recovery System" che consiste nel recuperare gran parte dell'aria di scarico degli infrarossi e riutilizzarla nell'impianto di cappe ad aria BMB.

Rispetto a una configurazione tradizionale con scarico diretto all'esterno, il sistema ERS consente di ridurre la dispersione di calore, migliorare il rendimento termico della patinatrice e diminuire il fabbisogno energetico delle successive cappe ad aria.

Questo riduce sensibilmente il quantitativo di gas necessario a riscaldare l'aria fresca in entrata per le cappe ad aria BMB.

L'ERS è integrato nel sistema che muove le masse d'aria (MTS) che, tramite valvole e sensori di temperatura, decide se ricircolare o mandarle a camino.

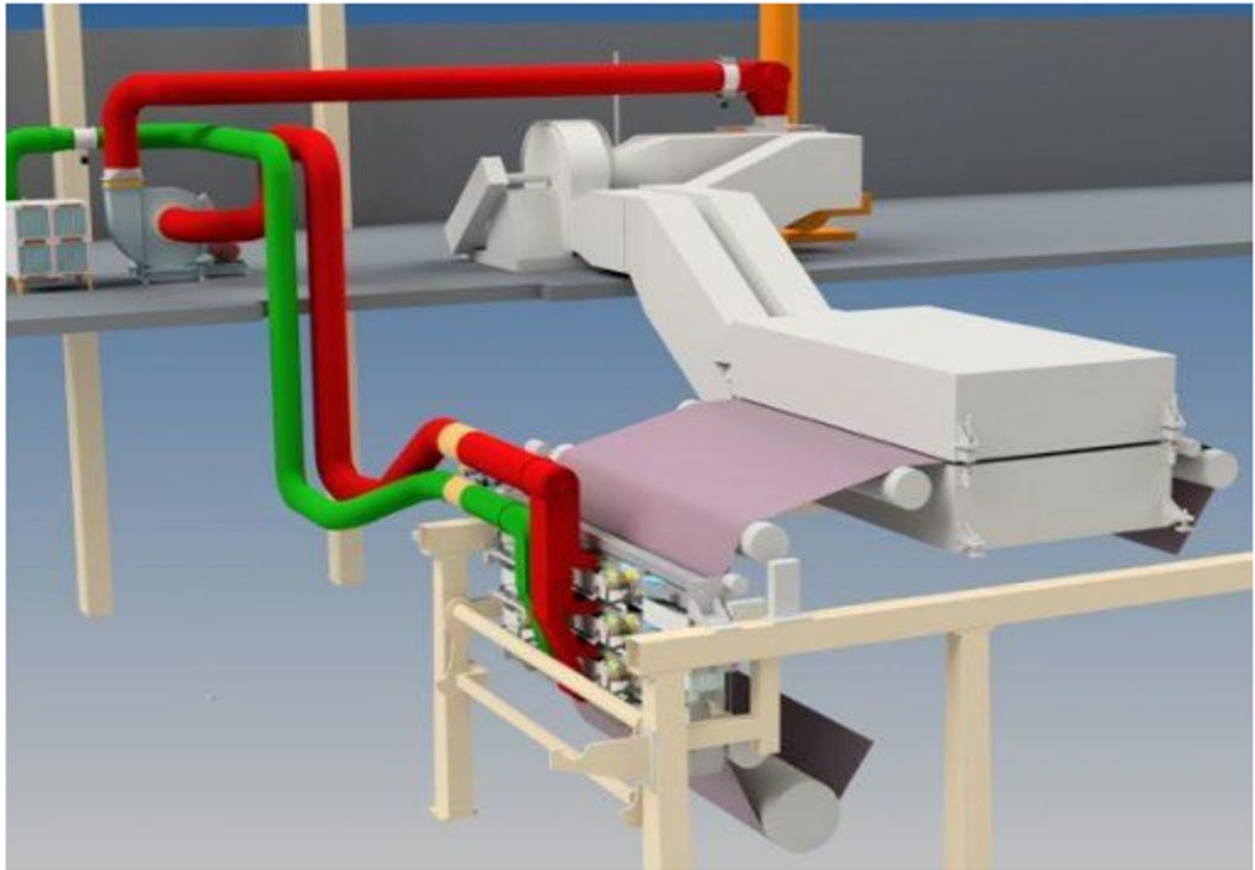


Immagine 1: rappresentazione del sistema ERS dove la tubazione verde alimenta l'aria delle cappe IR, in seguito l'aria calda e i fumi aspirati percorrono la tubazione rossa che li porta all'ingresso aria delle cappe a convezione.

Nelle valutazioni iniziali è stato dimensionato per muovere verso le cappe ad aria circa 15000 m³/h cadauna in condizioni standard.

4.2- Tubi soffianti pre-seccheria PM4



Immagine 2: tubo di ventilazione (verde) posto sotto la pre seccheria

In macchina continua sono presenti elementi con funzione analoga al Recovery di patinatrice, chiamati tubi di ventilazione.

I tubi soffianti sono di metallo, di diametro abbastanza grande, chiusi alle estremità e sostenuti da appositi supporti.

La superficie del mantello è dotata di forature distribuite in file longitudinali, attraverso le quali viene immessa aria calda nell'ambiente di asciugamento.

Ogni tubo è collegato lateralmente a una linea di alimentazione aria, mediante condotte flessibili e tubazioni, che convogliano il flusso d'aria proveniente dal circuito di recupero.

Sono installati al di sotto dei cilindri essiccatori, in corrispondenza della prima batteria della pre-seccheria.

La loro funzione è quella di distribuire aria calda nelle prime zone della seccheria per migliorare il microclima per l'asciugamento del foglio.

L'aria in uscita dai fori contribuisce a:

- ridurre l'umidità relativa nelle prime sacche;
- favorire l'evaporazione dell'acqua residua dalla carta;
- mantenere più uniformi temperatura e umidità nell'area di asciugamento;
- migliorare l'efficienza della seccheria nella fase iniziale dopo la sezione presse.

Dopo essere stata riscaldata nelle cappe, invece di essere inviata interamente al camino, viene convogliata ai tubi soffianti e riutilizzata nella pre-seccheria.

In entrata di essi è presente un sensore che misura la temperatura dell'aria, solitamente si mantiene un valore tra i 70 e gli 80 gradi.

Se l'aria che arriva dalle cappe è troppo calda, la valvola si apre e insuffla aria fresca presa dall'esterno.

Questo permette di recuperare energia termica, riducendo i consumi complessivi dell'impianto e aumentando l'efficienza del processo di essiccazione.

La loro presenza si è resa necessaria perché, in seguito alla loro rimozione avvenuta in passato, era stato riscontrato un aumento dell'umidità dell'aria nelle prime sacche della pre-seccheria, con conseguente peggioramento delle condizioni di asciugamento e minore efficacia del processo.

L'aria in uscita dalle cappe infrarossi, se non viene mandata alle tubazioni, può essere indirizzata verso il punto di estrazione posto sopra la seccheria, dove l'aria calda uscente viene utilizzata per pre riscaldare l'aria fresca in entrata, consentendo comunque un recupero energetico e una riduzione dei consumi termici complessivi.

I metri cubi di acqua che si vanno ad estrarre, si possono calcolare prendendo in considerazione la differenza di umidità della carta in entrata e l'umidità della carta in uscita.

I punti di estrazione aria posti sopra la seccheria, sono regolati in funzione del valore di umidità assoluta dell'aria presente nella seccheria.

In questo modo il sistema modula l'estrazione in base al contenuto reale di vapore nell'ambiente, mantenendo sotto controllo le condizioni termoigrometriche della sezione di asciugamento.

Quando l'umidità assoluta aumenta, il sistema incrementa l'estrazione per favorire l'allontanamento dell'aria più carica di vapore, viceversa, in condizioni di minore carico umido, l'estrazione può essere ridotta.

Quella che segue è un'analisi fatta da tecnici, che si occupano della nostra seccheria.
 In verde vediamo la temperatura della carta e in nero la temperatura dei cilindri essiccatori.
 La carta arriva da destra.

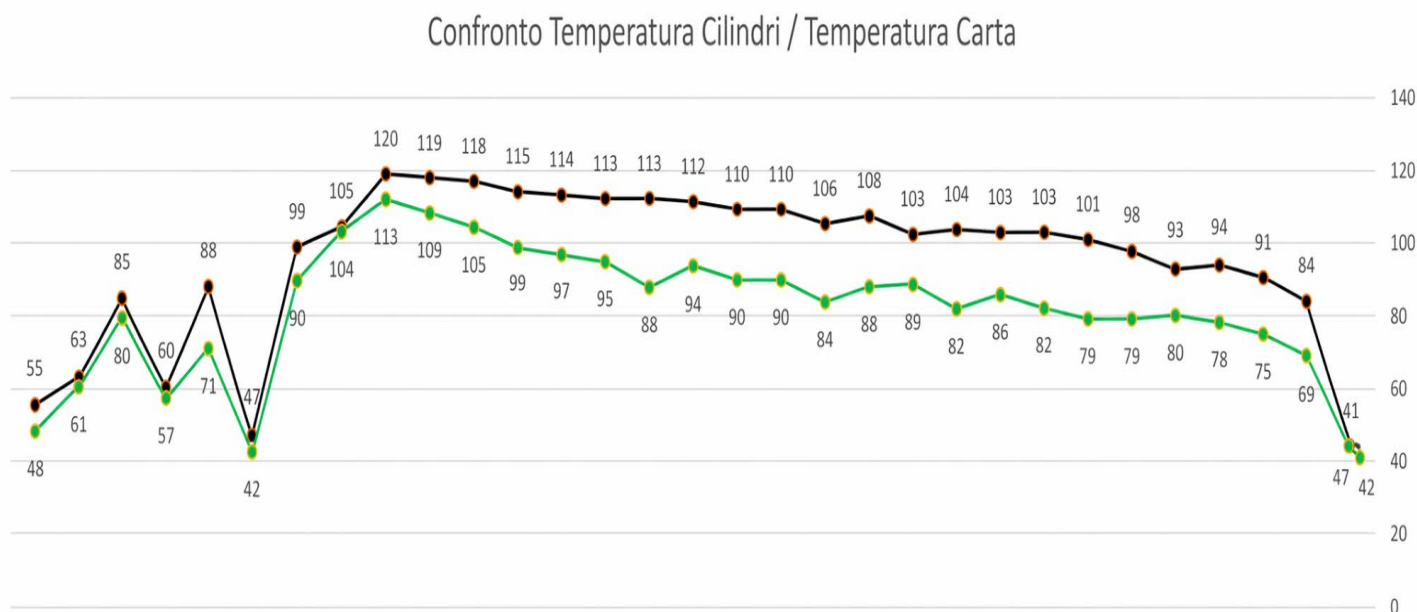


Immagine 3: grafico di rilevamento temperatura cilindri e temperatura carta

Notiamo che la temperatura dei cilindri presenta un incremento repentino, fino ad arrivare ai 101 gradi già dal cilindro 7.

Osserviamo che la temperatura della carta segue la temperatura dei cilindri, mantenendo costante la loro distanza, la differenza di temperatura tra le due curve mostra un ottimo scambio termico.

Per avere un'asciugatura corretta del foglio la temperatura dei cilindri deve salire in maniera graduale, non possono essere troppo caldi all'inizio altrimenti la carta si attaccherebbe provocando spellature e rotture della carta.

Nell'immagine 4 è rappresentato un grafico pre installazione dei tubi soffianti.

Possiamo osservare che, la differenza di temperatura tra la sacca d'aria e la temperatura del punto di rugiada nella pre-seccheria non è molta, e questo sta ad indicare che l'aria è quasi satura ovvero piena di umidità, quindi diventa meno propensa ad accettare l'evaporato del foglio, con conseguente formazione di condensa e "rewetting" del foglio.

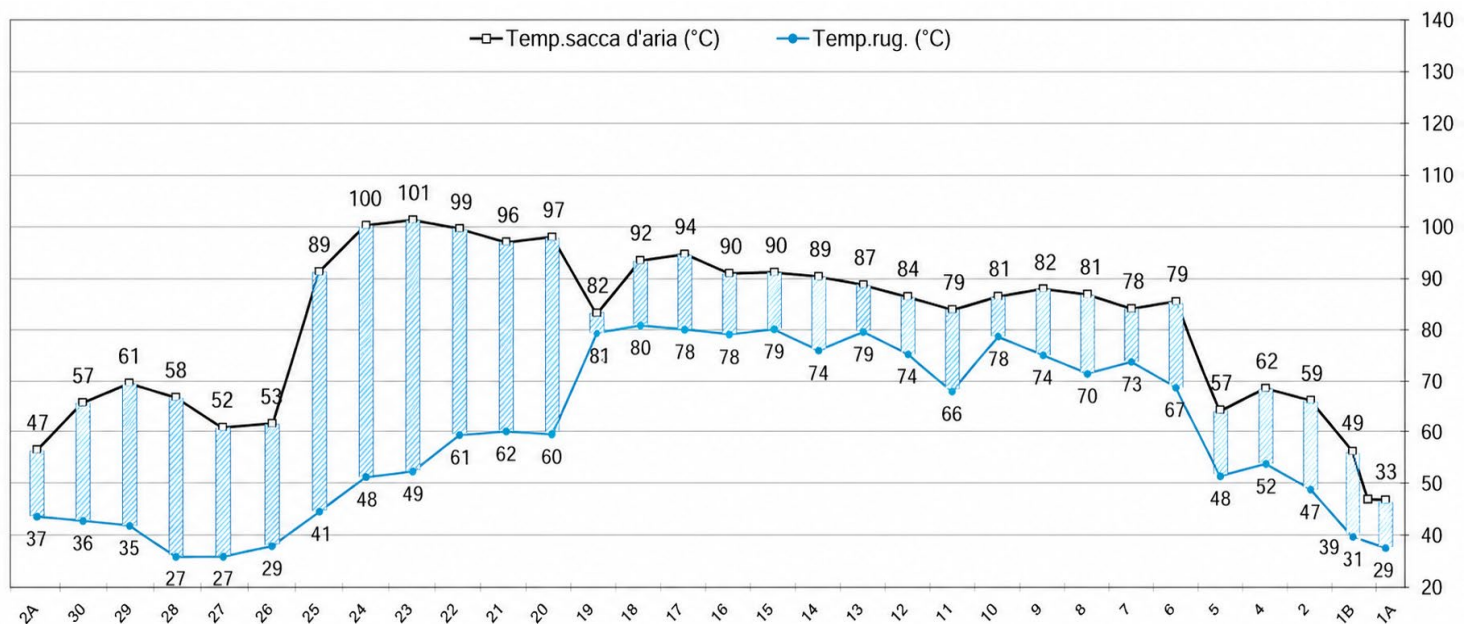


Immagine 4: grafico che rappresenta temperatura dell'aria e punto di rugiada in seccheria PM4 pre installazione tubi di ventilazione

Quanto maggiore sarà la distanza tra le due curve, tanto maggiore sarà la capacità di assorbimento d'umidità da parte dell'aria.

Qui invece è rappresentata la temperatura di ogni sacca d'aria, dopo l'installazione dei tubi di ventilazione, e il valore di punto di rugiada, temperatura alla quale un quantitativo di aria con un dato carico di vapore inizia a condensare.

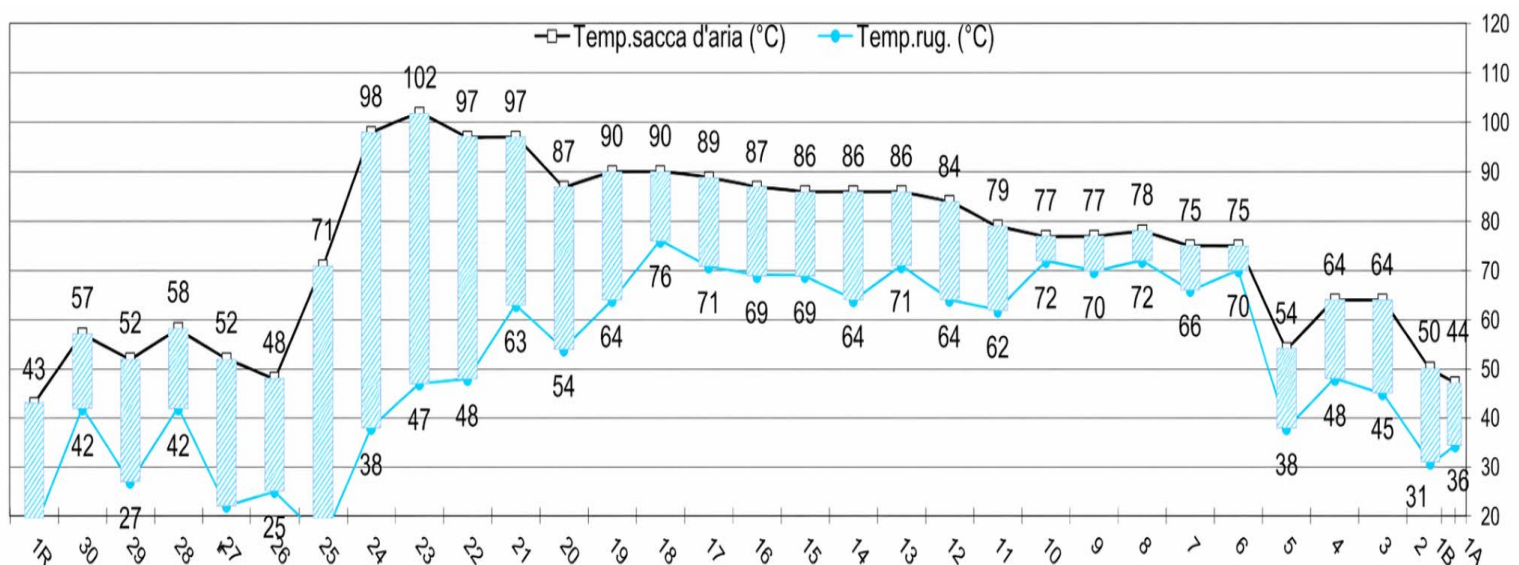


Immagine 5: grafico che rappresenta temperatura dell'aria e punto di rugiada in seccheria PM4 post installazione tubi di ventilazione

Osserviamo che la distanza nei primi cilindri tra le due misure è maggiore rispetto al grafico precedente, sintomo che il sistema ha svolto un buon lavoro.

Anche nel cilindro 19 c'è una distanza più ampia di valori rispetto a prima, significa che in generale la seccheria sta avendo un buon scambio termico anche nei punti prima più critici.

Solo la sacca n 6 e la n 8 presentano un avvicinamento tra le due curve.

Il miglioramento della performance della seccheria non è stato dovuto solo ai tubi, ma anche alla regolazione ottimale dei punti di estrazione e immissione di aria, tutti questi elementi sono correlati tra di loro.

4.3- EFFICIENZA CAPPE (RIDUZIONE CONSUMI)

Le cappe di macchina continua sono state installate nel settembre 2025 quindi, abbiamo potuto constatare l'efficienza in un arco di tempo più ampio rispetto alle cappe di patinatrice installate a dicembre 2025 ed entrate in funzione nel gennaio 2026.

Siamo convinti che i riscontri che verranno fatti, dai tecnici nel prossimo mese, daranno risparmi sostanziosi di metano come in macchina continua.

Dai dati della cappa Unidryer di PM4 abbiamo constatato che, nei primi due mesi dall'installazione il risparmio non è stato elevato, e che con alcune fabbricazioni abbiamo consumato di più rispetto alle cappe vecchie.

Questo fatto è normalissimo nei primi mesi, perché è dettato dalla ricerca dei settaggi corretti per ogni condizione di processo.

Sono state fatte delle prove, nelle varie tipologie di carta, in modo da capire i valori di set point corretti da impostare, infatti osservando i mesi da novembre ad oggi il saving di metano è stato importante raggiungendo picchi del -45%, un risultato straordinario.

C'è da aggiungere che non tutti i mesi sono uguali nella nostra produzione, avendo svariati tipi di carta e quindi cambi di fabbricazione frequenti.

TIPOLOGIA	GRAMMATURA (g/m ²)	MEDIA CS METANO kWh/t GENNAIO 25	MEDIA CS METANO kWh/t FEBBRAIO 25	MEDIA CS METANO kWh/t GENNAIO 26	MEDIA CS METANO kWh/t FEBBRAIO 26	SAVING
FLEXPACK	40	142	150	90	89	-38%
DIGITAL	70	140	136	135	110	-11%
LABEL	75	99	95	94	72	-15%

In questa tabella, ho preso in esame i consumi della cappa IR Unidryer di macchina continua per diverse famiglie di carta:

- Flexpack (carta da imballaggio flessibile);
- Digital (carta da stampa);
- Label (etichette autoadesive).

I consumi riportati sono espressi in kWh/t e si riferiscono ai mesi di gennaio-febbraio '25 con cappe vecchie e gennaio-febbraio '26 con nuove cappe.

Notiamo come, ci sia stato un saving (risparmio) molto consistente nella carta da imballaggio flessibile, dove la quantità di volume di carta presa in esame è superiore rispetto alle altre due famiglie.

Nelle Digital e Label paper i risultati sono più contenuti, forse dal fatto che la velocità media della macchina è minore rispetto alle flexpack o che il tipo di patina non permette per il momento un risparmio così alto.

Un saving così alto nelle carte flexpack, che rappresenta la famiglia di carta più prodotta in stabilimento, è un monito importante e positivo per il futuro.

Riguardo al saving di patinatrice, non siamo ancora in possesso di dati attendibili data la recente installazione.

L'unico dato attendibile al momento, riguarda il consumo di gas metano di Marzo 2026 rapportato a quello di Marzo 2025, dove però possiamo già intravedere un calo dei consumi abbastanza significativo.

Serviranno ulteriori 3-6 mesi per avere dei dati veritieri su cui fare l'analisi.

Inoltre stiamo ancora ottimizzando il processo degli elementi di asciugatura, dato che le cappe IR non lavorano ancora al massimo a causa della rottura di un trasmettitore del gas, che serve

a misurare e inviare al pannello di controllo dati fondamentali quali la pressione e la portata per poter regolare al meglio gli emettitori della cappa.

Un altro intervento che dobbiamo fare a breve, è la sostituzione dei giunti flessibili che collegano le tubazioni dell'aria all'entrata della cappa BMB, che ad oggi non permettono di regolare le cappe ad aria come vorremmo, condizionando e limitando anche il corretto settaggio delle cappe IR, dovendo lavorare con temperature inferiori allo standard.

Tutti gli elementi essiccanti sono correlati tra di loro, quindi è fondamentale che siano in equilibrio.

5- CONCLUSIONI

Alla luce di quanto analizzato, possiamo al momento concludere che l'installazione delle nuove cappe a infrarossi Gemdryer in patinatrice SM1 e Unidryer in macchina continua PM4, rappresenta un investimento tecnicamente valido e coerente con le esigenze future dello stabilimento Sappi di Carmignano.

Non si tratta solamente della sostituzione di componenti ormai datati, ma di un vero miglioramento del processo di asciugamento, con effetti positivi sia dal punto di vista energetico sia dal punto di vista qualitativo.

Nel settore cartario l'asciugamento è una delle fasi più energivore del processo, soprattutto quando si lavora con carte patinate, dove l'applicazione della patina porta una grande quantità di acqua da evaporare. Per questo motivo, riuscire ad asciugare in maniera più efficiente significa ridurre in modo diretto i consumi energetici.

Il progetto risulta valido anche perché non si limita ad aumentare la potenza disponibile, ma cerca di utilizzare al meglio l'energia prodotta, grazie ai sistemi di recupero ERS in SM1 e riduzione del consumo di vapore per il riscaldamento della pre-seccheria in PM4.

Questi concetti di recupero sono fondamentali, perché l'efficienza di un impianto moderno non dipende solo dalla singola macchina, ma dall'equilibrio tra tutti gli elementi che compongono il sistema di asciugamento.

Dal punto di vista ambientale, la riduzione dei consumi di metano porta automaticamente a una riduzione delle emissioni di CO₂ legate alla combustione.

Questo rende il progetto coerente con gli obiettivi di sostenibilità del gruppo Sappi, che negli ultimi anni sta investendo molto sulla decarbonizzazione, nell'efficienza energetica e nell'utilizzo più responsabile delle risorse.

Per ultimo ma non meno importante, le cappe IR stanno iniziando ad impattare sulla qualità e macchinabilità della carta rendendo il processo più stabile e ripetibile, consentendo di poter effettuare anche prove di nuove carte con maggiore controllo e sensibilità accorciando i tempi sui riscontri.

La scelta di installare tecnologie diverse, Gemdryer in patinatrice e Unidryer in macchina continua, dimostra inoltre che il progetto è stato adattato alle reali esigenze delle due linee, tenendo conto degli spazi disponibili, delle velocità di processo, del tipo di patinatura e degli impianti già presenti.

Per lo stabilimento di Carmignano, le nuove cappe IR non sono solo un miglioramento impiantistico, ma un investimento strategico per affrontare in modo più efficiente le richieste future del mercato e per produrre carte speciali di qualità sempre più elevata, con un minore impatto energetico e ambientale.

6- BIBLIOGRAFIA

- Materiale tecnico raccolto nello stabilimento di Carmignano di Brenta;
- Materiale tecnico Ircon Solaronics;
- Report da Sappi Europe;