

XX corso di Tecnologia per Tecnici Cartari  
edizione 2013

# **Interventi di ottimizzazione energetica e prestazionale**

**sulla macchina continua PM4  
dello stabilimento di  
Carmignano di Brenta**

*di Peruzzo Renato*



**Scuola Interregionale  
di tecnologia per tecnici Cartari**

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



# INDICE

## INTRODUZIONE

### **1 CHAM PAPER GROUP ITALIA SPA - STABILIMENTO DI CARMIGNANO**

#### 1.1 Generalità e tipologie di carte prodotte

### **2 OTTIMIZZAZIONE DELL'ASCIUGAMENTO DELLA CARTA IN SECCHERIA DI MACCHINA CONTINUA 4**

#### 2.1 Brevi cenni teorici

#### 2.2 Situazione antecedente la modifica Agosto 2012

##### 2.2.1 Principali limiti qualitativi e produttivi della seccheria di PM4

##### 2.2.2 Layout seccherie, schemi di regolazione e profili di temperatura

#### 2.3 Situazione dopo la modifica Agosto 2012

##### 2.3.1 Obiettivi del progetto

##### 2.3.2 Layout seccherie, schemi di regolazione e profili di temperatura

##### 2.3.3 Risultati

##### 2.3.4 Conclusioni

### **3 OTTIMIZZAZIONE ENERGETICA E PRESTAZIONALE DELLA LINEA DI RAFFINAZIONE PM4**

#### 3.1 Brevi cenni teorici sulla raffinazione

#### 3.2 Tipologie di carte analizzate e loro caratteristiche

#### 3.3 Obiettivi della modifica delle guarniture

#### 3.4 Tipologia e caratteristiche delle guarniture adottate (Metso Microbar)

#### 3.5 Configurazione dei raffinatori prima e dopo la modifica

#### 3.6 Analisi dei risultati

##### 3.6.1 Caratteristiche meccaniche

##### 3.6.2 Energia specifica di raffinazione

## CONCLUSIONI



# INTRODUZIONE

Le cartiere sono industrie “energivore” e, nel loro ciclo produttivo, si incontrano elevati consumi sia elettrici che termici. I consumi elettrici maggiori si riscontrano nella preparazione dell’impasto, raffinazione, creazione del vuoto, ventilazione e pompaggio.

Per quanto riguarda la parte termica costituita da vapore saturo a circa 3 bar, il consumo si distribuisce tra cilindri essiccatori della macchina continua, dove viene utilizzato per la maggior parte, a seguire nelle casse a vapore, nell’aria di ventilazione e altri servizi.

Negli ultimi anni il processo della fabbricazione della carta ha subito un notevole sviluppo dal punto di vista produttivo e qualitativo. La tecnologia presente sul mercato permette oggi di ottenere dalle macchine performance sempre più elevate pur lavorando con tipologie di impasto differenti rispetto al passato.

Nel campo della tecnologia convenzionale l’attenzione si è incentrata essenzialmente verso le seguenti tematiche:

- manutenzione e flessibilità dell’impianto;
- limitazioni delle emissioni di qualunque tipo;
- risparmio della fibra utilizzata per la produzione di carta;
- risparmio delle acque fresche utilizzate nel processo;
- ottimizzazione dei prodotti chimici;
- riduzione dei consumi energetici inteso sia come efficienza energetica sia come risparmio energetico.

La riduzione dei consumi energetici può avvenire percorrendo due strade parallele:

- migliorando l’efficienza, quindi operando la riduzione dell’energia con nuove tecnologie che il mercato mette a disposizione;
- agendo sul risparmio energetico, quindi riducendo le esigenze energetiche nella fase produttiva.

Quest’ultima tematica è di notevole importanza e riguarda ormai un obiettivo molto importante per l’industria.

Nel presente lavoro verranno esaminati differenti interventi riguardanti la linea produttiva della macchina continua PM4 di Carmignano di Brenta.

Il lavoro è articolato in due parti: la prima riguardante la ricostruzione dell’impianto vapore per l’asciugatura della carta nella Macchina continua PM4 e si illustreranno i vantaggi ottenuti in termini di produttività e risparmio energetico.

Nella seconda verranno presentati i risultati ottenuti con l’ottimizzazione della linea di raffinazione della PM4.

# **1. PRESENTAZIONE CHAM PAPER GROUP ITALIA SPA, STABILIMENTO DI CARMIGNANO**

## **1.1 GENERALITÀ E TIPOLOGIE DI CARTE PRODOTTE**

La Cartiera di Carmignano di Brenta S.p.A. facente parte del Cham Paper Group, vanta una lunga tradizione di carte speciali di alta gamma e fornisce ai propri clienti valore aggiunto attraverso funzionalità basate sul trattamento superficiale. Lo stabilimento di Carmignano fondato nel 1877 attualmente vanta una forza lavoro di 230 persone.

L'infrastruttura è così composta:

- 2 macchine continue con patinatura on-line;
- PM4 con larghezza formato di 340 cm e velocità 800 m/min;
- PM6 con larghezza formato di 330 cm e velocità 500 m/min;
- 1 Patinatrice off-line;
- 2 Super calandre;
- 2 Bobinatrici.

Lo stabilimento di Carmignano produce attualmente 80.000 tonnellate di carte speciali, che vengono utilizzate nei settori Consumer Goods, Industrial Release.

Il settore Consumer Goods comprende carte per imballaggi flessibili e carte base per la stampa di etichette utilizzate dall'industria Food, Non-Food, dei tabacchi, delle bevande e farmaceutica.

Il settore Industrial Release fornisce carte di base siliconate per Release liner in applicazioni grafiche, per nastri adesivi ed etichette. Il range di grammatura di queste tipologie di carte va dai 40 g/m<sup>2</sup> ai 130 g/m<sup>2</sup>

L'elevata qualità delle carte prodotte e la capacità di rispondere con prodotti su misura alle più sofisticate esigenze della clientela, fa sì che i prodotti della Cartiera di Carmignano S.p.A. siano apprezzati non solo in Italia, ma sempre più in tutto il mondo. Con una quota di esportazione ormai prossima all'85%, le vendite, già saldamente affermate in Europa, Africa, e Medio Oriente e consolidato la propria presenza nel Nord e Sud America, stanno ora acquisendo una posizione sempre più rilevante nei mercati Asiatici, dove seguono con successo la rapida espansione dell'economia cinese.

## **2. OTTIMIZZAZIONE DELL'ASCIUGAMENTO DELLA CARTA IN SECCHERIA DI MACCHINA CONTINUA 4**

### **Premessa**

La prima parte di questa tesina è dedicata al lavoro svolto nel corso della fermata impianti di Agosto del 2012 con la ricostruzione dell'impianto vapore e condensa di PM4.

La situazione originale prevedeva una preseccheria composta di cilindri essiccatori privi di barre di turbolenza e sostanzialmente suddivisa in due gruppi di regolazione, come si vede dallo schema che segue. La regolazione della pressione differenziale di ciascun cilindro era operata direttamente dagli scaricatori di condensa, non era inoltre prevista la regolazione separata dei cilindri del primo gruppo dopo la sezione presse.

I cilindri della post seccheria erano stati dotati da qualche anno di barre di turbolenza; il loro controllo era comunque limitato al valore della pressione del vapore in ingresso che, a causa dell'assenza del controllo differenziale in ogni cilindro, era comunque causa di eccessivo asciugamento e quindi scarsa efficienza energetica.

La seccheria costituiva perciò da un lato, un grosso limite per la produttività dell'intera linea, dall'altro, la sua efficienza, anche con riferimento alle nuove tecnologie impiantistiche e di controllo, forniva risultati mediocri.

Nel presente capitolo, dopo un breve richiamo sui principi di asciugamento della carta in seccheria, verranno confrontate le configurazioni pre e post modifica ed i risultati ottenuti con l'investimento effettuato.

### **2.1 BREVI CENNI TEORICI**

Elementi per l'asciugatura della carta:

- FONTE TERMICA: vapore;
- COMPONENTI PRINCIPALI: cilindri-cappe;
- DISPOSIZIONE CILINDRI: in linea, a due o più file;
- CAPPA: alto rendimento (tissue) aperta, a tende, coibentata chiusa, normale ad alta efficienza;
- VENTILAZIONE: estrazione fumana, soffiaggio e stabilizzazione foglio;
- SISTEMI DI MOVIMENTAZIONE: tele.

Dopo il passaggio del nastro nella sezione delle presse a umido, il foglio contiene ancora una certa quantità di acqua dovuta all'intimo legame di questa con le fibre. Questa umidità residua,

che può variare tra il 50 e il 60%, non può più essere rimossa con mezzi meccanici, ma eliminata solamente per evaporazione. Quest'ultima fase di preparazione del supporto di base, consiste nel portare il foglio a diretto contatto con la superficie di cilindri rotanti e riscaldati internamente con il vapore. Affinché il nastro possa aderire perfettamente ai cilindri, si usano tele essiccatrici, per premerlo contro la loro superficie.

L'asciugatura della carta in seccheria avviene in tre fasi:

- La prima consiste nel portare la temperatura della carta fino al punto di evaporazione dell'acqua, a una temperatura compresa tra i 60 e 70°C, dopo di che la temperatura viene innalzata a oltre 100°C quanto più rapidamente possibile.
- Nella seconda fase la temperatura dei cilindri raggiunge e supera i 120°C dove, a causa dell'equilibrio tra il calore fornito e quello sottratto per evaporazione, si ha una fase di temperatura costante con una stabile evaporazione dell'acqua fin quando è presente nella carta.
- Nella terza fase, nella parte finale della seccheria, il valore di umidità della carta, scende al di sotto di quella soglia che consente la facile migrazione dell'acqua, verso la sua superficie.

A questo punto si rende necessaria una diminuzione della temperatura poiché l'acqua libera è ormai evaporata e quella residua altro non è che quella congiunta alle fibre, con legami chimici e meccanici sempre più forti. Inutile e dannoso sarebbe disidratare ulteriormente la carta, non solo per lo spreco energetico, ma per i contraccolpi negativi che la qualità della carta potrebbe subire.

## **Il vapore**

Il vapore è il mezzo di trasferimento del calore dalla fonte termica, la caldaia, all'utilizzo nel processo di asciugatura.

Nella produzione della carta il calore viene utilizzato nella fase di asciugatura per evaporare l'acqua residua dopo l'estrazione meccanica.

Il fabbisogno energetico in seccheria è compreso tra il 50% ed il 75% del totale impiegato in cartiera. Il vapore elemento fondamentale per l'asciugatura del nastro di carta è vapore saturo (secco) ed è nelle giuste condizioni per entrare nei cilindri essiccatori; per vapore surriscaldato invece si intende vapore al quale abbiamo fornito altro calore e viene sfruttato in caldaia.

Per ottenere il vapore è necessario portare l'acqua alla sua temperatura di ebollizione: questa è di 100°C alla pressione atmosferica.

Quando il vapore condensa ci rende tutta questa quantità di calore.

## **La condensazione**

Tramite la condensazione si scaldano i cilindri della seccheria. All'interno di questi viene fatto passare vapore saturo che, cedendo calore alle pareti interne, torna allo stato liquido

Contemporaneamente, tramite conduzione, il calore passa dal cilindro alla carta.

L'acqua di condensa mantiene le caratteristiche del vapore, per questo conviene riutilizzarla e viene estratta dai cilindri tramite dei sifoni aiutati da una pompa a vuoto per aspirare; i sifoni inoltre separano il vapore dalla condensa grazie a un galleggiante.

## **La seccheria**

La seccheria è un insieme di cilindri essiccatori suddivisi in gruppi detti “gruppi essiccatori” sostenuti da complesse infrastrutture e sofisticati controlli. È importante ricordare che durante l'asciugamento, il nastro di carta subisce una certa contrazione. Per ovviare a questo inconveniente è necessario suddividere i gruppi della seccheria in modo tale da metterci nelle condizioni di poter controllare l'entità del restringimento e trovarne rimedio mediante piccole variazioni di velocità tra le sezioni stesse. La possibilità di controllare queste modificazioni dimensionali ci pone al riparo da possibili rotture o grinzature del nastro.

Durante l'asciugamento della carta, avvengono due processi fisici fondamentali: il primo è il trasferimento del calore, dato dal vapore saturo presente all'interno dei cilindri, alla carta e alla tela essiccatrice; il secondo è il trasferimento dell'acqua dall'interno del nastro alla tela e successivamente in ambiente esterno.

Nel primo processo, il calore che si determina, grazie alla condensazione del vapore saturo all'interno dei cilindri, si trasmette per conduzione al nastro di carta, per fornire l'energia necessaria per l'evaporazione dell'acqua ancora presente nel supporto.

La quantità di calore trasmesso per conduzione, potrà quindi essere tanto maggiore quanto più esteso sarà il contatto tra la superficie del cilindro e quella della carta, favorito anche dalle tele essiccatrici.

Nel secondo processo, per diffusione e ventilazione, avviene il trasferimento del vapore dalla carta all'ambiente esterno; la ventilazione ha lo scopo di rimuovere il vapor d'acqua e evitare quindi la possibilità di saturare l'aria immediatamente vicina, con la conseguenza di non completare l'asciugamento della carta in modo ottimale. Tutte le seccherie sono coperte e racchiuse in cappe che consentono di mantenere l'ambiente esterno piacevole per gli addetti e di ottenere un'efficace circolazione d'aria calda e di aspirazione del vapore che si forma. L'aria calda, insufflata a bassa pressione all'interno delle sacche tra i cilindri, consente di evitare la saturazione e la condensazione del vapore per il ricambio continuo dell'aria, e ne facilita l'evaporazione.

In questo testo ho volutamente evitato di usare il termine essiccazione, ma asciugamento della carta, poiché la carta non deve mai essere essiccata, portata cioè al secco assoluto, ma

solamente fino a un limite di umidità necessario per ottenere una superficie non solo priva di ondulazioni ma anche ben adattabile sia ai trattamenti successivi che alle future condizioni di utilizzo.

## **2.2 SITUAZIONE ANTECEDENTE LA MODIFICA DI AGOSTO 2012**

### **2.2.1 Principali limiti qualitativi e produttivi della seccheria di PM4**

I punti che seguono illustrano brevemente le condizioni operative ed i principali limiti impiantistici prima della modifica:

- 1) I cilindri della seccheria erano privi di controllo differenziale della pressione, erano installati i giunti e sifoni originali delle Beloit (1970) ed erano privi in pre-seccheria di barre di turbolenza. Questo comportava bassa efficienza di asciugamento della carta, bassa flessibilità nella regolazione delle temperature superficiali dei cilindri ed una bassa resa energetica.
- 2) La seccheria, con la sua capacità di asciugamento, costituiva per molte tipologie di carte il principale collo di bottiglia
- 3) La reperibilità nel mercato dei pezzi di ricambio dei giunti e dei sifoni esistenti si faceva di anno in anno più difficile.

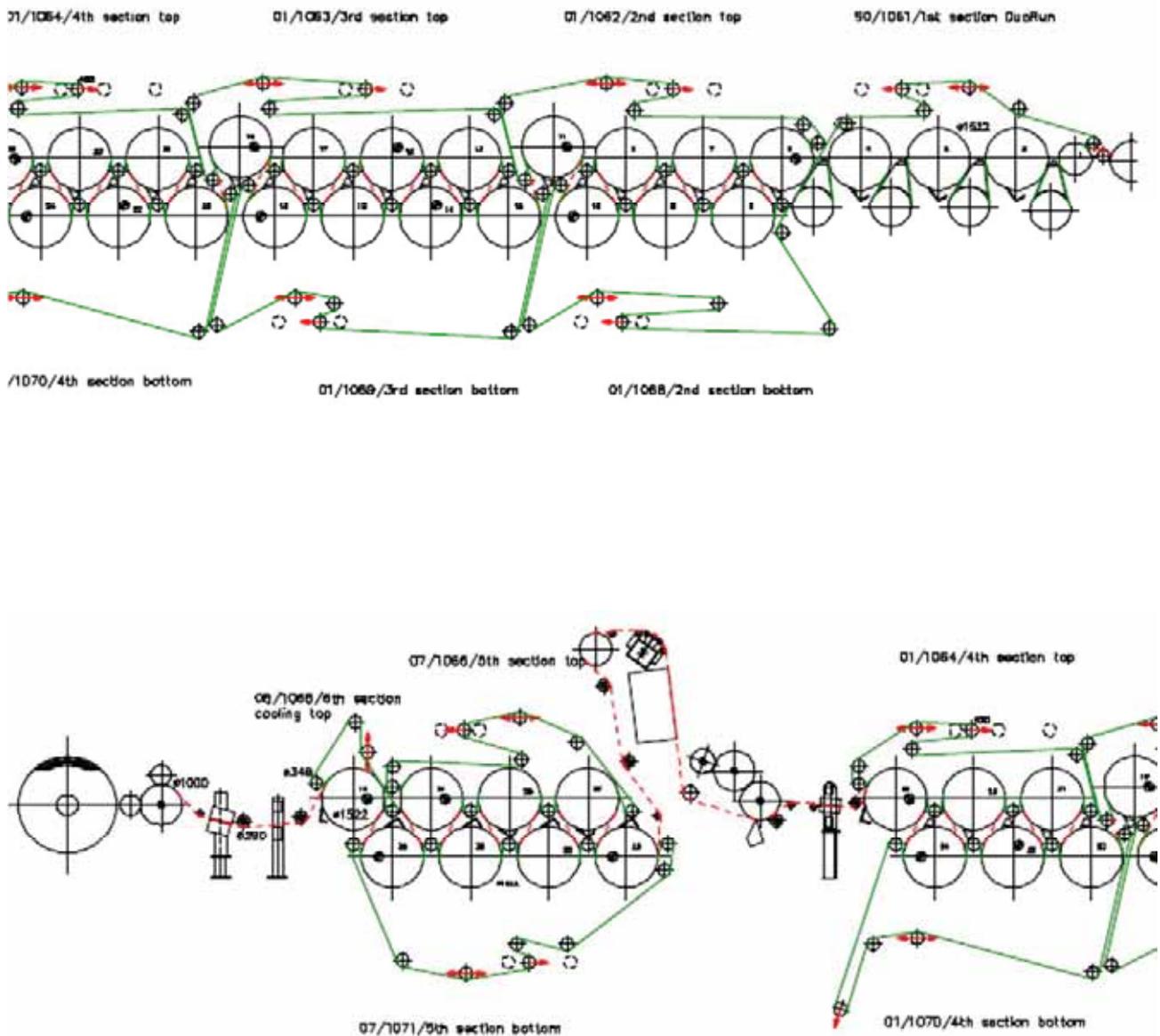
Altri limiti più legati ad aspetti qualitativi sono quelli di seguito indicati:

- 1) I cilindri della post-seccheria, scaricando la condensa nel separatore di condensa che era costantemente in sovrappressione in quanto sottodimensionato, non permettevano di lavorare con basse pressioni di vapore e di mantenere l'umidità al Pope al 5/6% come richiesto da alcune carte e/o di operare con un differenziale di pressione tra i cilindri superiori ed inferiori, necessario per attenuare l'effetto curling (arricciamento). Inoltre gran parte del vapore di flash inviato al condensatore veniva perso in atmosfera con conseguente perdita di energia termica.
- 2) La rampa di asciugamento, per le limitate capacità di regolazione, risultava non uniforme.
- 3) Vi era un elevato rischio di spelatura della carta per insufficiente capacità di regolazione.
- 4) Presenza di grinze sui bordi del foglio.
- 5) Il profilo di umidità in senso trasversale risultava non uniforme; da qui problemi di planarità in fase di satinatura e bobinatura.

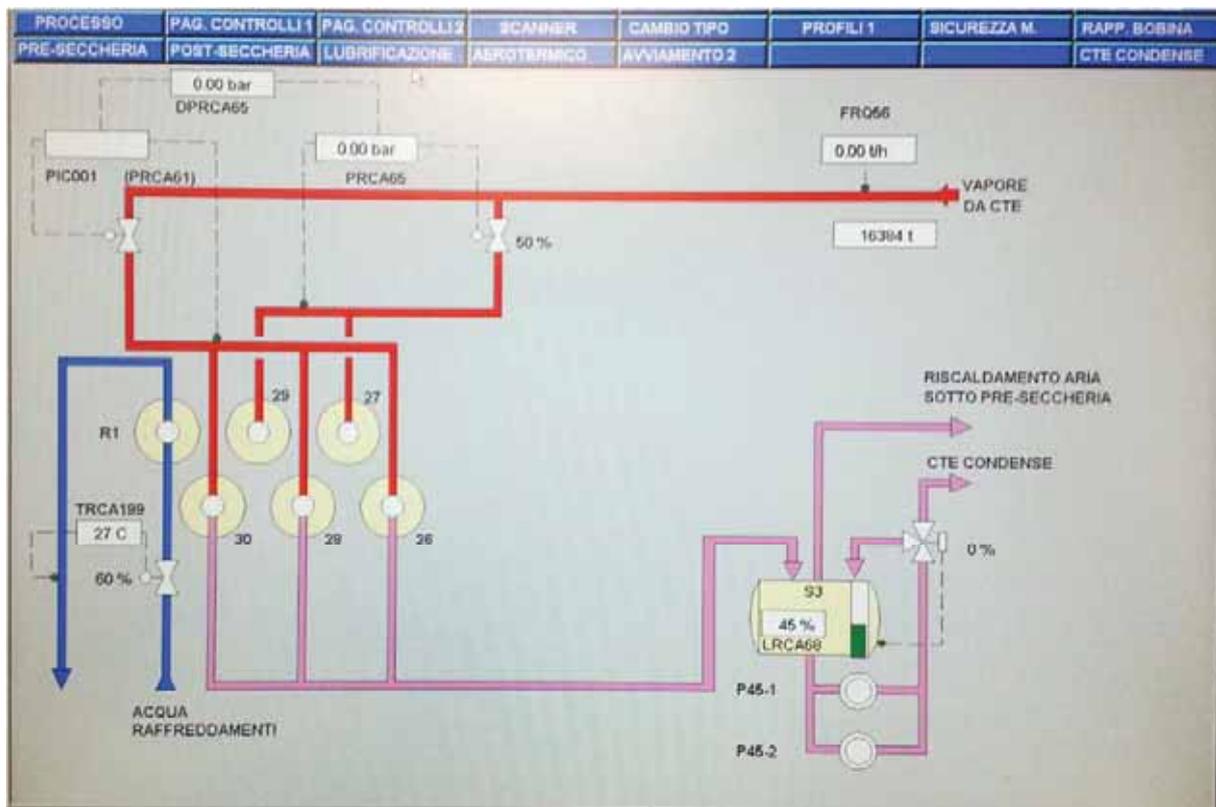
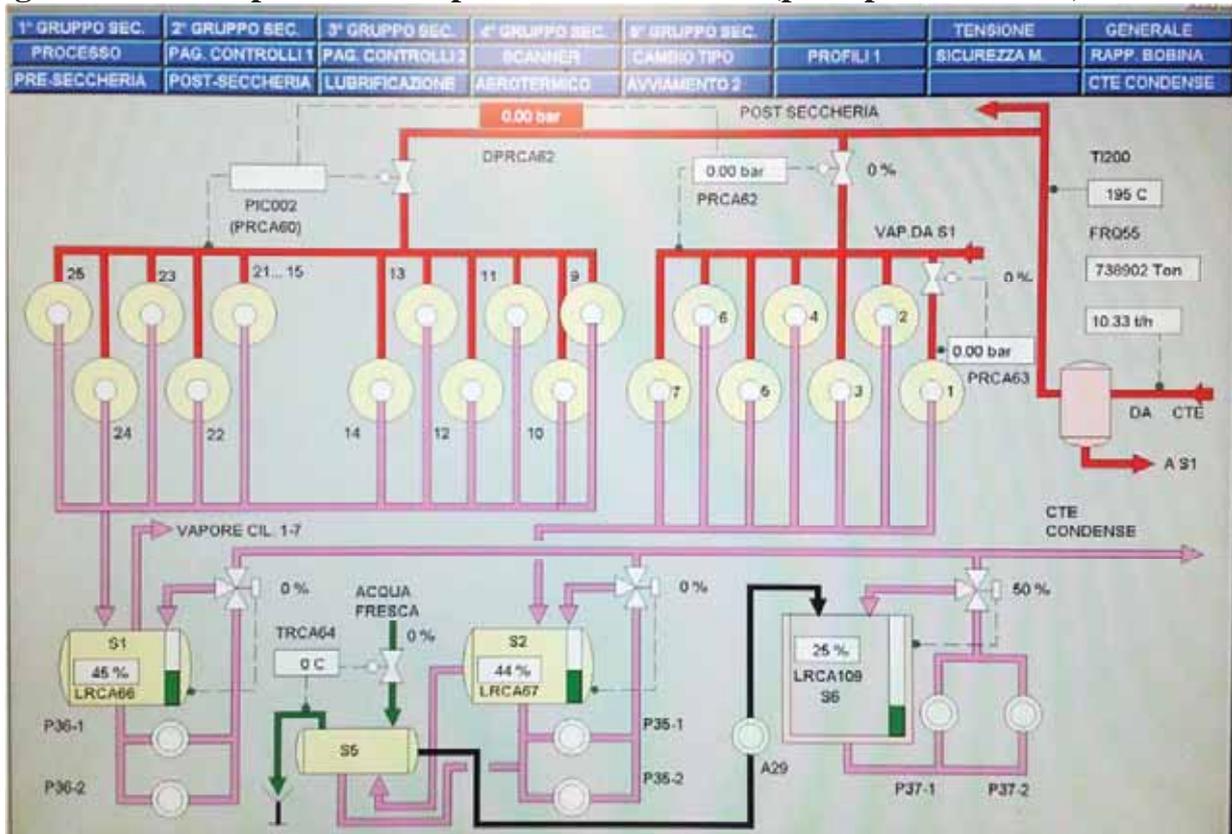
## 2.2.2 Layout seccherie, schemi di regolazione e profili di temperatura

Le immagini seguenti illustrano nell'ordine

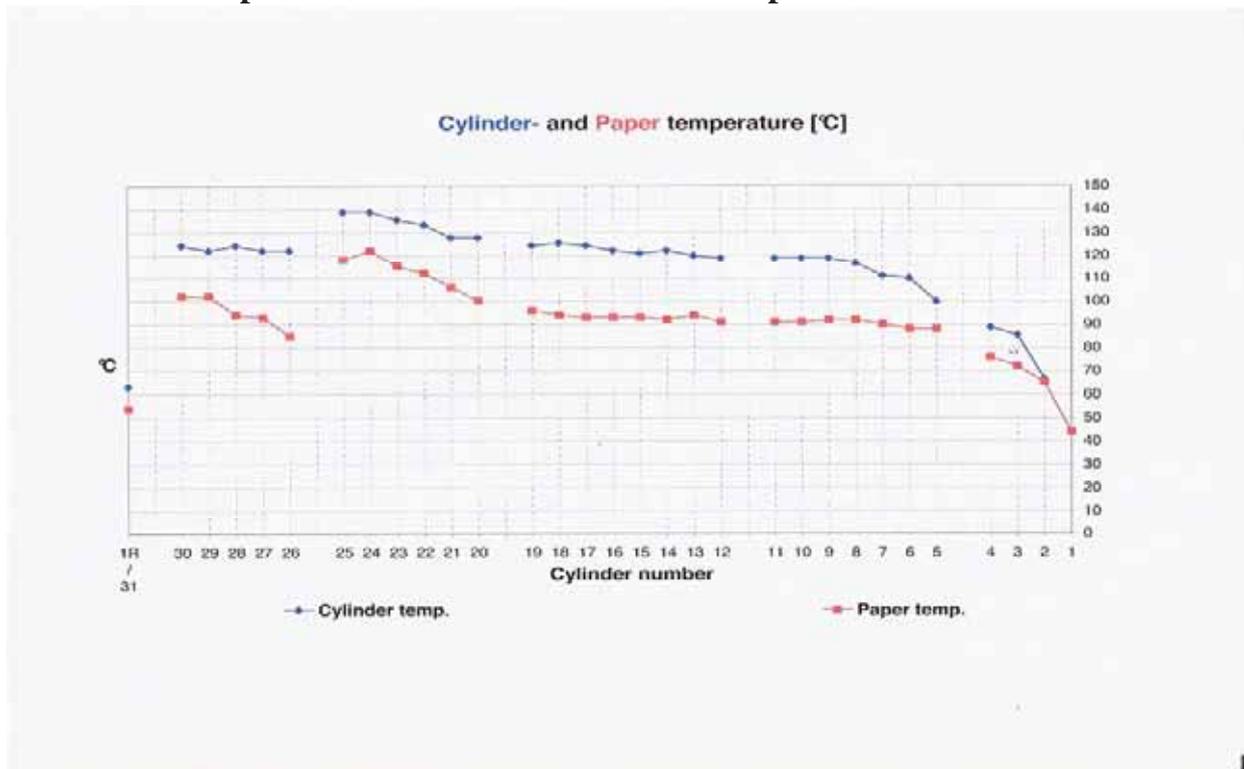
- I gruppi di asciugatura della pre-seccheria e della post-seccheria.
- L'interfaccia grafico di controllo a DCS dell'impianto vapore
- Un esempio di profilo in senso macchina della temperatura della carta e dei cilindri



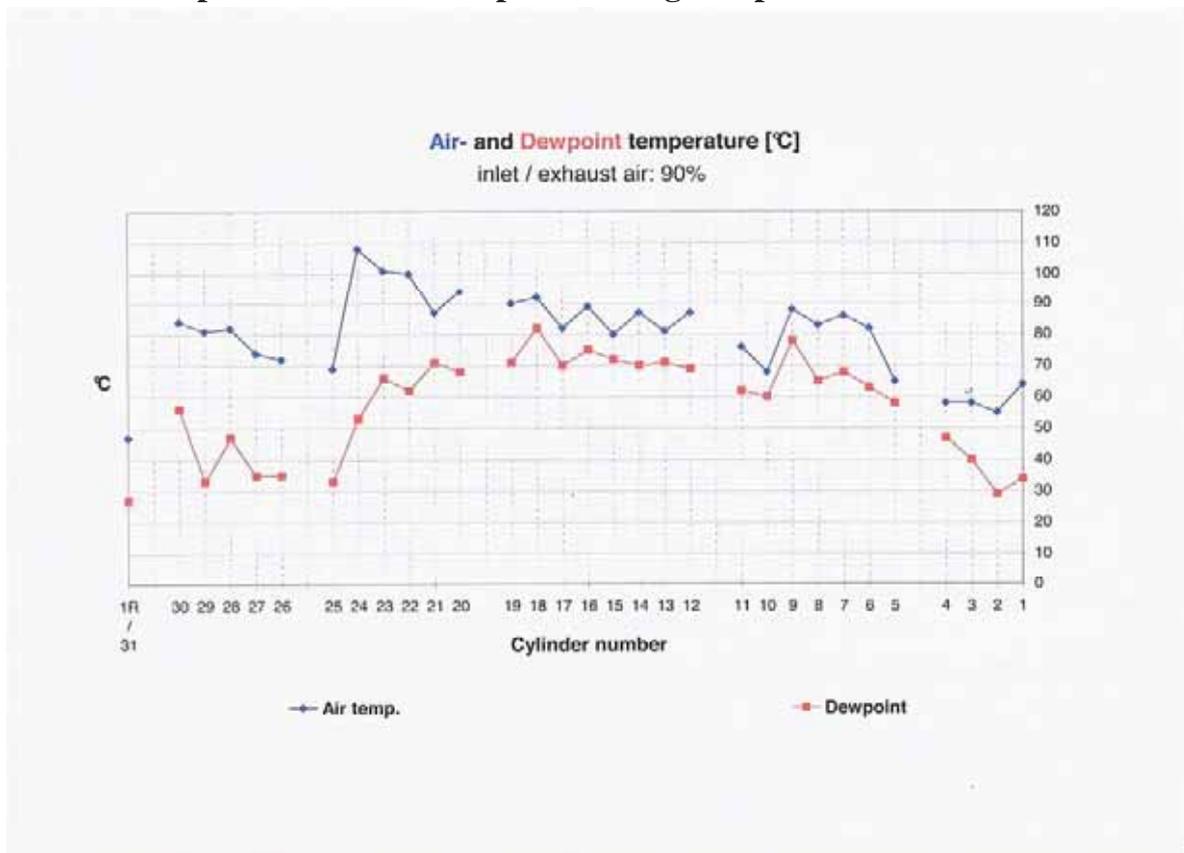
## Regolazione del vapore da DCS prima della modifica (pre e post seccheria)



## Temperatura rilevata di carta e cilindri prima della modifica



## Temperatura dell'aria e punto di rugiada prima della modifica



## 2.3 SITUAZIONE DOPO LA MODIFICA DI AGOSTO 2012

### 2.3.1 Obiettivi del progetto

Il progetto ha interessato l'up-grade dell'impianto vapore della seccheria per consentire un aumento della capacità produttiva della PM4 e una riduzione del consumo specifico di vapore con conseguente risparmio energetico.

Il progetto ha previsto il completo rifacimento dell'impianto vapore composto da:

- 1) controllo singolo e separato della pressione di vapore dei cilindri 2,3,4,5 e 6 in modo da ottenere un'adeguata rampa di riscaldamento della superficie dei cilindri warm-up
- 2) miglioramento del sistema del vuoto con conseguente migliore flessibilità di regolazione pressione vapore e temperatura nei primi cilindri
- 3) suddivisione dell'attuale gruppo principale pre-seccheria cilindri in due gruppi in cascata, il primo, cilindri 7-20, dedicato per l'asciugamento della carta e il secondo, cilindri 21-25, per il controllo dell'umidità in ingresso al patinatore
- 4) regolazione separata della pressione di vapore tra i cilindri superiori e inferiori della post-seccheria in modo da ridurre l'effetto curling sulla carta
- 5) nuova strumentazione per controllo differenziale della pressione vapore tra ingresso e uscita di tutti i cilindri della seccheria per maggiore flessibilità regolazione temperature e riduzione vapore attraversante da condensare
- 6) recupero del vapore di flash allora disperso in gran parte in atmosfera con conseguente risparmio energetico (recupero vapore di flash cilindri 27-30)
- 7) montaggio barre di turbolenza e nuovi giunti rotanti e nuovi sifoni in tutta la seccheria in modo da garantire un migliore scambio termico tra vapore e foglio di carta e una migliore evacuazione della condensa
- 8) nuovo sistema di supervisione collegato al DCS per il controllo dei parametri di produzione e l'ottimizzazione del consumo energetico.

I vantaggi, che in fase di definizione del progetto si è valutato di ottenere, sono i seguenti:

- 1) aumento del 2% della produzione delle carte monopatinate con grammatura minore di 60 g/m<sup>2</sup> e del 5% la produzione delle rimanenti carte doppio patinate con grammatura uguale o maggiore di 60 g/m<sup>2</sup> ;
- 2) differenziazione della pressione di vapore tra i cilindri superiori e inferiori della post-seccheria riducendo così l'effetto curling della carta;
- 3) aumento umidità del 0,3 % sulle carte finite in macchina;

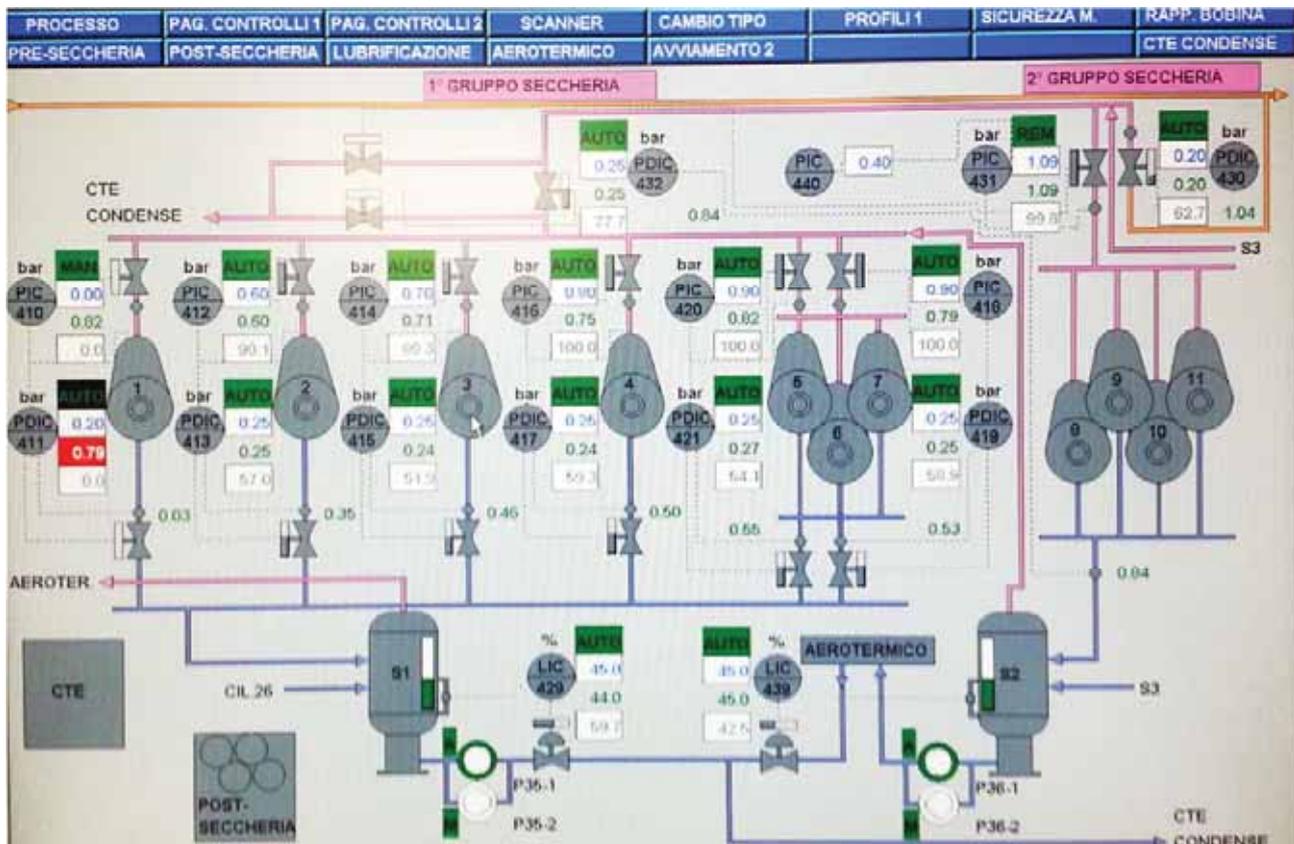
- 4) riduzione del consumo specifico di vapore di circa 90 Kg/t pari a 5.000 kg/h;
- 5) maggiore regolazione dell'umidità e del profilo di umidità della carta in ingresso al patinatore e al pope di macchina, mantenendo un buon profilo di umidità;
- 6) migliore flessibilità nella regolazione e controllo dei parametri di asciugamento e quindi di conduzione macchina;
- 7) maggiore garanzia di funzionamento PM4 grazie alla disponibilità di pezzi di ricambio.

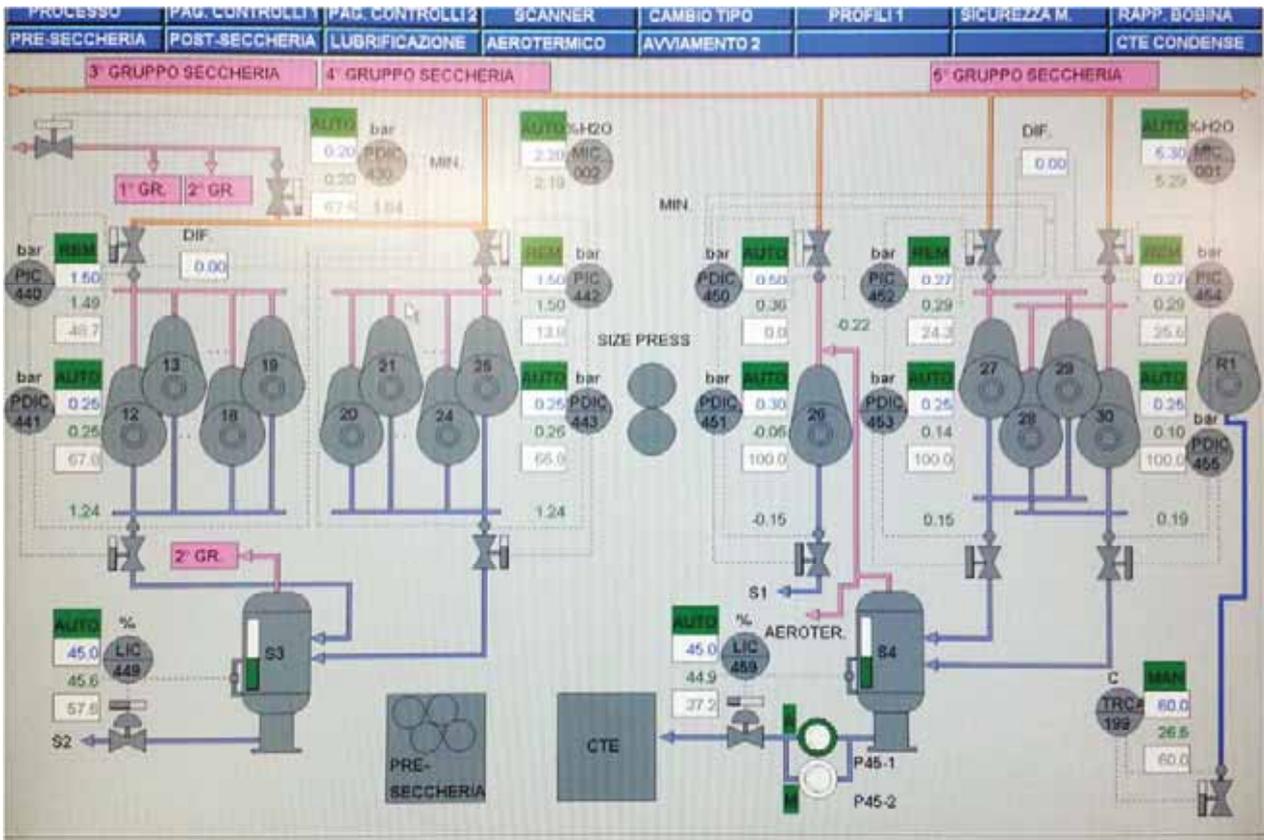
### 2.3.2 Layout seccherie, schemi di regolazione e profili di temperatura

Le immagini seguenti illustrano nell'ordine:

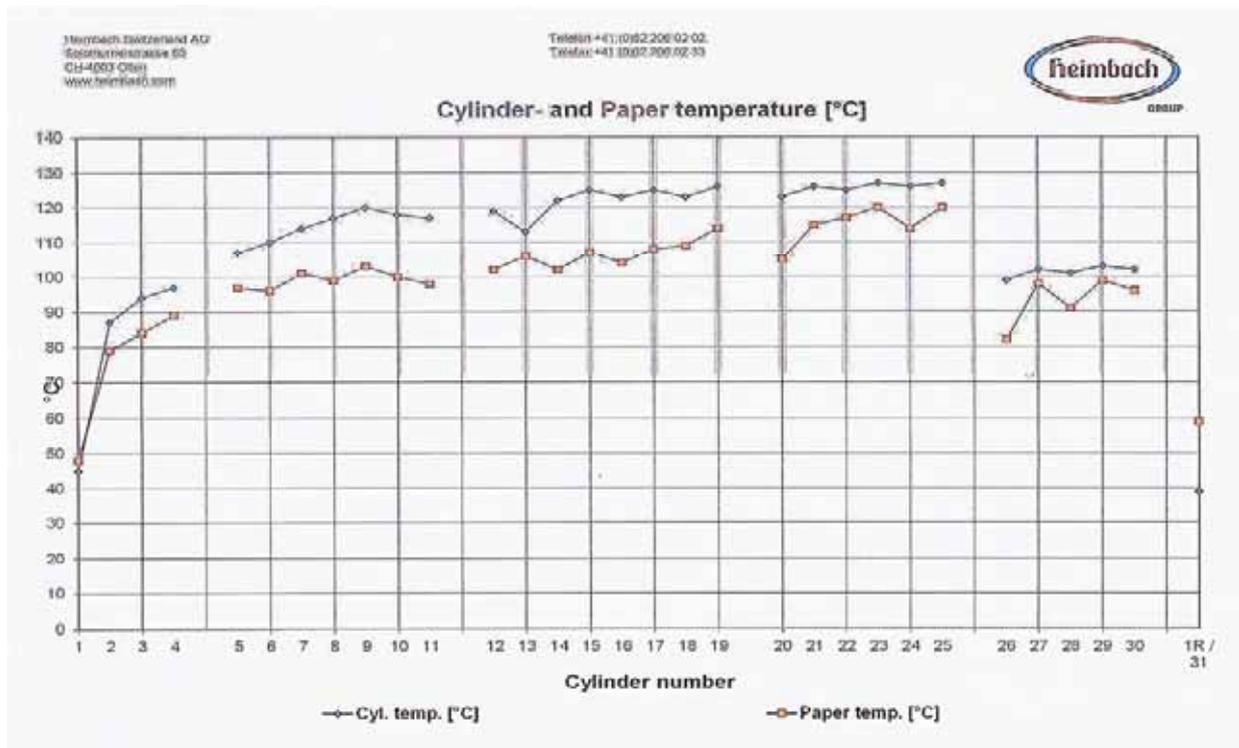
- l'interfaccia grafica di controllo a DCS dell'impianto vapore integrato con le modifiche impiantistiche;
- il profilo in senso macchina della temperatura della carta e dei cilindri con lo stessa tipologia di carta con cui si erano registrate le temperature ante modifica.

#### Regolazione vapore da DCS dopo modifica della seccheria (pre e post)

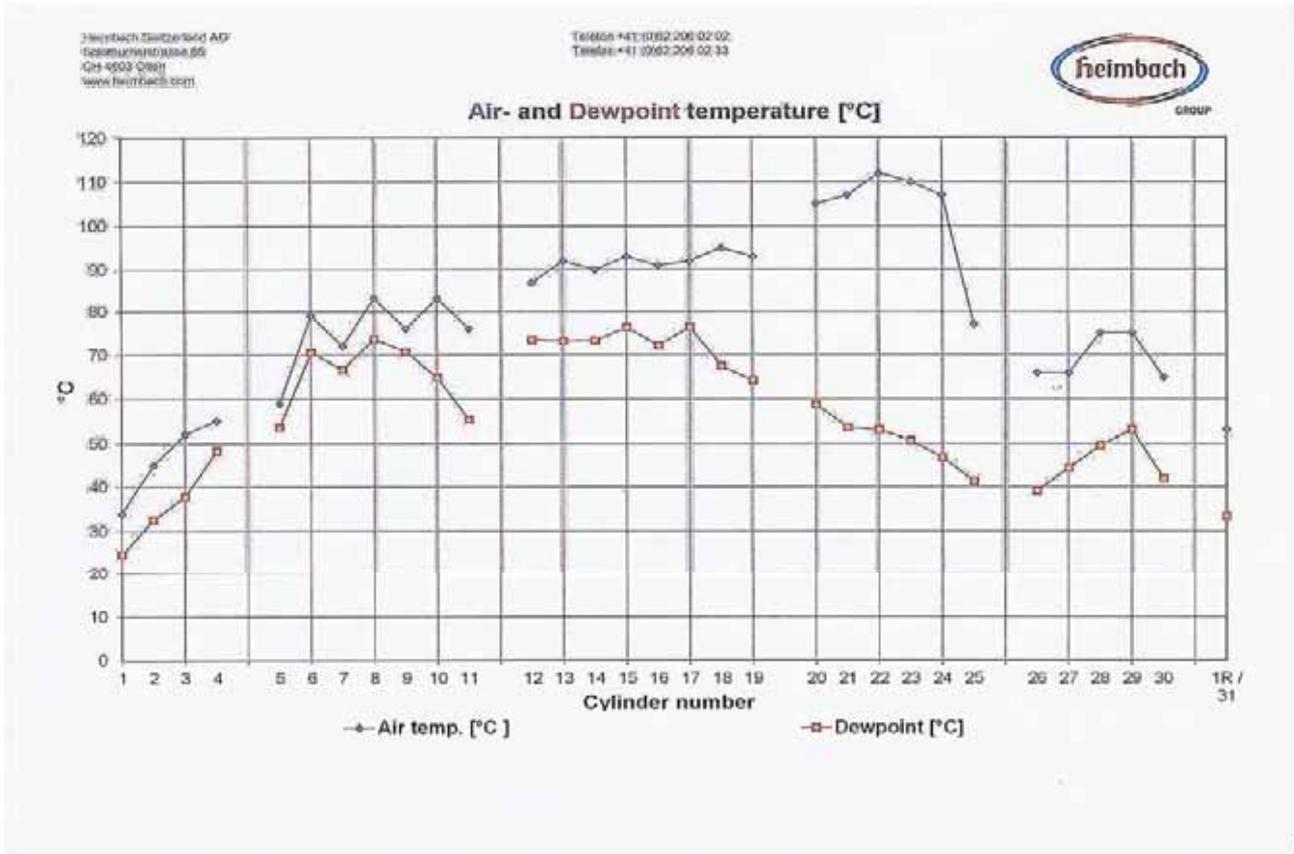




Temperatura dei cilindri e della carta dopo la modifica



## Temperatura dell'aria e punto di rugiada dopo la modifica



### 2.3.3 Risultati

Tipo carta	Velocità (m/min)		Delta vel.	consumo spe. Vap (T <sub>vap</sub> /T <sub>carta</sub> )		Delta vap. (%)
	prima	dopo	delta	prima	dopo	delta
Adicar 2 67 g/m <sup>2</sup>	640	700	+ 9%	2	1,7	-15%
Carcoat OB 40 g/m <sup>2</sup>	710	750	+ 6%	2,7	2,4	-11%
Carcoat Soft 104 g/m <sup>2</sup>	410	440	+ 9%	1,8	1,5	-17%

### 2.3.4 Conclusioni

I benefici qualitativi e quantitativi ottenuti con questa modifica sono chiaramente rappresentati dai grafici del profilo delle temperature e dalla tabella che mette a confronto le prestazioni della PM4.

- I cilindri essiccatori della preseccheria (gruppo 4°), raggiungono al massimo temperature di 120 °C; per la postseccheria il controllo del vapore è in grado di mantenere le temperature sotto gli 80 °C, quanto necessario per garantire l'umidità richiesta al pope senza inutili dispersioni energetiche
- La tabella illustra vantaggi produttivi rispetto alla configurazione passata con una media prossima al 8% e contemporaneo risparmio energetico (medio del 15%) dovuto ad un migliorato scambio termico

Gli obiettivi che ci si era posti (cap. 2.3.1) risultano perciò pienamente raggiunti.

### **3 OTTIMIZZAZIONE ENERGETICA E PRESTAZIONALE DELLA LINEA DI RAFFINAZIONE PM4**

#### **Premessa**

Nell'ottica di una continua ricerca sulla riduzione del fabbisogno energetico, ci si è posti la questione se fosse possibile ottimizzare la resa energetica della raffinazione, in particolare quella linea 4°, responsabile di un'importante quota parte del consumo di energia elettrica dell'intero stabilimento (a regime 1.25 MW). Una risposta è venuta dalla presentazione da parte di Metso Italia di una nuovo disegno di guarniture, denominato Microbar, inizialmente sviluppato per il trattamento delle fibre corte e successivamente applicato alla raffinazione degli impasti misti, com'è il caso della linea di preparazione impasti di PM4.

Di seguito, dopo una breve disquisizione sulla teoria della raffinazione, si presenteranno le modifiche introdotte e gli interessanti risultati misurati dopo un anno circa di funzionamento a regime delle nuove guarniture.

#### **3.1 BREVI CENNI TEORICI SULLA RAFFINAZIONE**

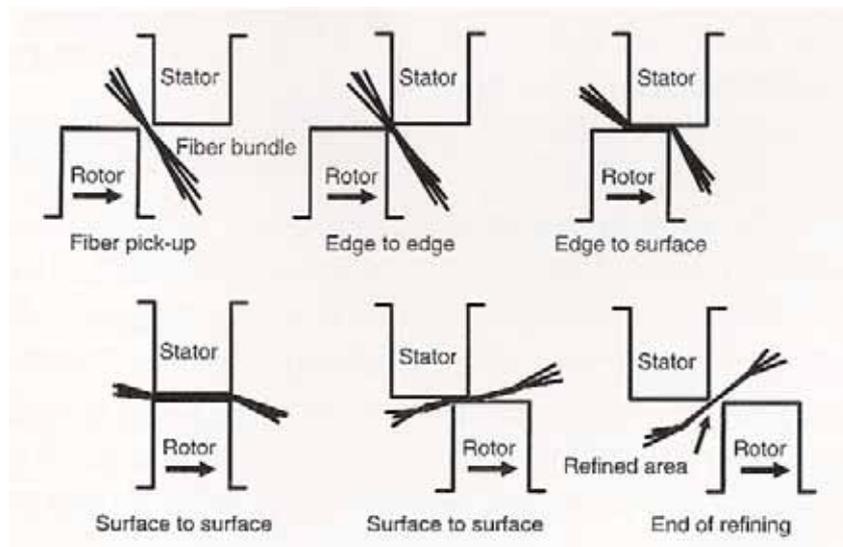
##### **Obiettivi della raffinazione**

La raffinazione delle paste chimiche consiste in un trattamento meccanico di modifica morfologica delle fibre in modo che esse possano sviluppare all'interno della carta stessa le proprietà desiderate.

L'obiettivo principale della raffinazione è quello di migliorare le capacità leganti delle fibre in modo che esse possano formare un foglio di carta resistente e liscio con buone qualità di stampa. In altri casi l'obiettivo è di ridurre la lunghezza delle fibre lunghe per migliorare la formazione o sviluppare altre caratteristiche quali l'assorbente, la porosità o specifiche proprietà ottiche per dati tipi di carta.

##### **Principi della raffinazione**

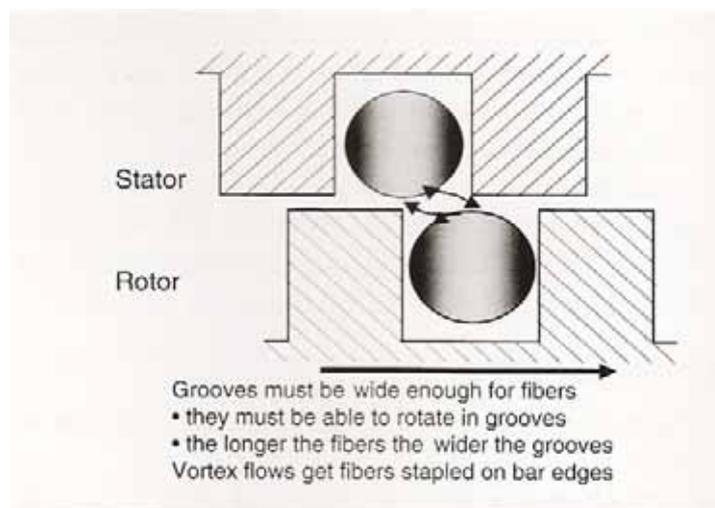
Il metodo più comune di raffinare è quello di trattare le fibre in sospensione acquosa con barre metalliche. Le piastre sono scanalate in modo che le barre e le scanalature tra le barre permettano il trasporto delle fibre attraverso il raffinatore. La figura che segue mostra i diversi stadi della raffinazione.



Per primo, le fibre sono raccolte dai bordi delle barre, durante questa fase di “cattura”, con la consistenza tipicamente tra 3% e 5%, i fiocchi di fibre contengono molta acqua. Quando i bordi delle barre del rotore si approssimano a quelli dello statore, i fiocchi di fibra sono fortemente compressi; come risultato, gran parte dell’acqua viene evacuata dal fiocco. Simultaneamente, le fibre corte che hanno una minore capacità di flocculazione vengono parzialmente estratte dal fiocco e fluiscono più agilmente tra le scanalature e le barre, mentre le fibre trattenute nel fiocco sono compresse tra le barre metalliche e ricevono l’effetto della raffinazione. Dopo di ciò, i bordi esterni delle barre scorrono lungo il fiocco di fibre pressandolo contro la superficie piatta delle barre stesse. Nella raffinazione a bassa consistenza, la distanza tra le superfici è di 100 micron, che corrisponde allo spessore di 2-3 fibre gonfiate o a 10-20 fibre collassate. Gran parte della raffinazione avviene durante questo scorrimento bordo/superficie quando i bordi delle barre danno un trattamento meccanico e di frizione che si riflette tra le fibre all’interno del fiocco. Questa fase continua fintantoché la fibra attraversa l’intera superficie della barra contrapposta; dopo questa fase il fiocco di fibre è ancora premuto tra le superfici piatte delle barre fino a che la parte finale della barra del rotore lascia quella finale dello statore. Gli stadi di raffinazione descritti esercitano un impatto sui fiocchi di fibra e la lunghezza di questo impatto dipende dalla larghezza e dall’angolo di intersezione delle barre.

Quando le barre del rotore si muovono verso le barre dello statore, si sviluppano dei vortici piuttosto forti all’interno delle scanalature, questo fenomeno intrappola le fibre sui bordi delle barre durante la fase di “cattura” descritta in precedenza.

Se le scanalature sono troppo strette le fibre ed i fiocchi non possono ruotare all’interno delle scanalature stesse, non ricevendo in questo modo nessun effetto di raffinazione.



Il risultato della raffinazione dipende in massima parte dall'azione dei bordi delle barre e dal comportamento delle fibre nel fiocco durante le azioni di impatto. Le fibre lunghe generalmente riescono a ricevere maggior sollecitazione dall'azione delle barre creando fiocchi resistenti che difficilmente si rompono con la raffinazione. La diminuzione della distanza tra le barre accelera la variazione del grado di raffinazione e aumenta l'effetto di taglio. Al contrario, è più difficile ottenere lo stesso effetto di flocculazione con la fibra corta che invece per sua natura costituisce fiocchi più deboli e quindi più facili da aprire.

### **Effetti della raffinazione sulle caratteristiche delle fibre**

La raffinazione influenza le fibre in molti modi, i più importanti sono i seguenti:

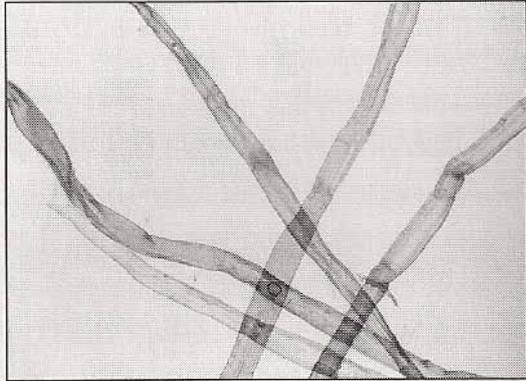
- taglio delle fibre;
- produzioni di fini e rimozione di particelle dalla superficie esterna;
- fibrillazione esterna e parziale rimozione dello strato superficiale esterno;
- variazioni interne nella struttura particellare della superficie sterna della fibra;
- redistribuzione delle emicellulose dall'interno all'esterno delle fibre.

Come risultato degli effetti descritti, le fibre dopo la raffinazione sono collassate, rese più flessibili e la loro superficie legante è incrementata. Le caratteristiche misurabili delle fibre, a seguito della raffinazione, sono le seguenti:

- incrementata resistenza al drenaggio;
- carico di rottura, legame interno, resistenza alla piega aumentati;
- resistenza alla lacerazione inizialmente aumentata, successivamente diminuita con il prolungarsi della raffinazione;
- permeabilità all'aria. Spessore, assorbenza, opacità e grado di riflessione alla luce diminuiti;
- luminosità leggermente diminuita.

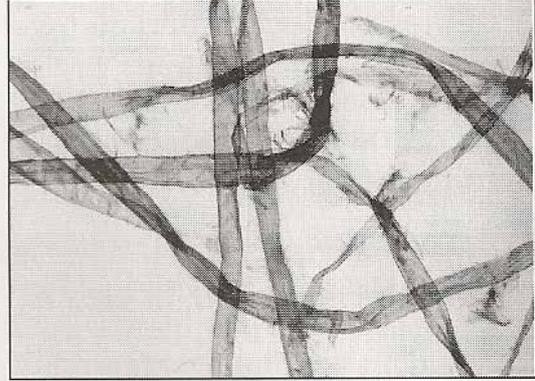
I principali effetti sono visibili nella figura che segue, che mostra due foto al microscopio di fibre non raffinate, e raffinate con un'intensità di 340 kWh/T al 4.2%.

### Da raffinare



Unrefined

### Raffinata



Refined with JC-01 at 4.2% consistency  
• Specific refining energy 4 x 85 kWh/bdmt

## 3.2 TIPOLOGIE DI CARTE ANALIZZATE E LORO CARATTERISTICHE

Vengono prese in considerazione le seguenti carte che rappresentano per grammatura e tipologia la quasi totalità delle carte prodotte su PM4:

- Adicar 2 - 67 g/m<sup>2</sup>
- Carcoat Soft - 104 g/m<sup>2</sup>
- Carcoat OB - 40 g/m<sup>2</sup>

La carta Adicar è prodotta nelle grammature da 70 a 90 g/m<sup>2</sup>, è bipatinata sul lato tela e presenta un lucido di stampa elevato (86%); è utilizzata principalmente per le etichette autoadesive, può essere stampata sia in rotocalco che in rotooffset. Un'altra importante applicazione è la metallizzazione che la pone come riferimento a livello mondiale. Le caratteristiche principali richieste sono la qualità superficiale, la stabilità dimensionale e una discreta resistenza meccanica.

La Carcoat Soft è finita nella grammatura di 125 g/m<sup>2</sup>, è una carta patinata su entrambi i lati con una doppia patinatura sul lato tela, il suo impiego è rivolto al settore del flexible packaging in questo caso nel settore tabacco della Cina. Offre una superficie di stampa (in genere rotocalco) con valori molto buoni di liscio e lucido nonché ottime caratteristiche di stabilità dimensionale.

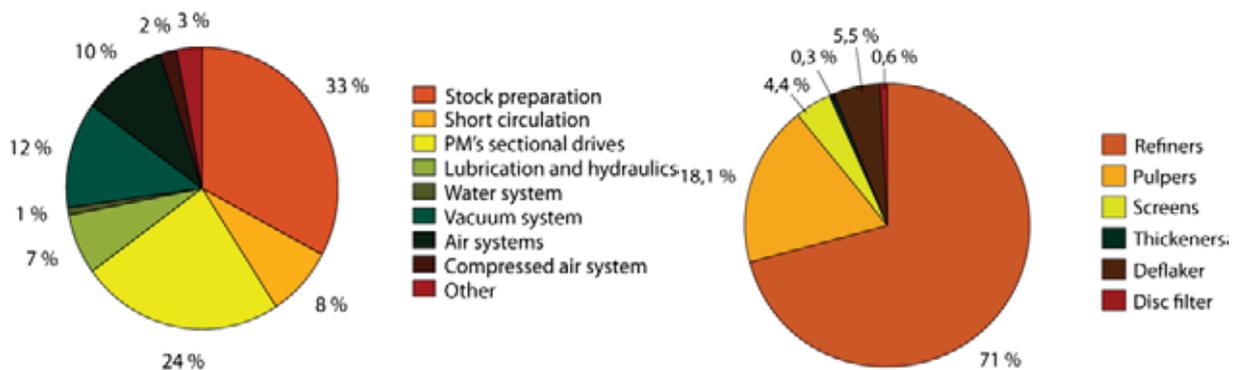
La carta Carcoat OB 40 è una monopatinata principalmente impiegata nel settore dell’imballaggio flessibile alimentare e farmaceutico. Deve offrire buoni valori di liscio e lucido, ottima formazione e porosità tale da non permettere il passaggio attraverso il suo esiguo spessore di inchiostro nella fase di stampa, l’impasto deve essere perciò raffinato con valori piuttosto elevati di energia specifica.

### 3.3 OBIETTIVI DELLA MODIFICA DELLE GUARNITURE

I principali obiettivi che ci siamo posti all’inizio di questo progetto si possono riassumere nei seguenti 5 punti:

#### 1 - Risparmio energetico

I diagrammi sottostanti mostrano chiaramente l’influenza della preparazione impasti e in particolare degli azionamenti dei raffinatori nel consumo energetico globale di una cartiera, i costi energetici si pongono come uno dei maggiori elementi che influenzano i margini aziendali.



#### 2 - Incremento del rapporto fibra corta/fibra lunga negli impasti

Notoriamente il costo della fibra corta si mantiene inferiore a quello della fibra lunga, la sua raffinabilità è superiore e le sue prerogative di miglior chiusura del foglio vanno nella direzione di gran parte delle carte prodotte nel nostro stabilimento. Poter disporre perciò di guarniture che riescano a sviluppare le potenzialità della fibra corta è un vantaggio da sfruttare per raggiungere le suddette caratteristiche; ulteriori vantaggi sono poi legati ad incremento della stabilità dimensionale, ad un generale incremento dello spessore del foglio, ad una minor energia termica richiesta in seccheria per l’asciugamento.

### **3 - Incremento delle caratteristiche meccaniche**

Anche questo obiettivo si pone come fine la riduzione dei costi di produzione; significa poter sviluppare maggior caratteristiche meccaniche a parità di impasto o poter utilizzare fibre più povere e quindi più economiche. Ciò ha come conseguenza la possibilità di incrementare la percentuale di riutilizzo di fogliaccio nell'impasto o di aggiungere cariche minerali a basso valore. In tutti questi casi un ulteriore beneficio proviene dal risparmio di energia termica nella seccheria.

### **4 - Incremento prestazionale**

E' una diretta conseguenza del poter disporre di un impasto più ricco di fibra corta e con una percentuale più alta di fogliaccio o carica minerale. Una migliore raffinabilità dell'impasto unita ad un ridotto fabbisogno energetico in termini di tonnellate specifiche di vapore, rappresentano un beneficio per due comuni colli di bottiglia di una macchina continua quali sono la raffinazione e la seccheria.

### **5 - Maggior durata delle guarniture**

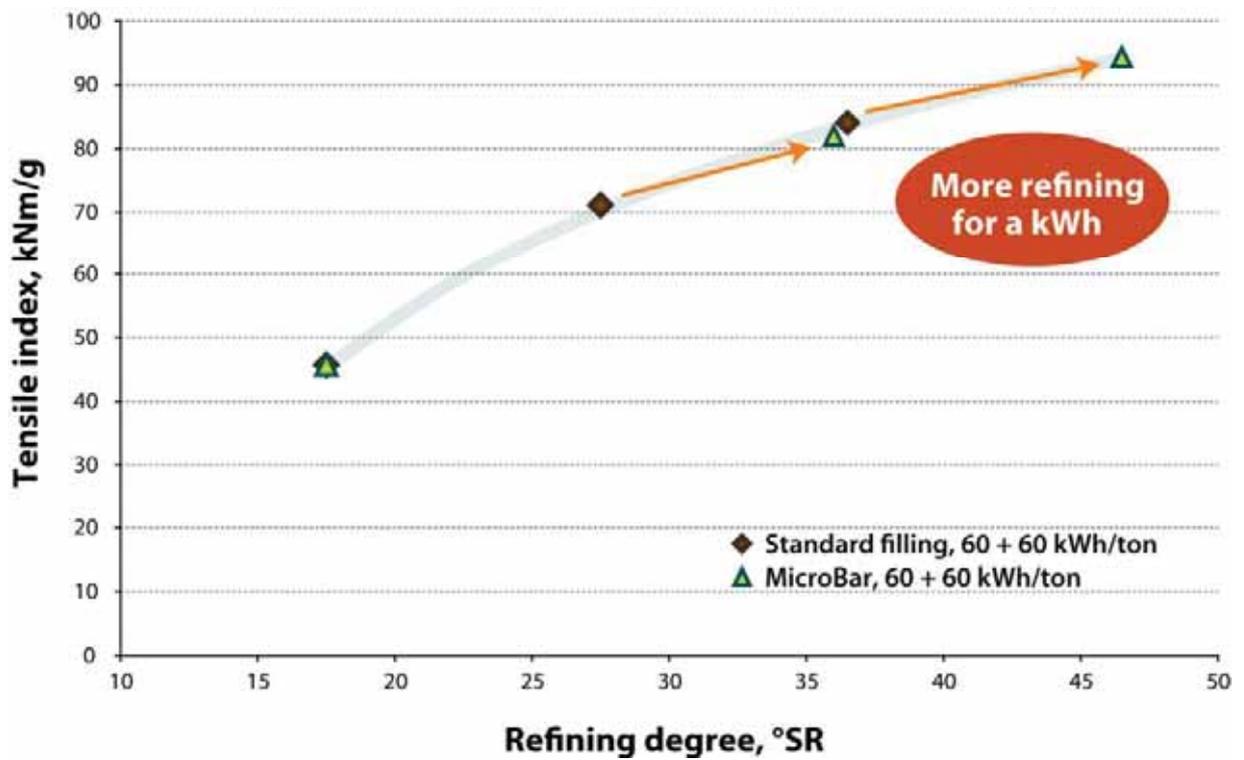
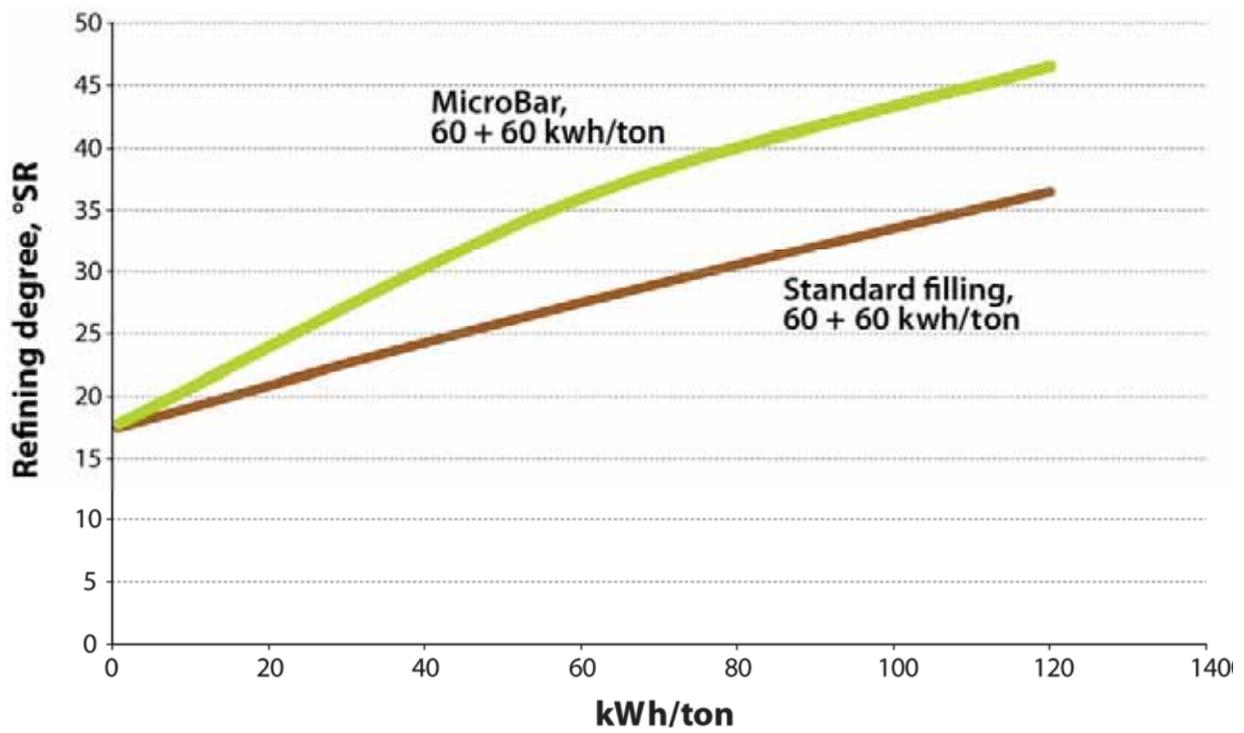
Le guarniture finora in uso hanno dimostrato negli anni importanti limiti in termini di durata, nell'ordine delle 5500 ore (circa 1 milione di kWh). La sostituzione delle guarniture in un raffinatore Claflin richiede inoltre un impegno di ore e di mezzi non trascurabile (25 ore-uomo). Da qui la necessità di testare e possibilmente omologare un nuovo tipo di guarnitura con una maggior durata.

## **3.4 TIPOLOGIA E CARATTERISTICHE DELLE GUARNITURE ADOTTATE (METSO – MICROBAR)**

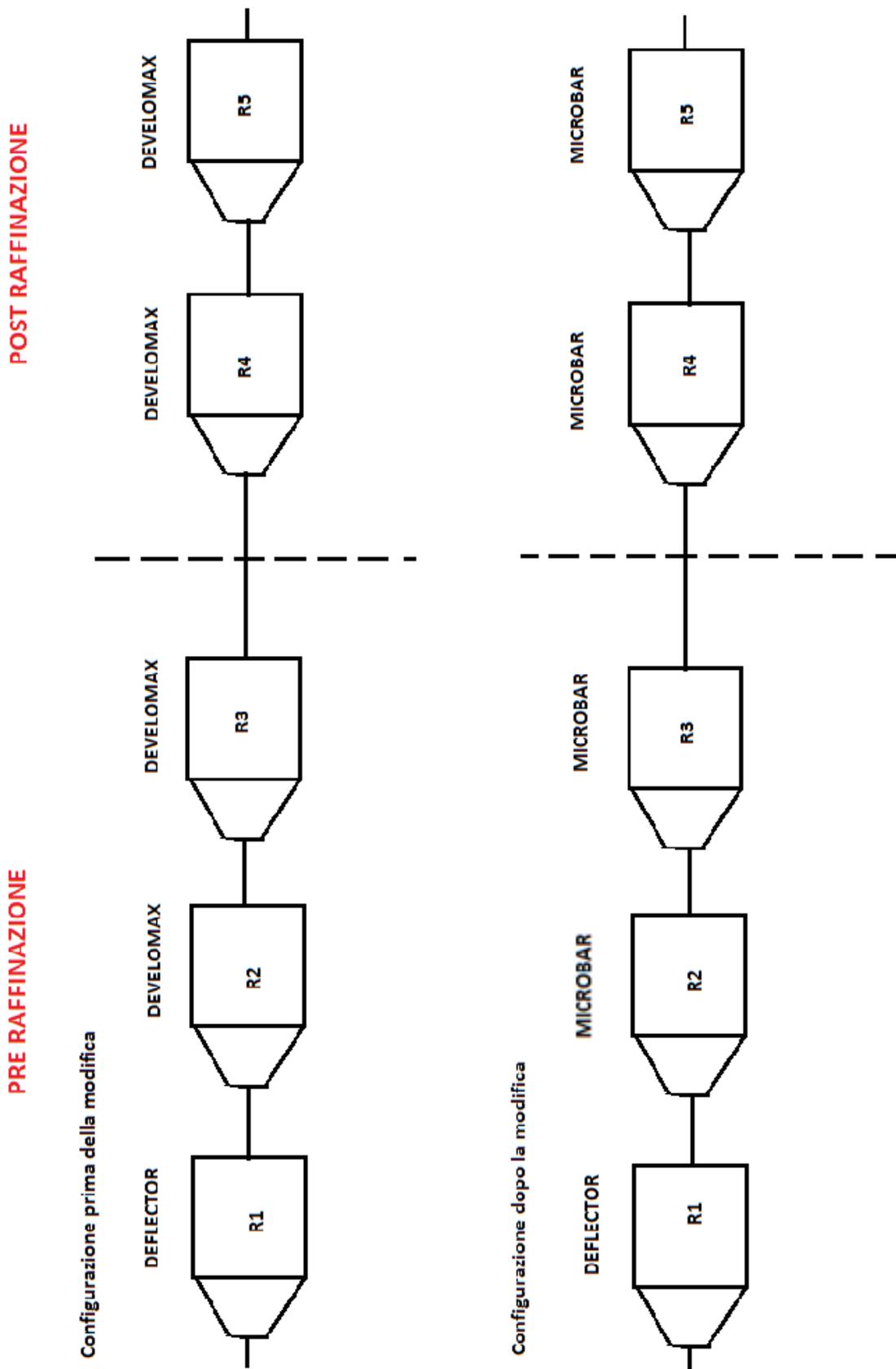
La linea di raffinazione di PM4 è composta interamente da raffinatori Bolton Emerson modello Claflin 202; è suddivisa in pre e post raffinazione per il motivo che oltre a tre raffinatori in serie la pressione in linea è tale da mettere a rischio la struttura stessa del raffinatore. La linea è stata da sempre configurata con un raffinatore dedicato al taglio della fibra (Deflector) in prima posizione e gli altri dedicati all'azione di fibrillazione (Develomax). Con l'introduzione delle nuove guarniture, si è passati gradualmente alla sostituzione di quest'ultimo modello; i migliori risultati si sono registrati con la completa sostituzione dei raffinatori nelle posizioni 2/3/4/5.

I grafici seguenti rappresenta i benefici secondo la casa costruttrice derivanti dall'impiego delle guarniture Microbar per raffinazione di fibra corta di Eucalipto. Come vedremo dai

risultati ottenuti per le nostre carte, la situazione reale si avvicina a quanto previsto in fase di valutazione.



### 3.5 Configurazione dei raffinatori prima e dopo la modifica



### 3.6 ANALISI DEI RISULTATI

Le tabelle che seguono riportano, per le tre tipologie di carte considerate come riferimento, rispettivamente la variazione delle caratteristiche meccaniche e l'energia specifica di raffinazione.

#### 3.6.1 Caratteristiche meccaniche

TIPO CARTA		CARICO ROTTURA LONGITUDINALE (N/15mm)	CARICO ROTTURA TRAVERSALE (N/15 mm)	DELTA %
ADICAR 2 80 g/m <sup>2</sup>	PRIMA	69,6	38,4	+ 3%
	DOPO	70,9	41	
CARCOAT SOFT 104 g/m <sup>2</sup>	PRIMA	109,3	67,2	+ 2%
	DOPO	109,6	71,5	
CARCOAT OB 40 g/m <sup>2</sup>	PRIMA	39	21,7	+ 5%
	DOPO	41,2	22,2	

NB: il dosaggio di fogliaccio è stato mantenuto costante

### 3.6.2 Energia specifica di raffinazione prima e dopo modifica (kWh/Tcarta)

Tipo carta	g/m <sup>2</sup>		VEL	°SR	A3/0	A3/1	A3/2	A3/3	A2/5	SRE	DELTA ENERGIA
ADICAR 2 OB	67	DOPO	700	24	0	32	32	0	30	94	-11%
		PRIMA	640	23	38	0	38	30	0	106	
CARCOAT	40	DOPO	750	37	45	45	45	45	45	225	-6%
		PRIMA	710	40	48	48	48	48	48	240	
CARCOAT SOFT	104	DOPO	440	26	0	22	22	22	22	88	-33%
		PRIMA	410	26	43	0	43	45	0	131	

## CONCLUSIONI

I dati dei risultati mostrano chiaramente come l'introduzione delle nuove guarnitura abbia avuto un impatto positivo sia per ciò che riguarda lo sviluppo delle caratteristiche meccaniche, sia in termini di risparmio energetico. A questi, non meno importanti, vanno sommati altri benefici indiretti quali lo spostamento del rapporto fibra corta/fibra lunga a favore della prima (di circa il 15%), l'aumento delle prestazioni della sezione raffinazione e la diminuzione della energia specifica di asciugamento nella seccheria.