

XVI corso di Tecnologia per Tecnici Cartari
edizione 2008/2009

Cassa d'afflusso MasterJet F e Measurex

di Bassi Stefano



Scuola Interregionale
di tecnologia per tecnici Cartari

Istituto Salesiano «San Zeno» - Via Don Minzoni, 50 - 37138 Verona
www.scuolagraficasanzeno.com - scuolacartaria@sanzeno.org

INDICE

- 1. INTRODUZIONE**
- 2. CASSA D’AFFLUSSO MASTERJET F**
 - 2.1 Funzionamento
 - 2.2 Regolazione del profilo trasversale
 - 2.3 EdgeModule
 - 2.4 Regolazione verticale del labbro
 - 2.5 Regolazione orizzontale del labbro
 - 2.6 Il diaframma
 - 2.7 Guancia formato
 - 2.8 EdgeMaster
 - 2.9 Tubo spruzzatore del cilindro capotela
 - 2.10 Pannello di copertura apribile
 - 2.11 Serbatoio smorzatore di pulsazioni
 - 2.12 Circuito di riscaldamento
 - 2.13 Regolazione della pressione
 - 2.14 Regolazione dell’acqua di diluizione
 - 2.15 Regolazione del profilo trasversale della grammatura
 - 2.16 Curva d’esercizio
 - 2.17 Sistema attuatori
 - 2.18 Comunicazione con gli attuatori
 - 2.19 Software di regolazione Profilmatic®
 - 2.20 Funzionamento del software nella regolazione del profilo trasversale
- 3. SISTEMA MEASUREX**
 - 3.1 Componenti sistema
 - 3.2 Quadro cabina Measurex e schede relative
 - 3.3 Sensore di grammatura
 - 3.4 Sensore di umidità
 - 3.5 Sensore di spessore
 - 3.6 Controllo di processo
 - 3.7 Anelli di supervisione
 - 3.8 Controllo di grammatura
 - 3.9 Controllo di umidità
 - 3.10 Controllo adattativo di umidità
 - 3.11 Cambio coordinato di velocità
 - 3.12 Sezione di controllo della Cassa d’afflusso
 - 3.13 Deviazione 2 sigma (2σ)
- 4. CONCLUSIONI**

1. INTRODUZIONE

Il mese di aprile 2007 è il mese in cui si svolge la fermata per modifiche MC1 dello stabilimento Cartiera Burgo di Mantova.

Le modifiche hanno riguardato:

- Modifica di tutto il circuito di testa macchina;
- Installazione di una nuova cassa d'afflusso Voith a diluizione;
- Revisione completa dell'assetto di tavola piana e telino (rettifica e/o sostituzione elementi drenanti);
- Ricostruzione completa delle prime due batterie essicatrici con nuove cassette stabilizzatrici, oltre ad un nuovo sistema di passaggio punta tra prima batteria bis e seconda;
- Installazione della nuova soft calender Andritz Kusters;
- Modifiche al pope, che preleva in automatico i pali per avvolgitura, da un nuovo magazzino pali;
- Revisione completa di tutto l'azionamento per l'installazione di nuovi motori in alternata per le prime due batterie essicatrici.

La modifica è stata sostanziale e l'investimento molto oneroso con obiettivo essenziale: il miglioramento qualitativo del prodotto finito.

La fermata impianti è partita dal 16 di aprile e il giorno ufficiale di avviamento è stato il 10 di maggio..

In particolare ho deciso di sviluppare l'argomento cassa d'afflusso per considerare l'evoluzione sostanziale di questo congegno nella produzione cartaria in relazione al fatto che in questa modifica si è dovuto integrare il software della testa di scansione **Measurex** con il software **Profilmatic**[®] di gestione della cassa d'afflusso.

2. CASSA D'AFFLUSSO MASTERJET F

DATI DI PROGETTAZIONE:

Portata totale attraverso l'apertura d'efflusso	48.400 – 73.600 l/min
Portata principale HD	42.600 – 63.800 l/min
Portata principale LD	8.800 – 14.400 l/min
Velocità di costruzione	1.500 m/min
Velocità di produzione massima	1.400 m/min
Velocità di produzione minima	1.200 m/min
Grammatura	32 – 50 g/m ²
Prodotti	Newsprint
Apertura minima del labbro	3 mm
Apertura massima del labbro (produzione)	14,3 mm
Apertura massima del labbro (manutenzione)	120 mm
Sporgenza minima labbro inferiore	3 mm
Sporgenza massima labbro inferiore	20 mm
Larghezza massima nastro di carta spruzzata	7.440 mm
Larghezza minima della tela d'essiccamento	7.600 mm
Tensione della tela	≥ 4 kN/m

2.1 FUNZIONAMENTO

La sospensione è distribuita uniformemente per la larghezza della macchina tramite tubi distributori. Il tubo distributore HD trasporta una sospensione con densità della pasta elevata, mentre il tubo distributore LD convoglia una sospensione con una densità della pasta inferiore. Entrambi i tubi presentano una forma a sezione decrescente nella direzione di flusso; in questo modo, la pressione e velocità del flusso rimangono costanti durante il prelievo continuo della sospensione.

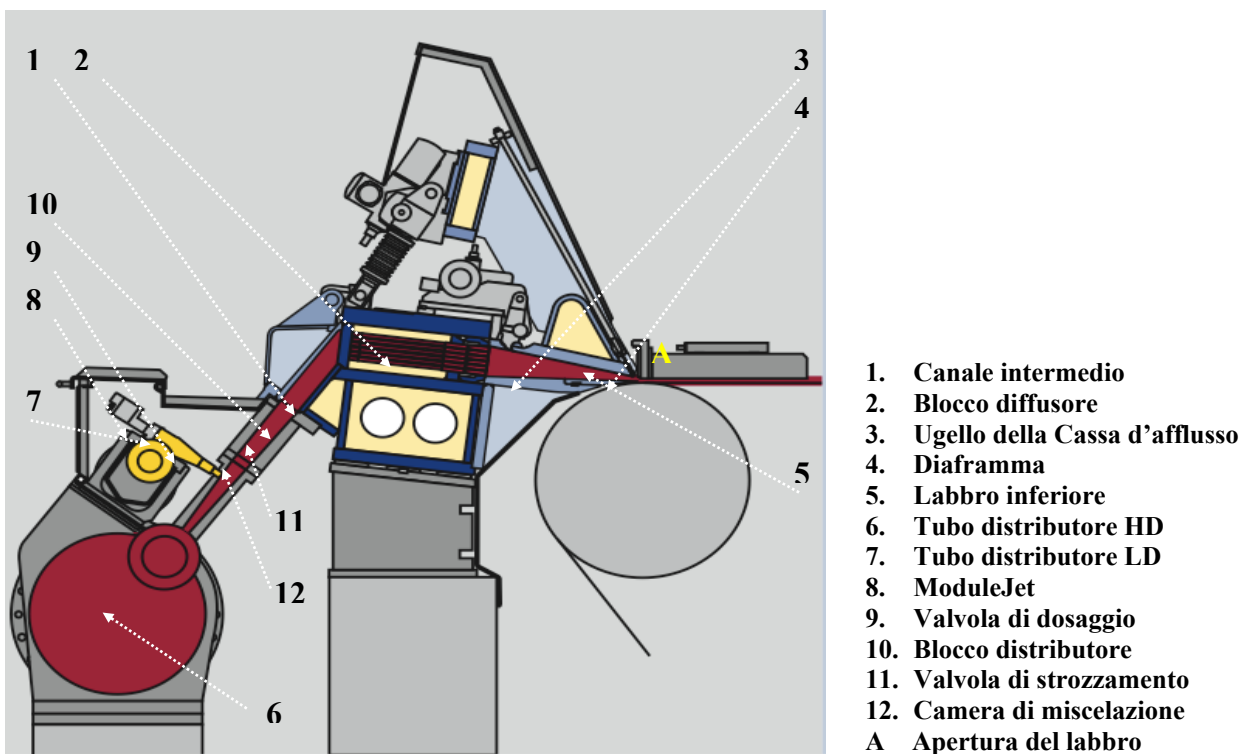
Per poter generare un equilibrio di pressione tra entrata ed uscita, nella linea di ricircolo è presente un cursore.

La sospensione è introdotta in C.d.A. attraverso il canale intermedio. In esso confluiscono i flussi parziali provenienti dalle singole unità del ModuleJet che vengono poi convogliati nel blocco diffusore; esse regolano la densità della pasta per sezioni su tutta la larghezza della macchina.

Nelle camere di miscelazione (12) del ModuleJet i flussi HD e LD vengono miscelati. La somma dei due flussi parziali resta costante durante questa operazione. La variazione del rapporto di miscelazione ha come conseguenza un'alterazione della

grammatura per sezione. Una valvola di dosaggio (9) regola l'alimentazione del flusso LD per sezione nella camera di miscelazione. La valvola di dosaggio è situata tra il tubo distributore LD (7) e la camera di miscelazione d'ogni unità del ModuleJet. Il flusso è regolato attraverso un movimento lineare dell'asta della valvola.

Il rapporto di miscelazione d'entrambi i flussi determina la densità della pasta per sezione nelle singole camere di miscelazione e quindi il profilo trasversale della massa riferita alla superficie. Più flusso LD scorre nella camera di miscelazione, più diminuisce la densità della pasta del flusso totale per sezione in un'unità del ModuleJet. Uno strozzamento (11) nel passaggio verso il blocco distributore comporta una miscelazione intensiva d'entrambi i flussi parziali.



Nella figura seguente (figura 1) si mostra un esempio di grammatura ridotta ai bordi rispetto al centro

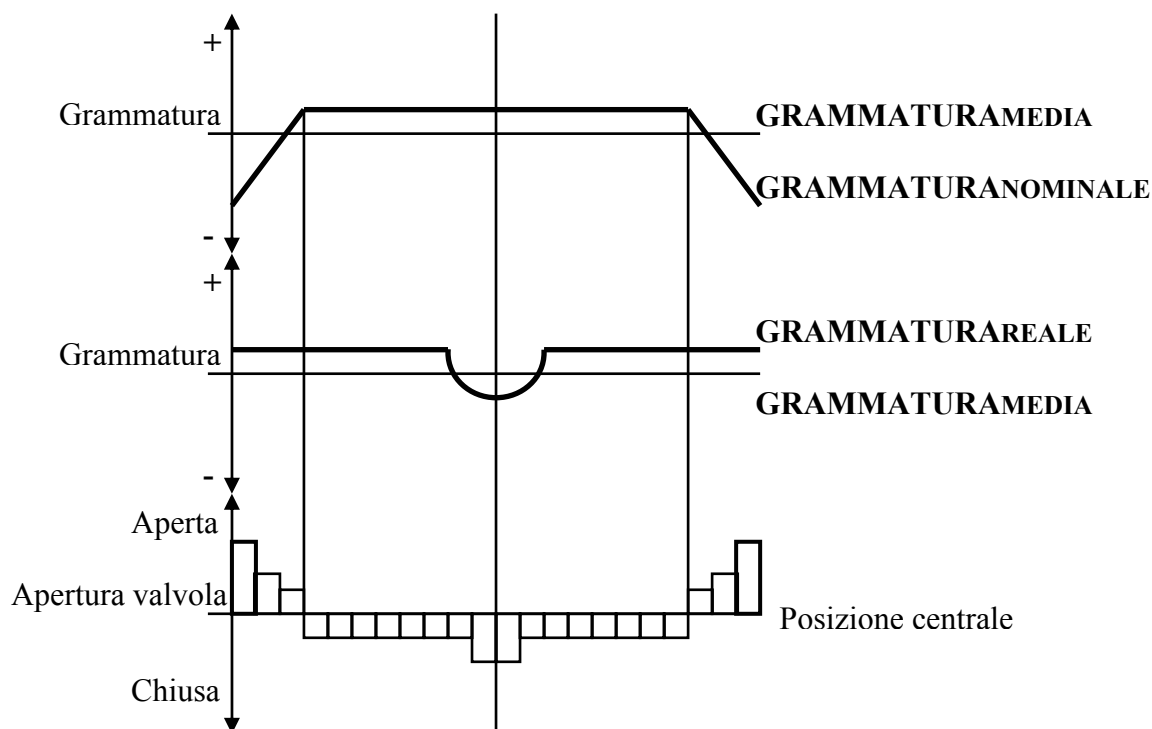


Figura 1: Regolazione del profilo trasversale

La somma dei flussi LD, che scorrono attraverso tutte le valvole di dosaggio, è costante ad una determinata velocità della macchina ed apertura del labbro. In caso di aumento di velocità, viene incrementata la portata in volume attraverso la cassa d'afflusso; in questo caso aumenta la somma dei flussi da dosare mentre il rapporto rispetto alla portata in volume complessivo attraverso la cassa rimane invariato. In tal modo si ha un'influenza uniforme sul profilo trasversale per tutte le velocità della macchina e le grammature.

Nel blocco diffusore si generano turbolenze della sospensione, che impediscono una flocculazione delle fibre di pasta, in cui i fasci di fibre vengono nuovamente districati e distribuiti in modo uniforme. I tubi del blocco diffusore presentano una sezione circolare in ingresso ed a nido d'ape in corrispondenza dell'efflusso. Questa geometria evita perdite nell'ugello della cassa d'afflusso. Le lamelle, poste orizzontalmente in uscita al blocco diffusore possono variare di numero, nel caso in cui ve ne siano due o più una di esse risulta

essere più lunga con profilo d'uscita seghettato; esse favoriscono la districazione ulteriore dei fiocchi che si possono formare nella sospensione

Grazie ad una sezione decrescente dell'ugello nella direzione del flusso, la sospensione viene accelerata alla velocità del getto. Il labbro inferiore, insieme al diaframma, forma l'apertura del labbro.

2.2 REGOLAZIONE DEL PROFILO TRASVERSALE

La regolazione del profilo trasversale di grammatura, si ottiene ricavando il valore medio delle singole grammature misurate. In caso di scostamento nella regolazione, il profilo trasversale della grammatura viene impostato attraverso l'azionamento della valvola per pasta densa collegata al tubo distributore LD. La regolazione dell'acqua di diluizione mantiene una sovrappressione nel tubo distributore LD rispetto al tubo distributore HD. Prima dell'arrotolamento i dati del nastro di carta sono rilevati da una testa di scansione, che attraversa tutta la larghezza del nastro di carta. Un elaboratore centrale confronta i valori reali di grammatura rilevati per ogni sezione con il profilo nominale predefinito.

Profilmatic[®] per ModuleJet è un sistema integrato per la regolazione del profilo trasversale sulle casse d'afflusso Voith Paper. La regolazione del profilo trasversale avviene mediante alimentazione centrale dell'acqua di diluizione sull'intera larghezza della macchina. Le valvole per l'alimentazione dell'acqua di diluizione, raggruppate in banchi da 8 attuatori e mai completamente chiuse per evitare intasamenti, possono essere comandate mediante il software.

Il motore della valvola comanda l'asta nella valvola di dosaggio. Qualora si rilevi uno scostamento di regolazione, il sistema Profilmatic[®] per ModuleJet emette un segnale di regolazione sul motore della valvola di dosaggio che si trova nella sezione dello scostamento di grammatura. Il motore della valvola agisce sull'asta della valvola stessa, cambiando il rapporto di miscelazione dei flussi HD/LD, con conseguente variazione di densità d'impasto e variazione di grammatura. Il motore della valvola invia segnali di posizione dell'asse del motore al sistema Profilmatic[®], che li inoltra al sistema di guida del processo. La posizione dell'asse del motore o dell'asta della valvola può essere letta anche in loco attraverso una finestra d'ispezione situata nel motore della valvola.

Mediante le valvole di dosaggio vengono regolati esclusivamente gli scostamenti di grammatura di una sezione rispetto al valore nominale di grammatura. La densità viene modificata per sezioni senza influire sull'idraulica della cassa d'afflusso o influire sul profilo d'orientamento delle fibre. Da considerare il fatto che il profilo trasversale risulta più costante rispetto a quello longitudinale in quanto la testa di lettura esegue scansioni molto più lente rispetto alla velocità di conduzione del nastro carta.

2.3 EDGEMODULE

L'unità EdgeModule influisce sulla posizione dell'orientamento della fibra con una portata in volume modificabile, che viene alimentata sul bordo del LS e LC del blocco diffusore. L'unità serve per migliorare l'orientamento della fibra, in particolare sui bordi del nastro carta. Quest'unità alimenta tramite tubi laterali esterni una portata in volume modificabile direttamente nell'ugello della cassa d'afflusso. La densità della pasta della portata in volume di EdgeModule rimane costante ed è quella che viene immessa attraverso il tubo distributore HD. L'EdgeModule si compone d'una valvola a segmento sferico e da un flussometro elettromagnetico, installati nella linea di collegamento tra tubo distributore e blocco diffusore. Il flussometro misura la portata in volume, la valvola imposta l'alimentazione desiderata o selezionata per i bordi.

Nel caso in cui sia necessario correggere l'orientamento di fibra, è possibile impostare l'apertura della valvola nel sistema di guida del processo. Partendo dall'impostazione 100% della valvola EdgeModule è possibile modificare la portata in volume di $\pm 60\%$. In questo modo nel EdgeModule si può verificare una variazione della portata in volume da 40% a 160% rispetto a quella di un'apertura del tubo diffusore. L'effetto sull'orientamento della fibra si basa sul **principio del dislocamento**. L'effetto di dislocamento si attenua procedendo dal bordo del nastro verso il centro della macchina. Se considerato dal bordo, agisce sul nastro di carta per circa 2 – 3 metri. L'influenza dell'angolo d'orientamento della fibra può arrivare a circa $\pm 4^\circ$. Il dislocamento delle portate in volume sui bordi influisce sulla misurazione della pressione dinamica nell'ugello. Poichè la misurazione della pressione dinamica viene effettuata sui bordi dell'ugello, essa si trova nel campo d'influenza diretta di EdgeModule.

L'EdgeModule serve solamente per ottimizzare l'orientamento della fibra e non deve essere impiegato per correggere gli scostamenti di grammatura di una sezione.

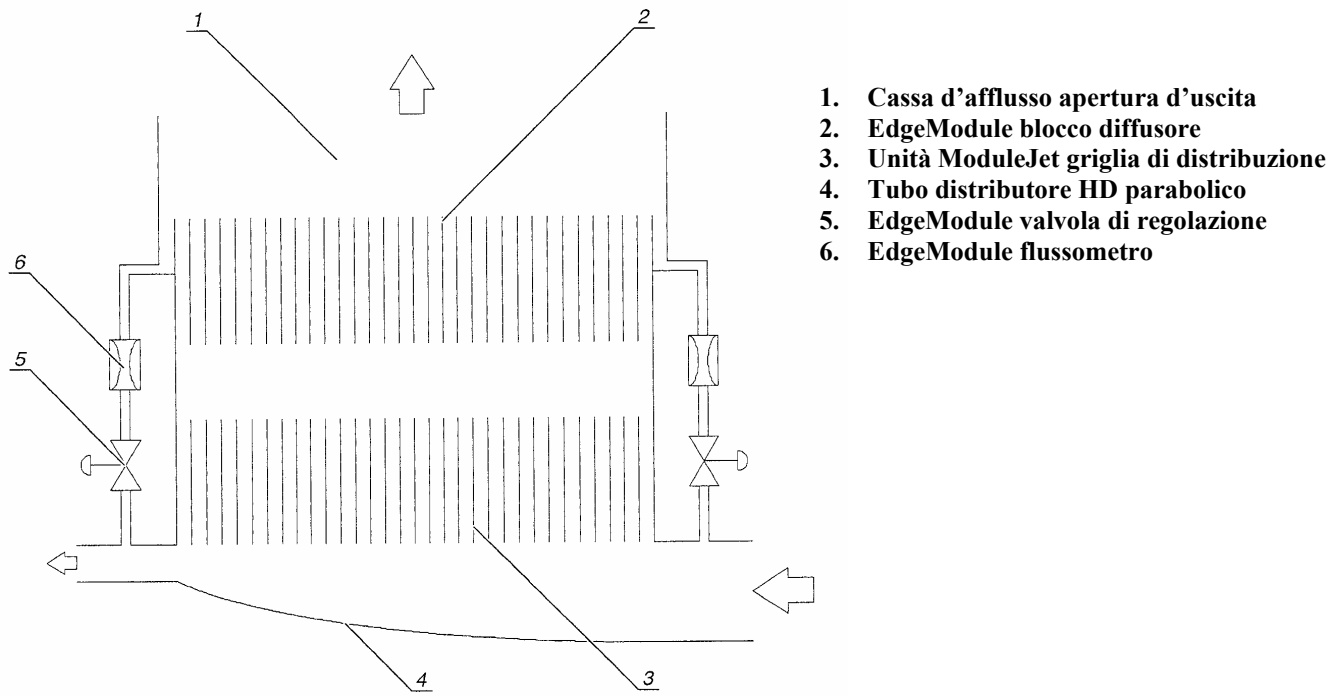


Figura 2: EdgeModule

La **Parete posteriore** copre il canale intermedio e può essere aperta, mediante azionamento idraulico, che agisce tramite due cilindri, a scopo di pulizia

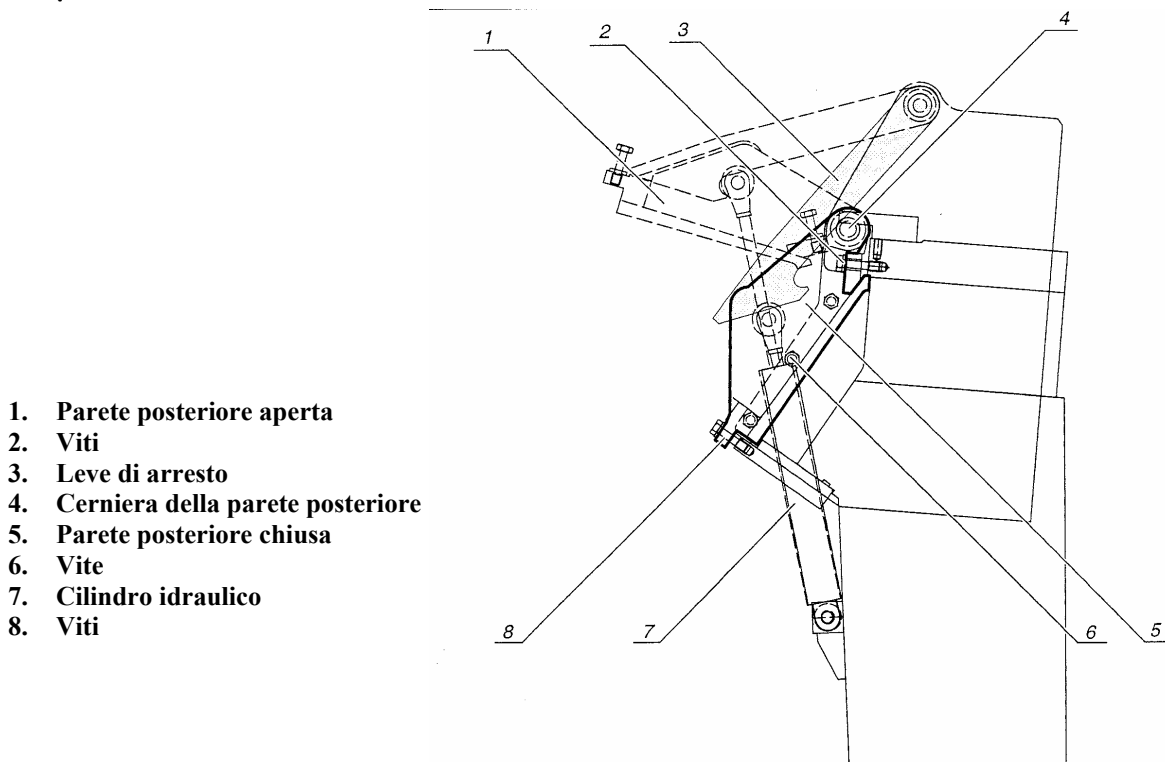


Figura 3: Apertura parete posteriore

2.4 REGOLAZIONE VERTICALE DEL LABBRO

La regolazione verticale del supporto del labbro superiore (3) influisce sull'altezza dell'apertura del labbro e quindi sullo spessore del getto. Questa regolazione ha luogo per mezzo di un'unità d'azionamento che agisce su elementi di sollevamento a mandrino. Questi elementi sono accoppiati tramite alberi trasversali. Le posizioni finali del dispositivo di regolazione sono protette da finecorsa. Per regolare o modificare l'apertura del labbro (spessore del getto), il supporto del labbro superiore può essere ruotato intorno allo snodo a cerniera (2). Nell'ugello della cassa d'afflusso, la quantità di sospensione da alimentare viene accelerata alla velocità del getto. A tale scopo è necessaria pressione dinamica, questa pressione sollecita le pareti dell'ugello e quindi i supporti del labbro inferiore e superiore.

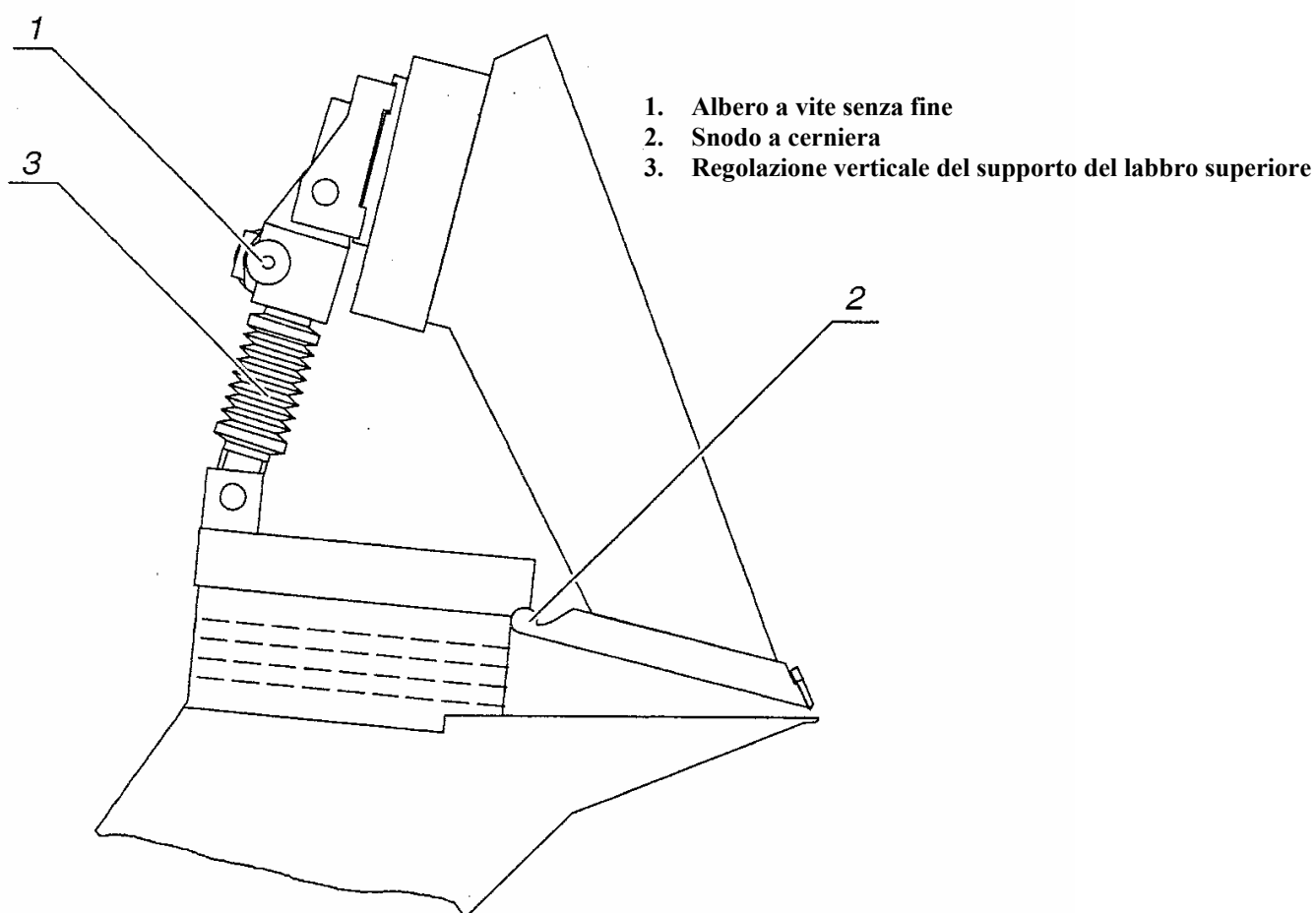


Figura 4: Regolazione verticale del supporto del labbro superiore

L'apertura del labbro viene misurata con un trasduttore di spostamento magnetostrittivo. Il risultato della misurazione viene messo a disposizione con un segnale elettrico e viene visualizzato con un indicatore digitale sul quadro di comando della cassa d'afflusso e in sala comandi. L'altezza dell'apertura del labbro può essere letta anche su una scala meccanica (2) sulla cassa d'afflusso

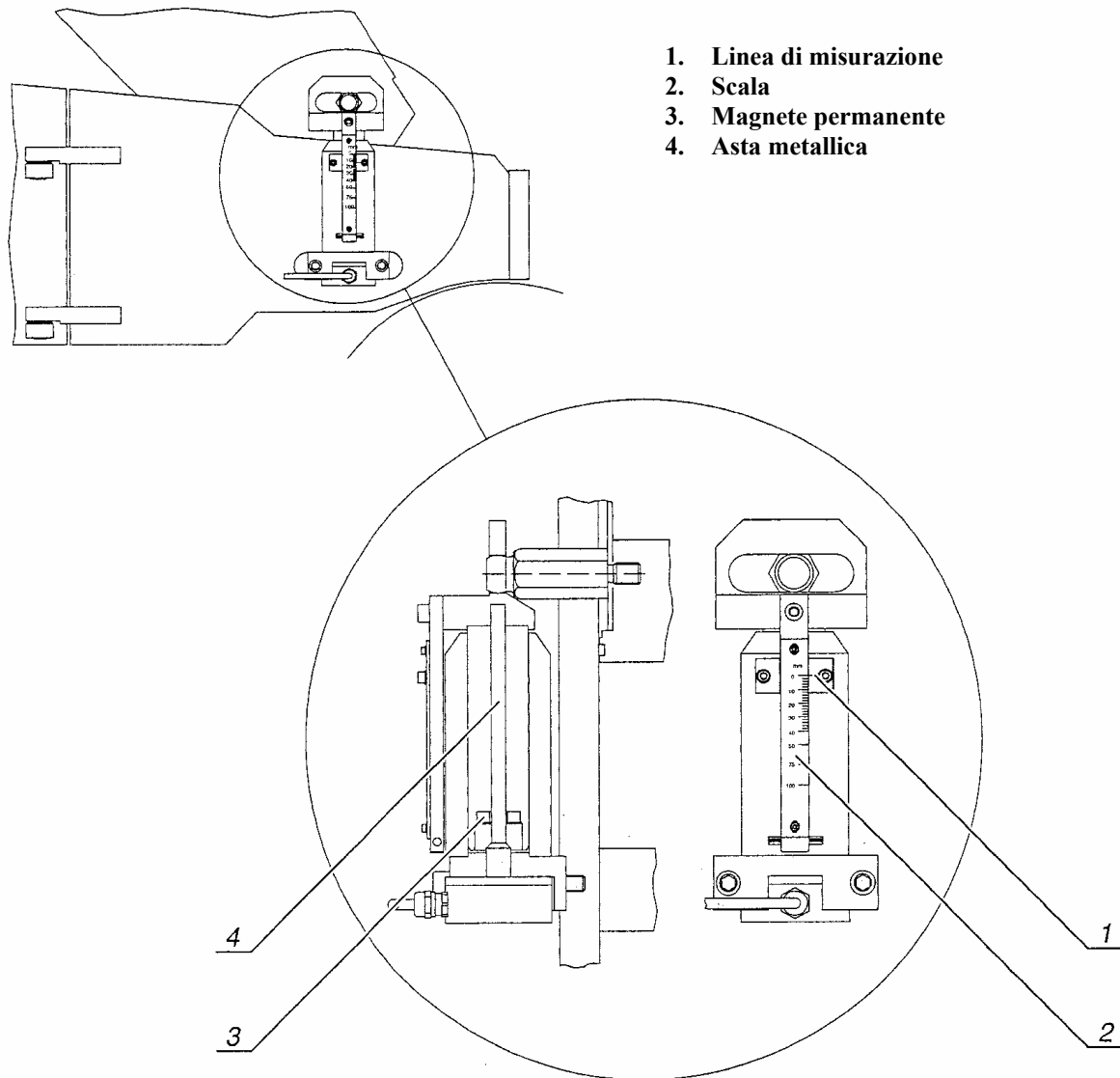


Figura 5: Misurazione dell'apertura del labbro

2.5 REGOLAZIONE ORIZZONTALE DEL LABBRO

La regolazione orizzontale del supporto del labbro superiore (1) influisce sull'angolo di spruzzatura, sulla lunghezza del getto e quindi sul punto d'incidenza del getto sulla tela.

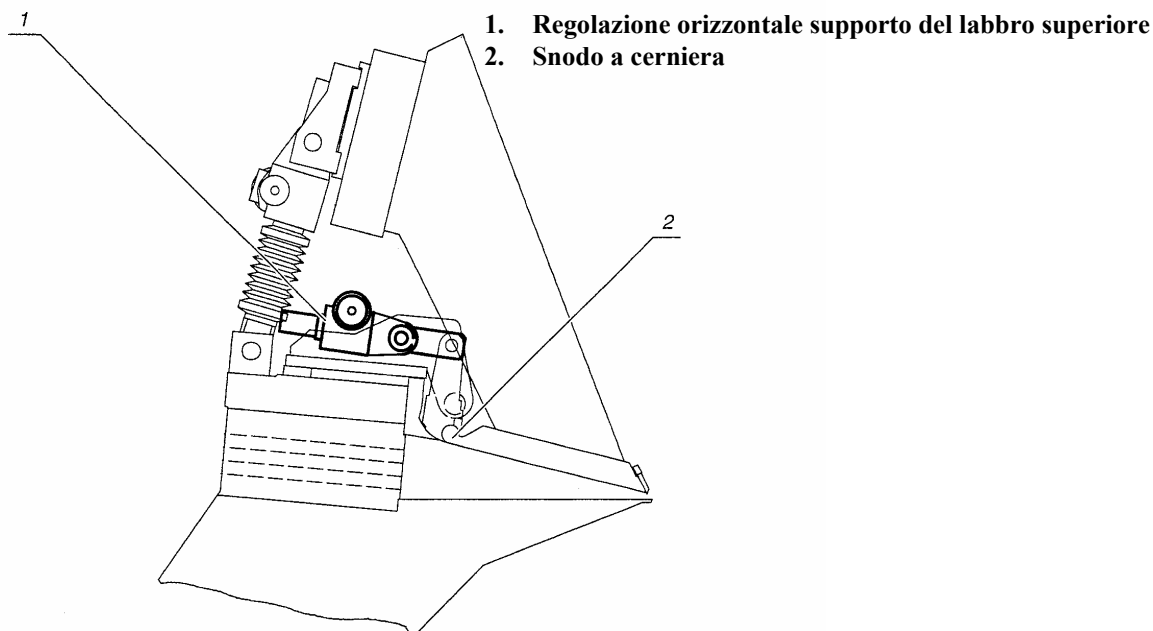


Figura 6: *Regolazione orizzontale del supporto del labbro superiore*

Il supporto del labbro superiore può essere regolato orizzontalmente per mezzo d'elementi di sollevamento a mandrino. L'azionamento è di tipo elettrico e può essere avviato sul quadro di comando della cassa d'afflusso o dalla sala comandi. Entrambe le posizioni finali sono protette con finecorsa elettrici.

Una scala meccanica sul LS indica la posizione corrispondente del diaframma rispetto alla fine del labbro inferiore.

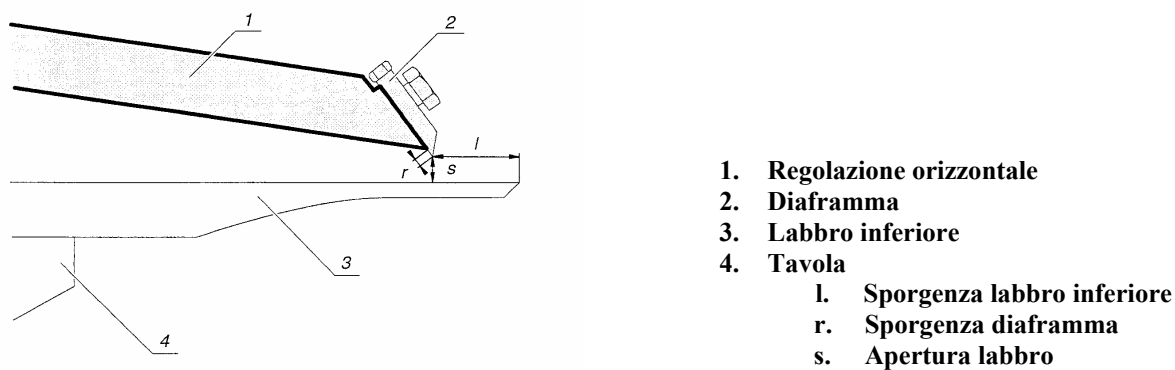


Figura 7: *Sporgenza del labbro inferiore*

2.7 GUANCIA FORMATO

La guancia formato copre lateralmente l'ugello della cassa d'afflusso, su di essa sono fissati il dispositivo di misurazione dell'apertura del labbro, l'EdgeMaster ed il trasmettitore della pressione dinamica. Le guance formato possono essere aperte lateralmente per la pulizia dell'ugello e per la sostituzione delle lamelle

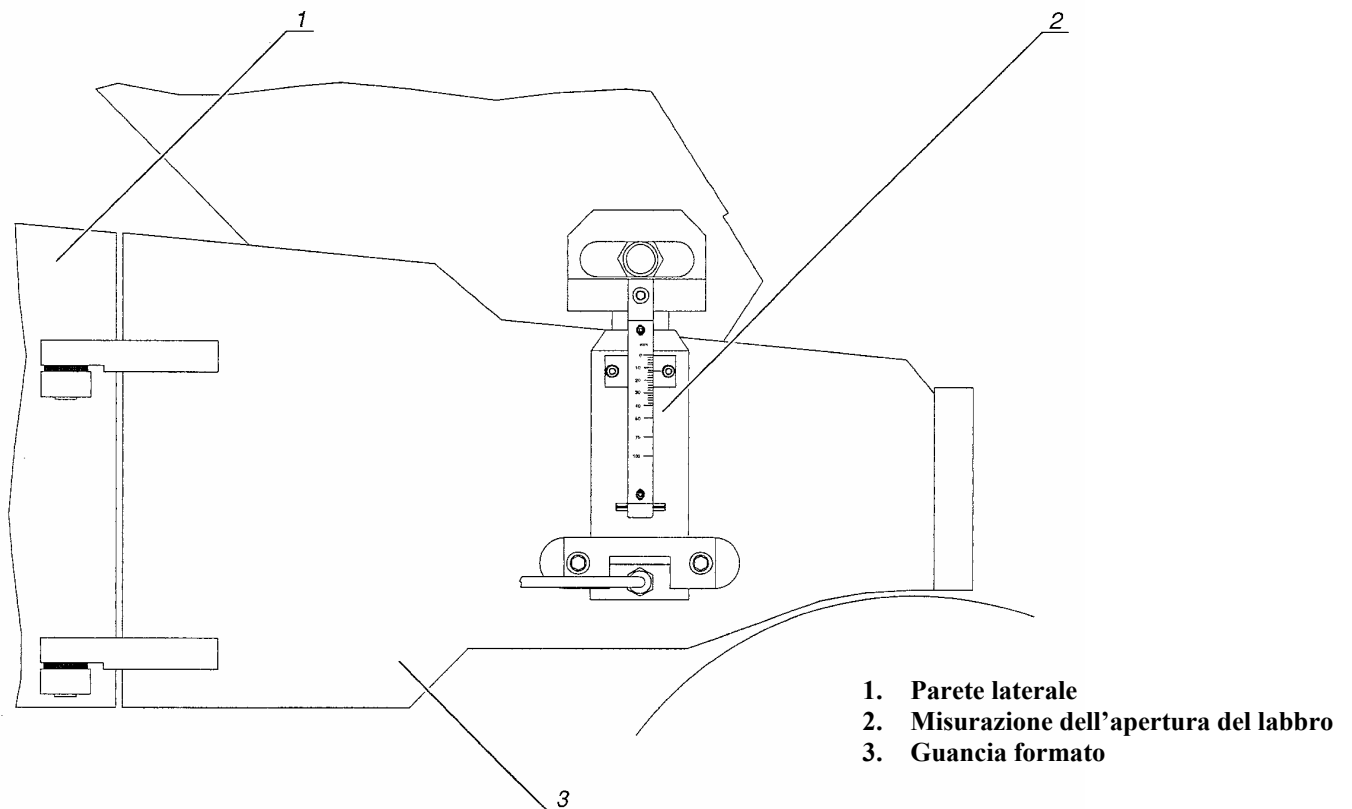
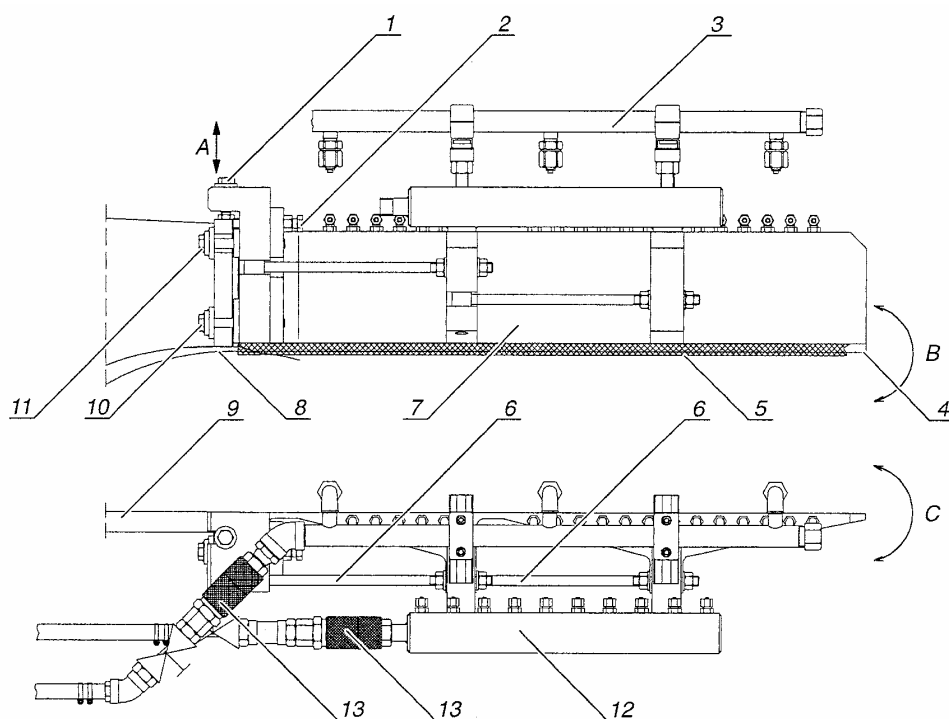


Figura 9: Guancia formato

2.8 EDGEMASTER

L'EdgeMaster (7) serve a condurre lateralmente il getto di pasta dopo l'uscita dall'ugello; esso è fissato sulle guance formato (9) che sono avvitate saldamente al labbro inferiore. Le ondulazioni sui bordi in quest'area possono essere ridotte notevolmente o eliminate regolando adeguatamente l'EdgeMaster. L'EdgeMaster può essere regolato di circa 2 – 5 mm verticalmente e orizzontalmente, modificando la larghezza della limitazione laterale. Grazie ad un sistema di lavaggio ad acqua la sospensione non finisce tra la tela e l'EdgeMaster. Un tubo spruzzatore con ugelli a getto piatto bagna le superfici interne ed impedisce la formazione di depositi.

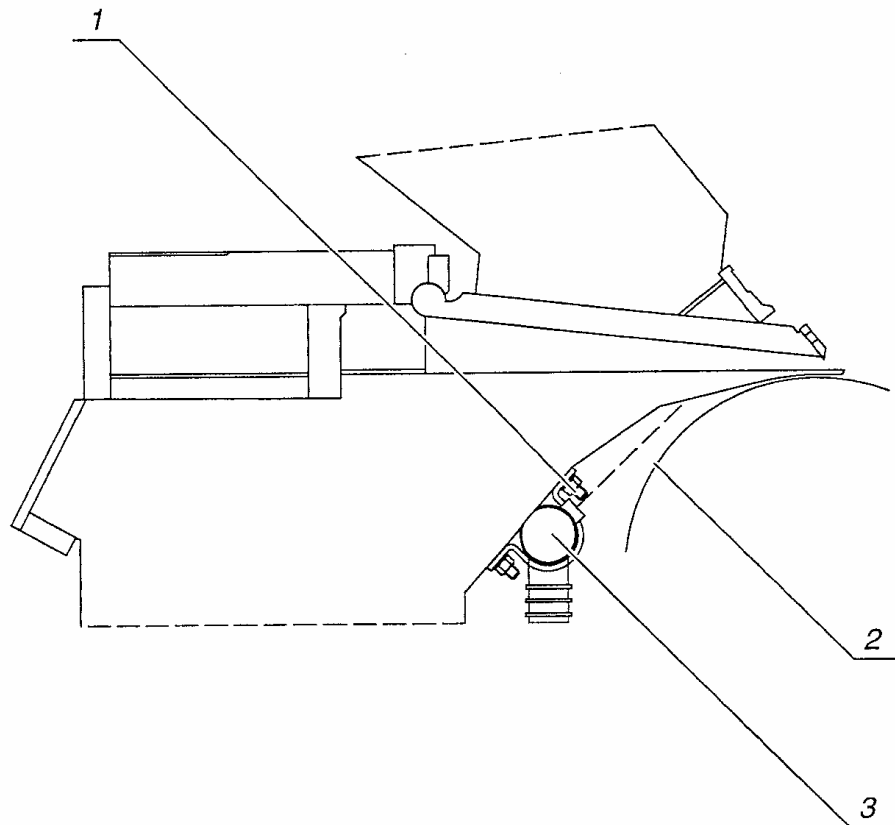


1. Vite di regolazione (sollevamento/abbassamento verticale)
2. Vite di regolazione (orientamento verticale)
3. Tubo spruzzatore
4. Bordo inferiore EdgeMaster
5. Protezione dei bordi
6. Vite di regolazione (orientamento orizzontale)
7. EdgeMaster
8. Cilindro capotela
9. Guancia formato
10. Vite di fissaggio
11. Vite di fissaggio
12. Distributore acqua di tenuta
13. Attacco tubo

Figura 10: EdgeMaster

2.9 TUBO SPRUZZATORE CILINDRO CAPOTELO

Il tubo spruzzatore del cilindro capotela tiene pulita la copertura della cassa d'afflusso nell'area della tavola, nebulizzando acqua sulla copertura.



1. Piastrina dell'ugello
2. Cilindro capotela
3. Tubo spruzzatore del cilindro capotela

Figura 11: Tubo spruzzatore del cilindro capotela

2.10 PANNELLO DI COPERTURA APRIBILE

Il pannello di copertura protegge il ModuleJet dagli spruzzi d'acqua, esso funge da superficie di scorrimento per poter eseguire degli interventi d'impostazione sul lato posteriore della cassa d'afflusso. Il pannello può essere aperto per eseguire gli interventi sul ModuleJet

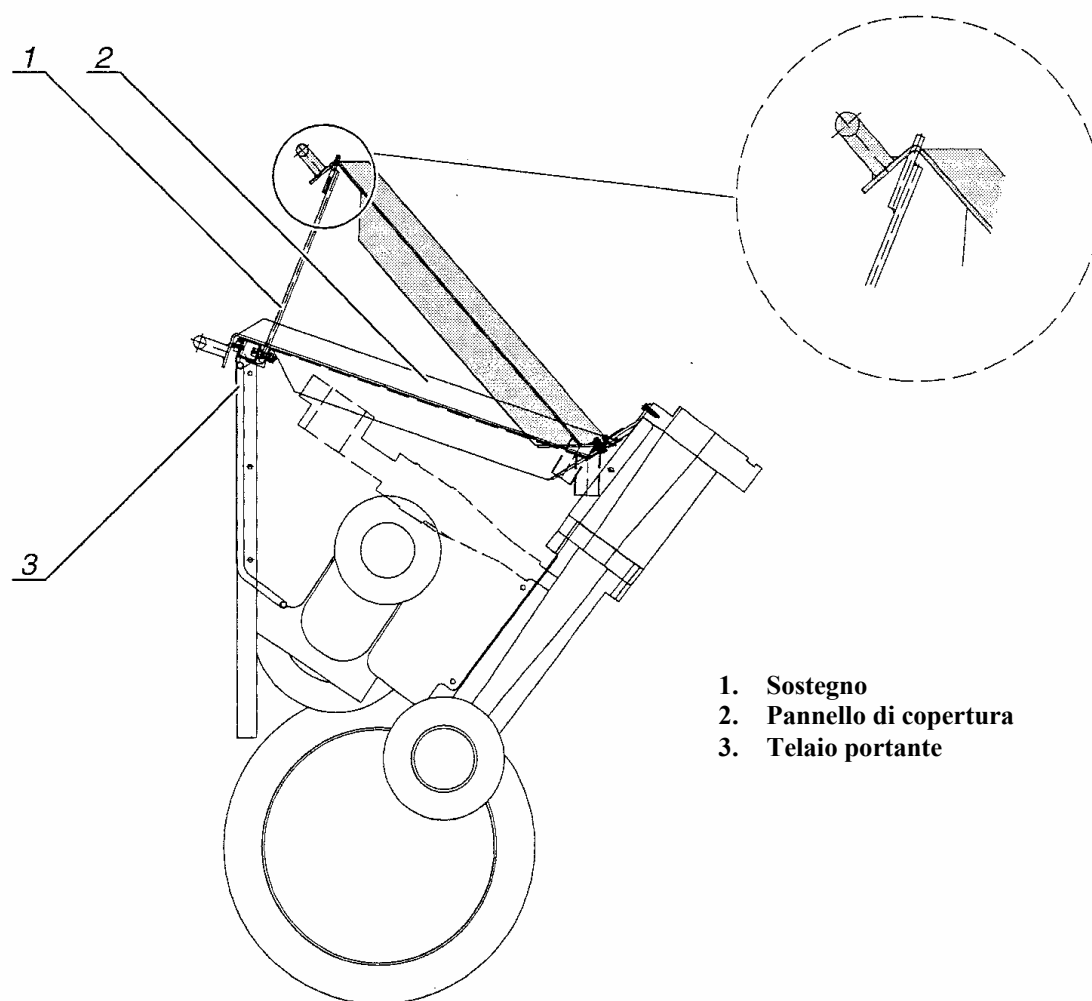


Figura 12: Pannello di copertura apribile

2.11 SERBATOIO SMORZATORE DI PULSAZIONI

Attraverso un **serbatoio smorzatore di pulsazioni**, si riducono le pulsazioni provenienti dalla linea d'alimentazione della cassa d'afflusso. Queste pulsazioni possono essere generate da colpi d'ariete della fun pump, dello screen primario o da giunzioni imperfette dei raccordi a gomito. La sospensione (4) che scorre attraverso l'afflusso (6) è spinta a passare per la piastra perforata (3), che favorisce una distribuzione omogenea della sospensione nel serbatoio, ed arriva al serbatoio a pressione sollecitato con aria compressa. L'aria nella parte superiore del serbatoio fuoriesce attraverso il foro di troppopieno (5) (vedi particolare X), sicchè il cuscino d'aria non può formarsi. La sospensione aumenta ed una parte viene scaricata attraverso il foro (vedi particolare Y). La sezione del foro diminuisce aumentando la resistenza dell'aria in uscita. Poichè fuoriesce meno aria, al di sopra della sospensione si forma un cuscino d'aria compressa (7), questo cuscino spinge la sospensione di nuovo verso il basso. In questo modo, la resistenza dell'aria in uscita diminuisce e può fuoriuscire più aria. La riduzione della pulsazione si attua per interazione tra la resistenza al flusso d'aria della piastra perforata, con l'azione di smorzamento del cuscino d'aria compressa all'interno del serbatoio.

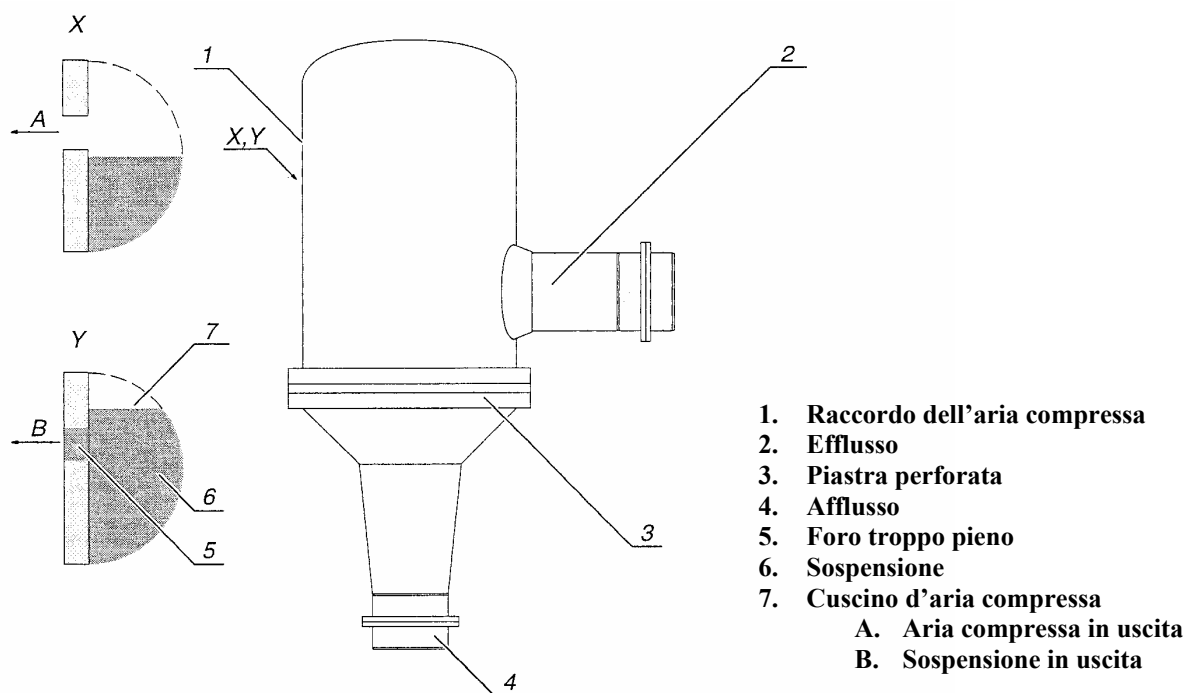


Figura 13: Serbatoio smorzatore di pulsazioni

L'**indicatore della differenza di pressione** serve per controllare la differenza di pressione tra l'afflusso e l'efflusso del tubo distributore. L'equilibrio di pressione tra ugello a LS ed ugello a LC si rileva nel tubo di livello quando nell'indicatore della differenza di pressione non è visibile alcun flusso (2)

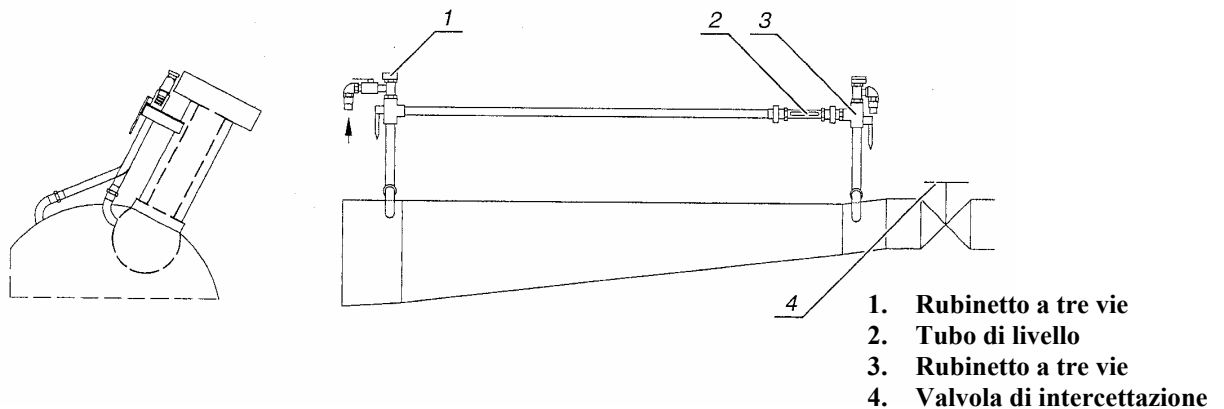


Figura 14: Indicatore della differenza di pressione

2.12 CIRCUITO DI RISCALDAMENTO

Il circuito di riscaldamento crea rapidamente uno stato termico e meccanico stazionario. Ne conseguono caratteristiche qualitative più uniformi della carta sulla larghezza d'efflusso. La sospensione riscalda la cassa d'afflusso sulle superfici a contatto con la sospensione stessa. Sulle superfici esterne, se non esistesse sistema di riscaldamento, la cassa d'afflusso rimarrebbe fredda; in questo caso potremmo avere deformazione sull'apertura del labbro per azione termica. Per ridurre al minimo questi effetti, nella tavola e nel supporto del labbro superiore sono presenti camere di riscaldamento in cui circola acqua calda alla temperatura della sospensione. Questo sistema è strutturato come sistema privo di pressione. Nel telaio è presente un serbatoio compensatore (1). Il serbatoio è collegato al circuito di riscaldamento. Una pompa di circolazione (5) è montata sul lato trasmissione nella cassa d'afflusso. Durante il funzionamento il sistema stabilizza termicamente la cassa; in caso di arresto, mantiene la temperatura d'esercizio o preriscalda la cassa a temperatura d'esercizio. Durante il funzionamento della macchina continua, il blocco diffusore funge da scambiatore di calore. La pompa di circolazione manda l'acqua dal contenitore di raccolta (3) nel blocco diffusore, dove avvolge i tubi diffusori. La sospensione, che corre nei tubi diffusori, riscalda il blocco diffusore e quindi anche l'acqua in circolazione. Sui punti più alti delle camere di

riscaldamento sono montate valvole di sfiato. Quando la macchina continua è in funzione ed il blocco diffusore funge da scambiatore di calore, la serpentina è generalmente spenta.

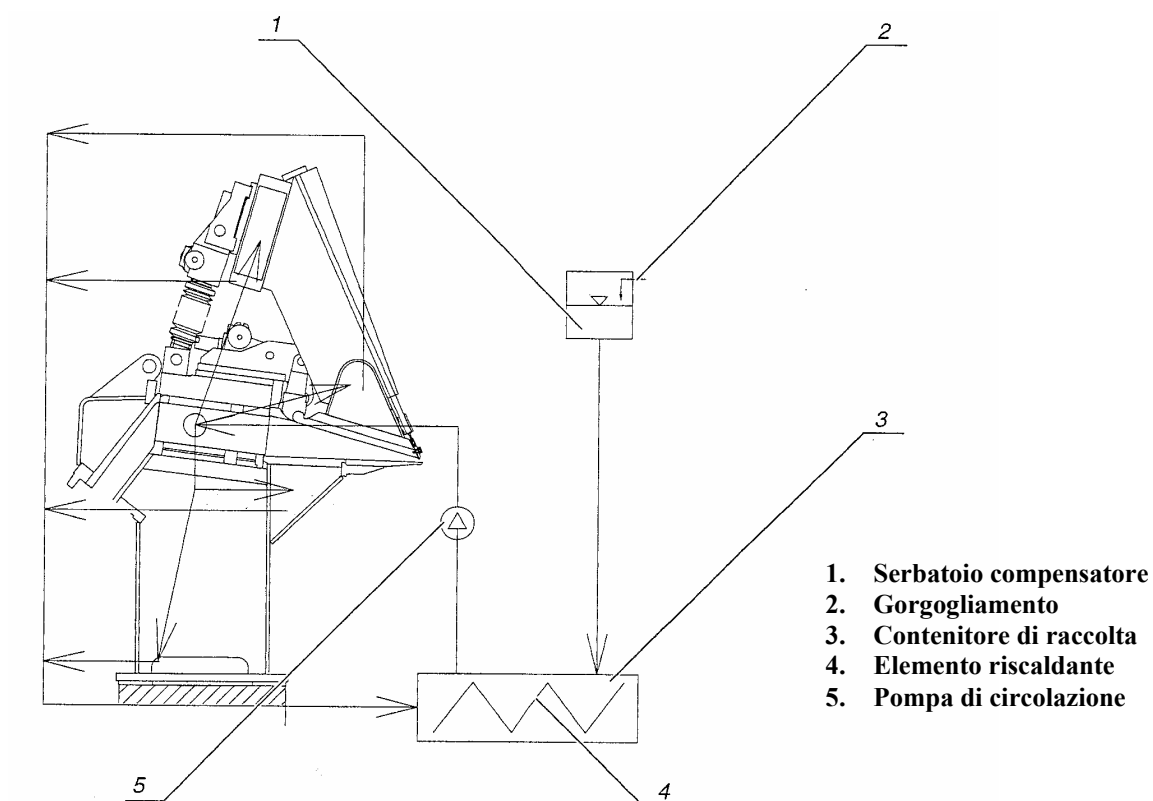
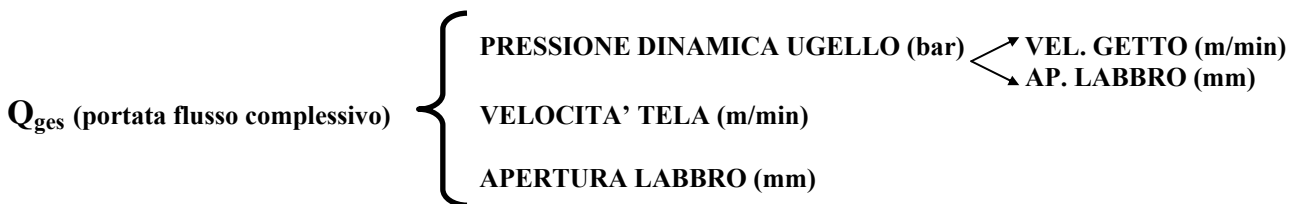


Figura 15: Circuito di riscaldamento

2.13 REGOLAZIONE DELLA PRESSIONE

Sulla base dei valori di pressione dinamica, della velocità della tela e dell'apertura del labbro sull'apertura d'efflusso, può essere calcolata la portata del flusso complessivo Q_{ges} . La regolazione della pressione regola la pressione dinamica dell'ugello della cassa d'afflusso mantenendo costante la velocità del getto.

Per evitare oscillazioni dei parametri caratteristici della carta durante il funzionamento, la sospensione deve fluire ad una velocità del getto costante dalla cassa; a tal proposito è necessaria pressione dinamica, che dipende da velocità del getto ed apertura del labbro. In pratica un trasmettitore di pressione misura la pressione reale nell'ugello della cassa, un riduttore di pressione confronta la pressione reale con la pressione nominale necessaria per la velocità del getto. Sulla base dei valori rilevati viene calcolata la quantità di pasta necessaria Q_{ges} . Il riduttore di pressione trasmette i corrispondenti segnali alla fun pump per il flusso principale HD. La misurazione della velocità della tela è rilevata in base al numero di giri del capotela. La velocità desiderata tra getto e tela viene preimpostata. Sulla base di questi valori si calcola la velocità del getto d'impasto.



FUNZIONAMENTO

Obiettivo della cassa è far fluire la sospensione a velocità del getto costante dall'ugello sulla tela in rotazione. Entra in gioco quindi la pressione dinamica che dipende da velocità del getto ed apertura labbro.

Un trasmettitore di pressione misura la pressione reale nell'ugello della cassa, un riduttore di pressione confronta la pressione reale nell'ugello della cassa con la pressione nominale necessaria per la velocità del getto. Sulla base dei valori rilevati si calcola il Q_{ges} . Il riduttore di pressione trasmette i relativi segnali alla pompa della cassa per il flusso principale HD.

La velocità della tela è rilevata tramite la misurazione del numero di giri del cilindro capotela. La differenza di velocità desiderata tra tela e getto d'impasto viene predefinita. Sulla base di questi valori si calcola la velocità del getto d'impasto.

Dall'indicatore dell'apertura del labbro sulla guancia formato o dall'indicatore posto sulla pagina software della WSA è possibile rilevare il valore d'apertura del labbro

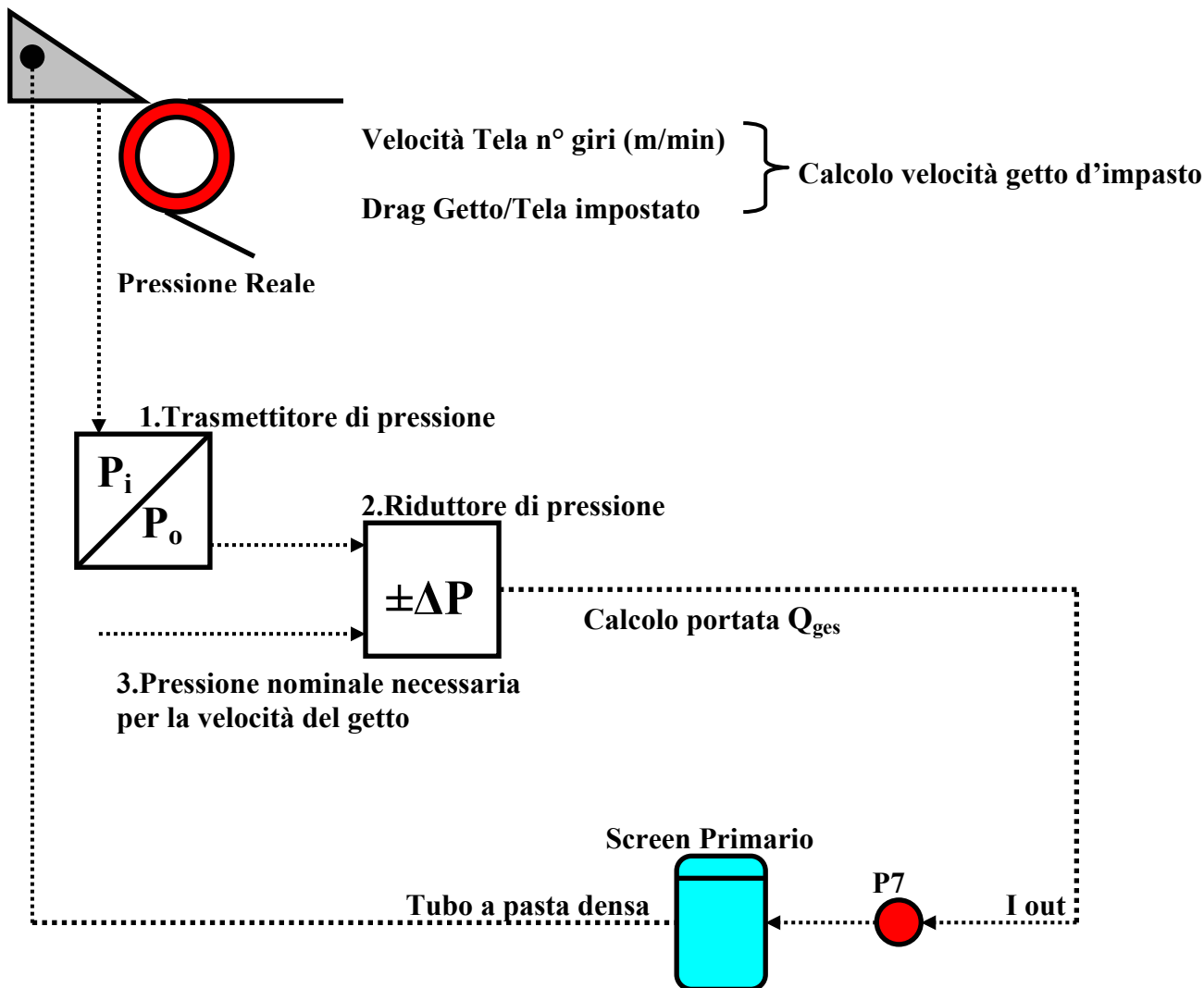


Figura 16: Schema funzionamento

2.14 REGOLAZIONE DELL'ACQUA DI DILUIZIONE

I due flussi di pasta HD e LD vengono miscelati formando il flusso complessivo Q_{ges} . Il rapporto di miscelazione dei due flussi determina la densità della pasta del flusso complessivo.

La pressione viene misurata nelle linee di ricircolo dei due tubi HD e LD. La differenza di pressione misurata regola il numero di giri della pompa LD sulla base di una ΔP predefinita.

2.15 REGOLAZIONE DEL PROFILO TRASVERSALE DELLA GRAMMATURA

Questa regolazione agisce sugli scostamenti per sezioni della grammatura rispetto al profilo nominale predefinito.

Prima dell'arrotolamento, tramite ponte di scansione, vengono rilevati i valori del nastro carta. L'elaboratore centrale confronta i valori di grammatura reali rilevati per ogni sezione con il profilo nominale predefinito. Se viene stabilito uno scostamento di regolazione, il motore di un attuatore lineare agisce sulla valvola di dosaggio posta nella sezione con lo scostamento di grammatura. Si modifica così il rapporto di miscelazione HD/LD, la densità della pasta nella sezione varia con l'errore di grammatura mentre il volume del flusso complessivo rimane costante.

Mediante le valvole di dosaggio si regolano esclusivamente gli scostamenti di grammatura di una sezione rispetto al profilo nominale di grammatura.

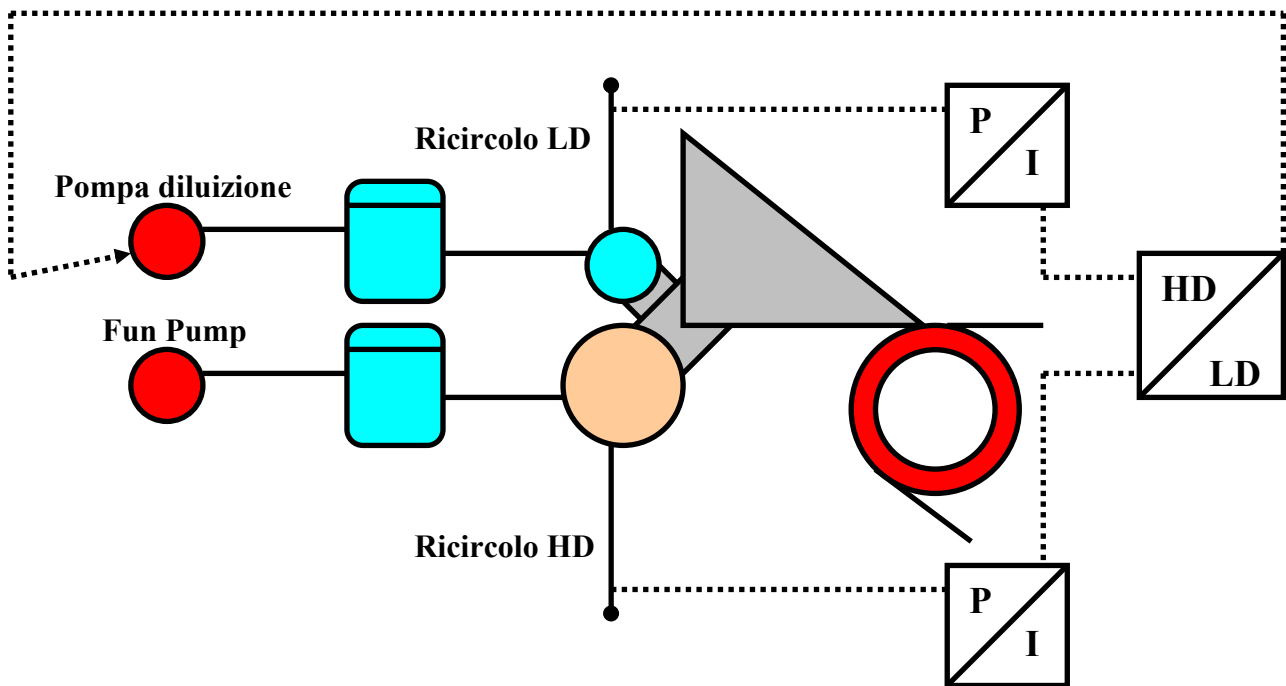


Figura 17: Schema funzionamento

2.16 CURVA D'ESERCIZIO

Il grafico rappresenta la variazione delle lunghezze di rottura del nastro carta in funzione della differenza tra velocità del getto e velocità della tela.

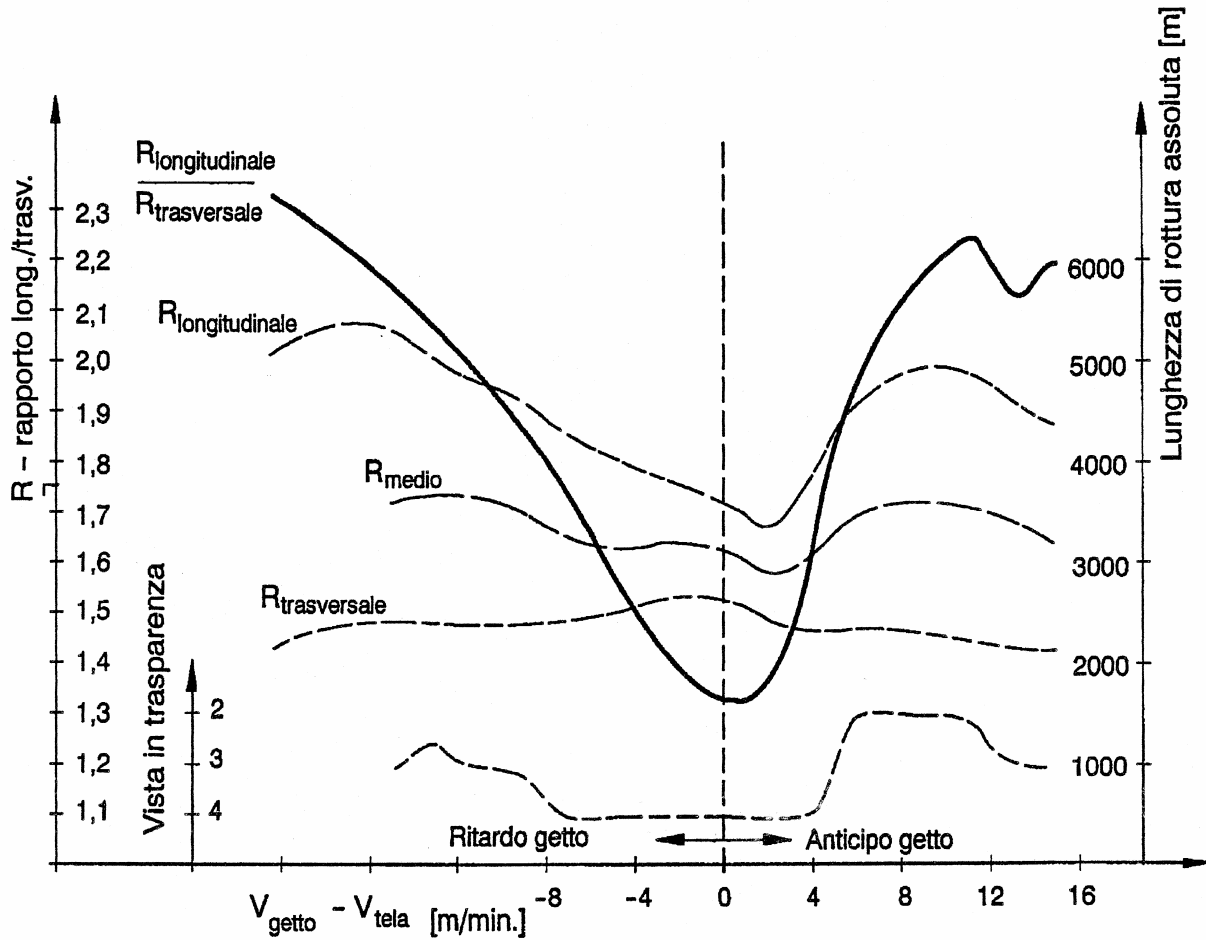
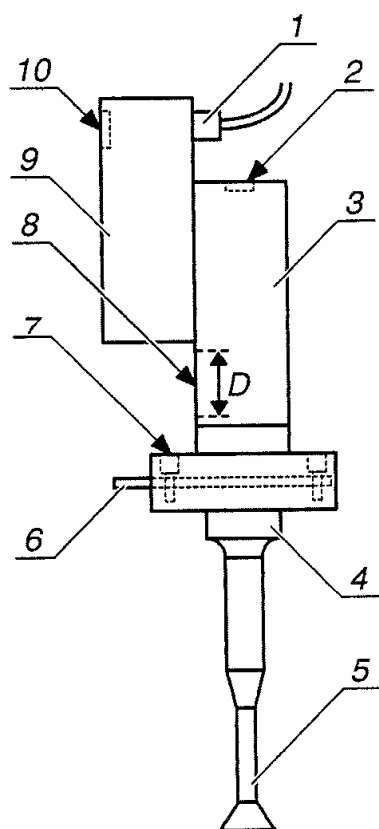


Figura 18: Curva d'esercizio di differenza Getto/Tela

2.17 SISTEMA ATTUATORI

Il profilo qualitativo trasversale della carta prodotta è influenzato direttamente dagli attuatori. Questo sistema muove le astine delle valvole. Ogni attuatore consta dell'elettronica della trasmissione (9), dell'attuatore lineare (3) con motore e trasduttore e dall'astina della valvola (5) con asse di montaggio (4).

Per la regolazione locale, attraverso la regolazione manuale (2) l'albero di trasmissione viene girato per mezzo di un cacciavite. L'alimentazione della tensione ed il bus di scambio dati hanno luogo mediante il collegamento di comunicazione (1). Inoltre è presente un indicatore di posizione meccanico (8).



1. Collegamento di comunicazione
2. Regolazione manuale
3. Attuatore lineare
4. Asse di montaggio dell'attuatore
5. Astina a valvola
6. Staffa di fissaggio
7. Vite di fissaggio
8. Indicatore di posizione meccanico
9. Elettronica della trasmissione
10. Visualizzazione di stato

Figura 16: Attuatore ProfilTronic LVM-3

SPECIFICHE ATTUATORE LINEARE LVM-3:

Tipo di attuatore	Motore passo-passo con apparecchiatura elettronica di comando integrata
Unità di comando del motore	Phytron-Electronic GmbH a tensione costante con $I_{\text{eff}} = 1 \text{ A}$ di corrente assorbita
Dimensione	48 mm x 102 mm x 222 mm
Materiale	Alloggiamento in alluminio (AlMg ₅ Si ₁) anodizzato, colore nero
Forza lineare	± 500 N
Corsa	± 15 mm
Corsa/giro del motore	0,50 mm
Durata del motore	1×10^7 giri nel funzionamento all'indietro
Numero di giri nominale	giri/sec. (= 200Hz)
Momento di arresto	0,3 Nm
Coppia	0,2 Nm
Numero di passi	200 passi/giro
Angolo del passo	1,8°
Controllo rotazione	Trasduttore di velocità angolare magnetico con risoluzione 40 passi/giro
Finecorsa	2 x sensori magnetici con funzione di arresto d'emergenza
Tensione d'esercizio	24 – 28 V _{CC}
Temperatura d'uso	da + 10 °C a + 65 °C
Durata d'inserzione	circa 10% (breve azionamenti) il motore non è attraversato da corrente quando è fermo
Tipo di protezione	IP 65: protezione contro infiltrazioni di polvere, contro getti d'acqua non rivolti contro
Assegnazione dei connettori	<ol style="list-style-type: none">1. Schermo2. Seriale + IN3. Seriale – IN4. Seriale + OUT5. Seriale – OUT6. + 24 V [$I_{\text{MAX. eff}}$ (a 20 °C) = 0,05 – 2 A]7. Terra + 24 V8. Terra + 24 V

2.18 COMUNICAZIONE CON GLI ATTUATORI

La comunicazione con l'elettronica della trasmissione degli attuatori ha luogo per mezzo di una linea per dati seriale (RS 422). Tutti gli attuatori sono collegati tra loro tramite un anello dati Pipeline (Token-Ring). A monte della prima unità ProfilTronic è presente un convertitore. Qui si realizza il collegamento con la regolazione del profilo trasversale (computer principale). Il computer invia comandi o richieste agli attuatori ed attende le risposte (feedback). In questo modo, vengono interrogati ciclicamente lo stato e la posizione di ogni attuatore. Il protocollo contiene informazioni sull'indirizzamento degli attuatori. Qualsiasi messaggio inviato all'anello dati Pipeline viene ricevuto contemporaneamente da tutti. Una volta attraversato tutto l'anello i messaggi vengono eliminati dallo stesso. In tal modo viene eliminato il tempo di attesa delle interrogazioni cicliche del computer principale.

La **Banca dati in tempo reale** è il cuore del software Profilmatic[®]. Tutti i componenti del software comunicano solo mediante questa banca dati. Ciò garantisce che tutti i task del software lavorino sempre con le medesime informazioni. Tramite sistemi ridondanti opzionali, la banca dati viene trasferita su una seconda piattaforma hardware. In caso di guasto del sistema l'unità di riserva può essere attivata e utilizzata immediatamente, in quanto tutti i dati operativi correnti sono presenti. I dati operativi correnti importanti non possono quindi andare perduti.

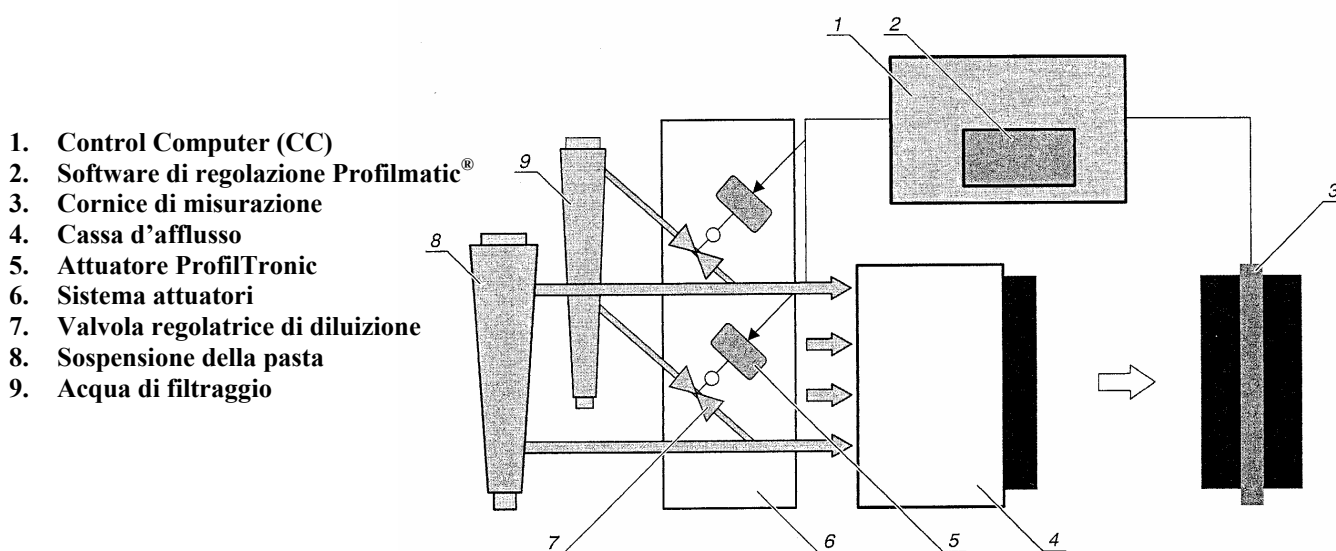


Figura 17: Sistema Profilmatic ModuleJet

in ogni settore della cassa d'afflusso la sospensione della pasta (8) viene miscelata dalla tinozza con l'acqua di filtraggio (9). Miscelando l'acqua di filtraggio per ogni sezione è possibile impostare la densità della carta da produrre. Questa modifica di consistenza della sospensione influisce direttamente sulla grammatura. Il sistema Profilmatic contiene interfacce standard per molti sistemi di gestione della qualità comuni; nel nostro caso il sistema di gestione della qualità è Measurex OPEN DATA EXCHANGE (ODX) per il collegamento ad MX-OPEN.

2.19 SOFTWARE DI REGOLAZIONE PROFILMATIC

Lo scopo del software di regolazione Profilmatic® è quello di minimizzare le differenze nel profilo di grammatura. Questo software regola il profilo trasversale nelle macchine continue Voith Paper utilizzando l'auto-mapping: in pratica fornisce la possibilità di combinazione con diversi profili trasversali e attuatori, come pure una rapida ottimizzazione del profilo trasversale.

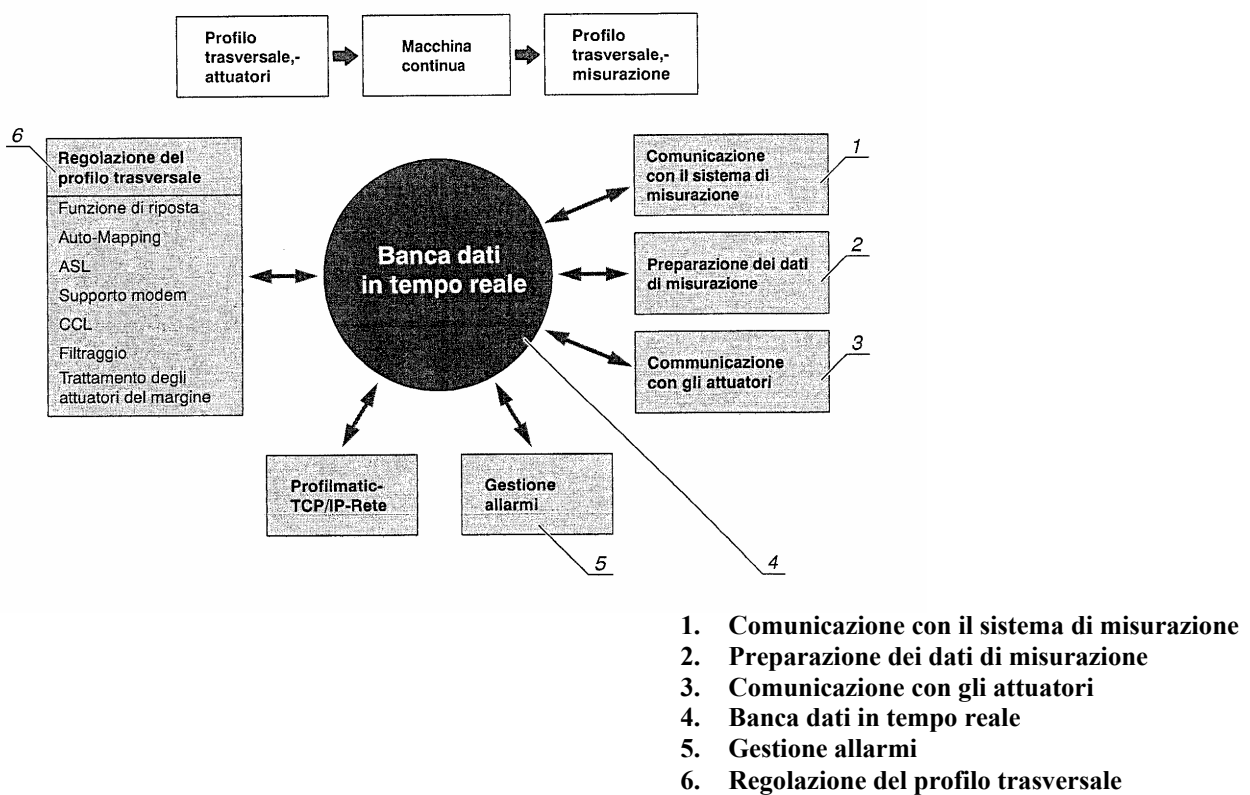


Figura 18: Panoramica software Profilmatic

A regime di produzione dopo aver eseguito sei scansioni Profilmatic® regola gli attuatori rispetto al profilo trasversale impostato allineandoli ad esso. In pratica calcola le variazioni dei valori nominali per la regolazione della densità d'impasto delle rispettive sezioni della cassa d'afflusso. Per il calcolo utilizza i profili di grammatura rilevati dalla cornice di misurazione relativamente alle posizioni correnti degli attuatori. Le variazioni dei valori nominali rilevate sono convertite in posizioni degli attuatori ottimizzate, in seguito vengono trasmessi mediante bus dati all'attuatore di ogni singola valvola regolatrice di diluizione ModuleJet.

La **comunicazione con il sistema di misurazione** avviene tramite l'unificazione dei dati di processo in accordo con il sistema di gestione della qualità. Per ogni misurazione il software di regolazione mette a disposizione un record di dati compilando con lo zero le caselle di dati che si trovano al di fuori del nastro di carta. I dati raccolti subiscono una normalizzazione per la gestione interna da parte del software.

2.20 FUNZIONAMENTO DEL SOFTWARE NELLA REGOLAZIONE DEL PROFILO TRASVERSALE

Lo scopo della regolazione del profilo trasversale è quello d'assicurare la qualità della carta migliore possibile attraverso la varianza del profilo trasversale. Le posizioni previste dell'attuatore ottimizzate sono calcolate dai profili trasversali misurati e dal modello di processo esatto memorizzato nella regolazione (prova d'urto o **bump test**). Il bump test rileva a quale punto è assegnato un determinato attuatore nel nastro di carta. Questa assegnazione degli attuatori rispetto al nastro carta si definisce come **Mapping**.

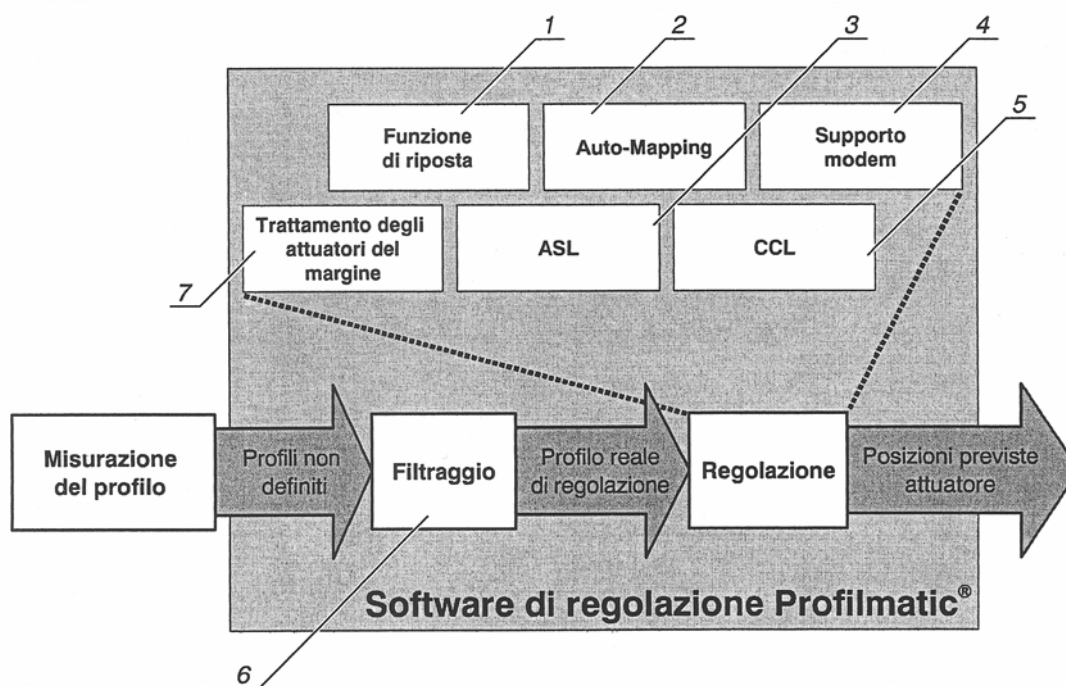


Figura 19: *Panoramica della regolazione del profilo trasversale*

Ponendo come base la **funzione di risposta** conosciuta degli attuatori, sui profili trasversali della carta, queste sono implementate nel software di regolazione ed adattate al tipo di produzione. In questo modo si evitano errori tecnici di regolazione dovuti ad **aliasing**. Le parti più frequenti del profilo, che non è possibile regolare a causa della divisione fisica tra gli attuatori, sono automaticamente ignorate; così la regolazione riconosce quali parti del profilo è possibile regolare e quali no.

L'**Auto-Mapping** è un modulo software delle regolazioni del profilo trasversale che attiva in serie gli elementi coinvolti nella modifica delle geometrie del nastro carta in macchina continua tra il sistema attuatori ed il sistema di misurazione; esso controlla costantemente l'assegnazioni tra le posizioni degli attuatori ed i rispettivi effetti di regolazione locali nel profilo trasversale.

La funzione **Actuator Splitting Logic (ASL)** viene utilizzata quando la regolazione del profilo trasversale dell'umidità viene eseguita contemporaneamente con due attuatori diversi, nel nostro caso sull'umidificatore ad ugello Aquatrol in seccheria.

Il **Supporto Modem** realizza un collegamento mediante modem tra computer e Voith Paper nel caso in cui vi siano problemi tecnici.

La funzione **Compromise Control Logic (CCL)** permette di ottenere una grammatura secca più precisa possibile rispetto al profilo trasversale impostato e che contemporaneamente consideri il profilo dell'umidità. Tramite questo metodo si possono contrastare i picchi di umidità mediante immissione grafica (trascinando il mouse), stabilendo così punti di regolazione differenti su tutta la larghezza del nastro.

Il **Filtraggio**, nell'acquisizione dei dati, permette un'ottima soppressione del rumore avvalendosi di un "filtro rettangolare scorrevole".

In base ai profili ed alle informazioni di mappatura attuali, il regolatore decide quanti degli **attuatori al margine** non esercitano alcuna influenza sul nastro carta. Lo stato di questi attuatori viene impostato su "fuori nastro".

Il **Control Computer (CC)** è l'interfaccia di sistema per la gestione della qualità QLS (cornice di misurazione, sensori) e comunica con il sistema attuatori mediante il bus. Il CC calcola e regola i profili di misurazione rilevati dalla cornice. Sul suo disco fisso vengono memorizzati sia il software di regolazione che tutti i dati di configurazione. Tramite drive ZIP si realizzano copie di backup dell'intero sistema. Il CC si integra al sistema di gestione della qualità tramite protocollo standard utilizzando Measurex OPEN DATA EXCHANGE (ODX) per il collegamento ad MX-OPEN.

3. SISTEMA MEASUREX

3.1 COMPONENTI SISTEMA:

1. Pulsantiera comando scansione o fuorifoglio, segnalazione raggi X e sorgente radioattiva (L.S.)
2. Sistema di lubrificazione e raffreddamento per controllo allineamento trave L.S.
3. Computer di controllo e scheda CPU di controllo teste scanner, alimentatore a 24 V, pulsanti comando scanner e relativa alimentazione scanner (L.C.)
4. Collegamento a fibre ottiche fra PC locale e quadro cabina Measurex, tubo di refrigerazione motore scanner
5. Chiavi di blocco / sblocco teste
6. Alimentazione 56 V per ventilatori
7. Colonne alimentazione aria
8. Pulsante per rotazione campioni colore
9. Pulsanti sample e reference per prove tarature sensori
10. Quadro alimentazioni generali a fianco cabina measurex
11. Water chiller: sistema di raffreddamento teste a fianco cabina measurex
12. Quadro quality manager: rappresenta il cuore del sistema.

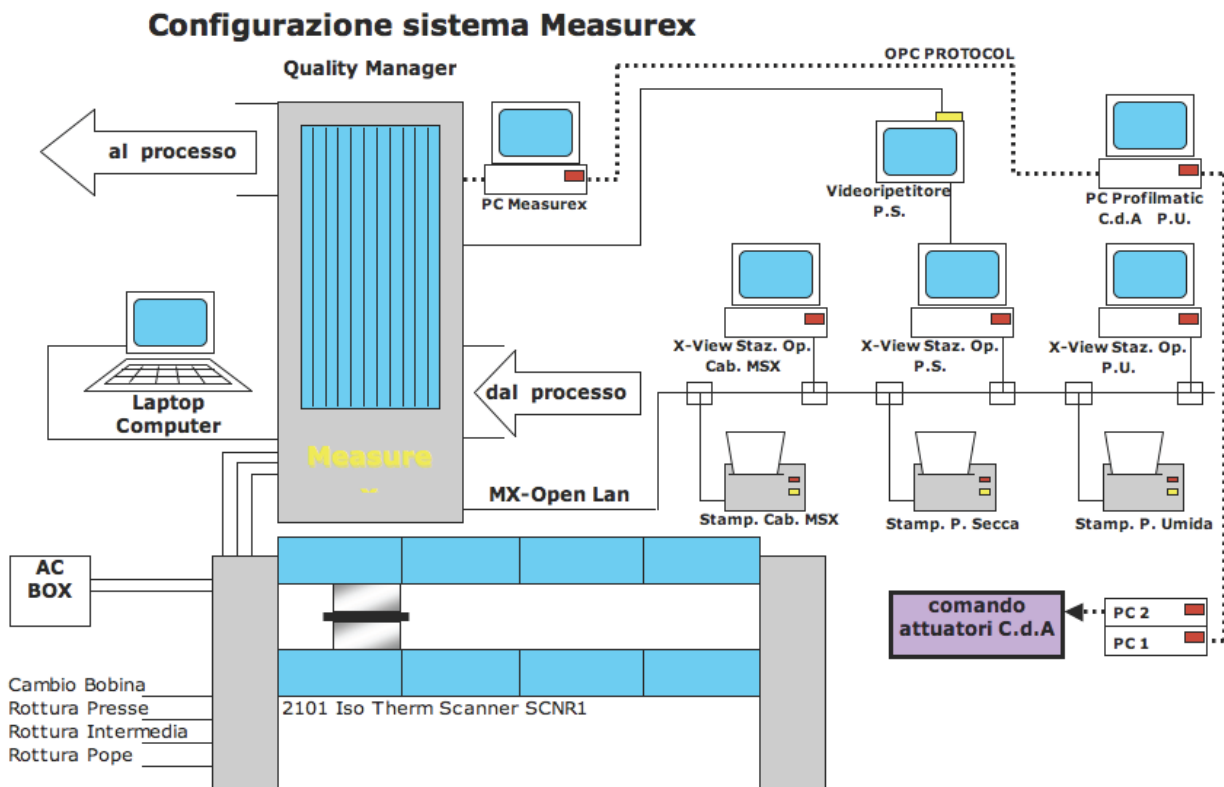


Figura 20: Configurazione sistema Measurex

3.2 QUADRO CABINA MEASUREX E SCHEDE RELATIVE:

1. **Control processor:** unità collegata in rete con tutti i sensori e con il sistema in generale tramite fibre ottiche, fornita di unità di backup (supervisore del sistema); è fornita di quattro porte seriali di cui due utilizzate per schede **UNITEC** di regolazione e per il collegamento alla **SSP CPU** dello scanner. Inoltre abbiamo un collegamento all'unità **SCASI** ed il collegamento alla **LAN**.
2. Scheda di alimentazione a 24 V
3. Scheda **PIDP** composta da 8 loop **PID**:
 - ingresso regolatori di consistenza e portata impasto e uscita a DCS per obiettivo setpoint pasta
 - ingresso ed uscita regolatori di pressione del vapore
 - ingresso velocità AUTO della tela ed uscita velocità AUTO/MAN della tela
 - ingresso del livello serbatoio umettatrice ed uscita per valvola d'integrazione livello serbatoio
 - ingresso del segnale inverter pompa pasta ed uscita con riferimento 4 – 20 mA ad inverter pompa pasta
 - ingresso ed uscita misuratori di pressione umettatrice
 - ingresso ed uscita misuratori di temperatura acqua umettatrice
4. Scheda **PIP** legge i segnali tachimetrici (velocità tela in kHz, n° di giri della Fan pump, velocità Pope in kHz)
5. Scheda **DOP** esegue operazioni discrete (relè statici)
6. Scheda **UAP** è il microprocessore dedicato alla gestione delle schede attraverso 256 programmi. Lavora in parallelo alla CPU facilitandole il lavoro, in quanto in essa possono essere salvati diversi programmi di gestione, rendendo i regolatori più indipendenti dal control processor
7. Unità **UPS** che mantiene l'alimentazione in caso manchino i 220 V
8. **SSP** (intelliscan): unità con due display numerici rossi che gestisce i segnali provenienti da tutti i sensori dello scanner

3.3 SENSORE DI GRAMMATURA

Il principio si basa sulla capacità della carta di trattenere i raggi ionizzanti. La sorgente radioattiva è a raggi beta ed è posta sulla testa superiore dello scanner. Costituita da un cilindro con all'interno una pastiglia di Krypton 85. Il cilindro è posto all'interno di una capsula stagna al tungsteno. Nella testa superiore c'è un attuatore **Shutter** pneumatico che gira; in pratica è una semisfera che si muove direttamente sulla carta. Più la carta è pesante meno elettroni passano e viceversa. Il ricevitore è costituito da un cilindro metallico con all'interno un gas raro tipo Xenon o Argon e da un'asta di ricezione appuntita. La quantità di corrente che passa è limitata per cui vi è un amplificatore operativo a bassissimo rumore che porta in uscita una tensione proporzionale alla corrente in ingresso, con un campo compreso tra 0 e 8 Vdc (senza carta abbiamo 8 V). ogni otto ore circa lo scanner esegue un **background**: chiude lo shutter, evitando il passaggio dei raggi ionizzanti, ricevendo solo un piccolo rumore che lo scanner compensa di volta in volta.

All'interno della testa abbiamo una bandella **flag** di 70g che si può inserire a verifica della precisione del sensore.

Per verificare l'efficacia della sorgente radioattiva va tenuto in considerazione il rapporto dei conteggi flag/aria. L'uscita del detector amplifier (A.O.) va ad un convertitore AI / DO che trasforma la tensione (0 – 8 Vdc) in un treno d'impulsi equivalente. Con una tensione di 8 V il convertitore dà in uscita 160'000 conteggi, se invece inseriamo il flag da 70 g i conteggi calano a 128'000. Il rapporto tra conteggi in aria e quelli con il flag, eseguito dal sistema ogni 30 – 40 minuti, definisce la bontà del sistema di lettura del sensore.

In caso di un calo dei conteggi e con la verifica positiva di tutti i componenti del sistema abbiamo un degrado della sorgente radioattiva. In caso di guasto al sensore si chiude automaticamente lo shutter e sulla stampante in cabina può apparire il messaggio **belt break**.

3.4 SENSORE DI UMIDITÀ

Il sensore di umidità si basa sull'effetto fisico dei raggi IR ed in particolare su due frequenze distinte di 1,8 Hz (insensibile all'acqua) e di 1,9 Hz (modificabile dall'acqua). La sorgente si trova sulla testa inferiore ed è costituita da una lampada alogena a 5 V che tramite una parabola concentra il suo raggio verso il ricevitore. Prima di uscire e passare al ricevitore il raggio è modulato da un diapason (**tuning fork**) ad una frequenza di 570 Hz. Il segnale attraverso il power track va al ricevitore per essere trattato. La luce passa attraverso un piccolo foro per arrivare ad un altro foro sulla testa superiore che è disallineato rispetto al foro inferiore. In tal modo abbiamo una più ampia e precisa scansione del foglio. Sulla testa superiore abbiamo una lente e due filtri ottici che dividono i due segnali da 1,8 e 1,9 Hz, inoltre troviamo due rivelatori di luce che convertono il segnale in tensione fino a 300 mV con frequenza di 570 Hz. L'uscita di questo dispositivo (**PBS detector**) va all'ingresso di un altro dispositivo che può produrre una tensione proporzionale, fino ad 8 Vdc, al peso dell'acqua. Il computer, tramite calcolo matematico, converte il peso dell'acqua in percentuale e lo manda all'unità per essere trattato.

3.5 SENSORE DI SPESSORE

Il sensore di spessore si compone di due attuatori pneumatici, uno sulla testa superiore ed uno sulla testa inferiore. Quello sulla testa inferiore si compone di un nucleo ferromagnetico con copertura al vetro di zaffiro per prolungarne la durata e per proteggerlo. Quello sulla testa superiore si compone di un nucleo ferromagnetico ad U con la relativa bobina. Il flusso dipende ovviamente dal tra ferro, cioè da quello che passa attraverso le teste per cui maggiore è la distanza fra i due attuatori, maggiore è lo spessore relativamente al minor flusso che circola. Dal sensore escono direttamente i conteggi che vengono ricevuti e trattati dall'unità centrale.

3.6 CONTROLLO DI PROCESSO

Il sistema di controllo si compone di un anello di controllo composto da due parti:

- Hardware (valvola di grammatura, flowmeter per la lettura della portata pasta, ecc.)
- Software per misurare e controllare una variabile di processo

La funzione di un anello di regolazione è di confrontare valori misurati con i valori impostati (obiettivo) e di effettuare le opportune correzioni attraverso le uscite del processo per portare la variabile misurata vicino al valore impostato. Il controllo della macchina continua è suddiviso tra sistema di controllo distribuito **DCS** ed il controllo di sistema della qualità **QCS** ed ha due livelli:

- Anello DDC (Direct Digital Control)
- Anello di supervisione

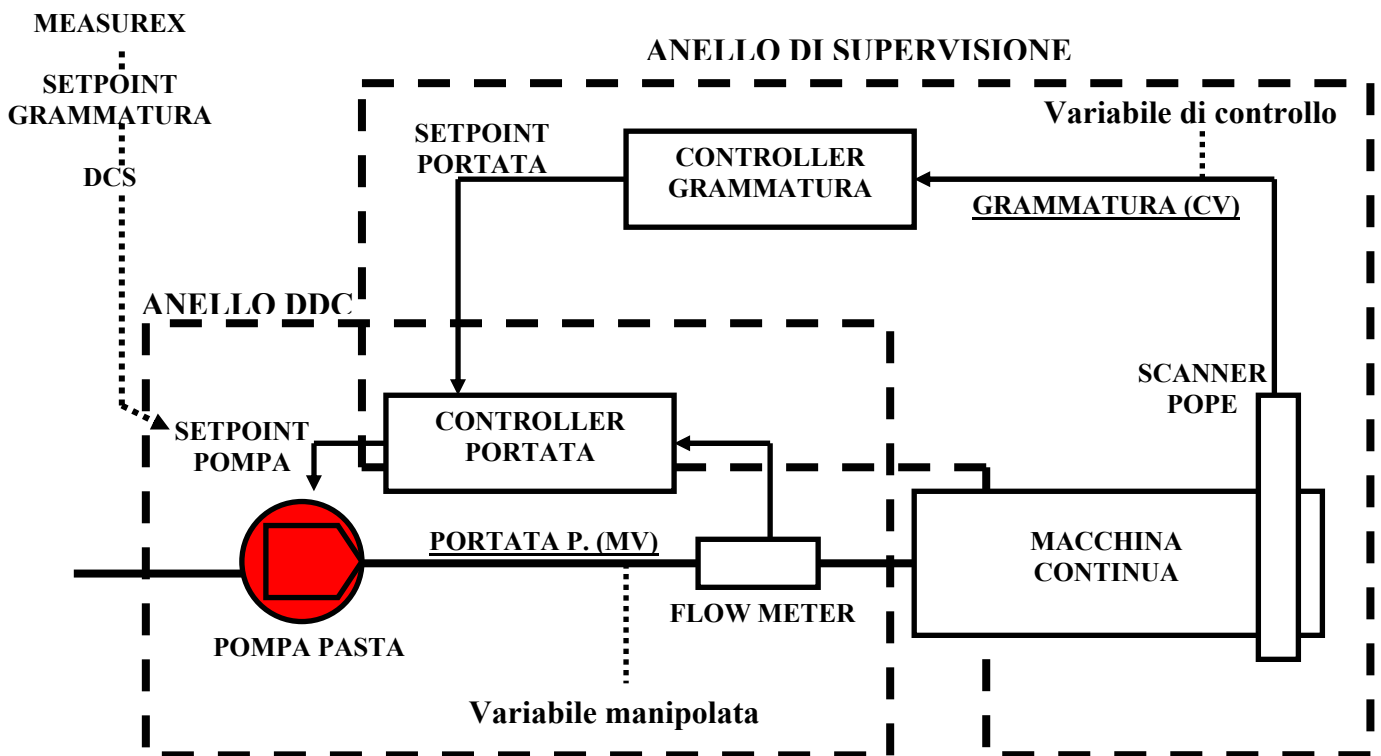


Figura 21: Esempio di controllo di supervisione

3.7 ANELLI DI SUPERVISIONE

- Un anello di supervisione differisce da un anello DDC per il fatto che l'uscita non va direttamente alla valvola, bensì all'obiettivo di un anello di controllo DDC.
- L'anello di supervisione effettua dunque la supervisione su un altro anello di controllo.

In *Figura 21* la grammatura è misurata dal sensore dello scanner. Questo valore viene confrontato con il valore di obiettivo impostato dall'Operatore. Il controllo effettua le opportune modifiche all'obiettivo di portata pasta per portare il valore di grammatura vicino a quello impostato. Gli anelli di supervisione sono gli anelli di controllo principali del processo. Gli obiettivi vengono richiamati automaticamente con l'impostazione del codice (carta) e possono essere modificati dall'Operatore. Le variabili sono misurate dallo scanner e sono chiamate variabili di controllo **CV** poiché stabiliscono come viene controllato il processo.

Se la grammatura è la variabile di controllo misurata allo scanner, essa determina il set point della portata pasta della macchina continua. Per ogni anello sono fornite le seguenti informazioni:

- | | |
|----------------|-----------------------------------|
| • Variabile CV | Nome della variabile |
| • Setpoint | Valore di obiettivo |
| • Valore | Valore corrente misurato |
| • Stato | Non pronto, Pronto, Sospeso, Auto |
| • Comando | On/Off |

Per la regolazione della grammatura, l'anello DDC è costituito dalla portata pasta mentre l'anello di supervisione è costituito dalla grammatura.

3.8 CONTROLLO DI GRAMMATURA

Il controllo di grammatura è fatto attraverso la regolazione della portata pasta del supporto. Il controllo di grammatura dispone inoltre della compensazione di consistenza, che agisce sulla portata pasta. Quando la consistenza diminuisce, viene aumentata la portata pasta per mantenere costante il valore di portata al secco. L'inserimento del controllo di compensazione di consistenza mette pertanto in cascata l'anello di portata. Il calcolo dei litri di pasta necessari, per ottenere la grammatura impostata, viene eseguito in via teorica in funzione della consistenza, della velocità di macchina e del formato carta.

3.9 CONTROLLO DI UMIDITÀ

Questa regolazione si attua tramite il controllo della pressione del vapore. La pressione vapore rappresenta l'anello DDC, mentre il controllo d'umidità manda in cascata l'anello di pressione vapore. Il set point vapore impostato sul software di gestione dell'impianto vapore, gestisce tramite PLC l'asciugamento della carta inserendo le curve d'essiccamento. Il controllo del profilo d'umidità avviene sempre attraverso la lettura del ponte di scansione e regolato attraverso 73 attuatori dell'umettatrice Aquatrol. Il profilo d'umidità, come quello di grammatura letto, viene suddiviso in 50 minislice con distanza di 147,5 mm. Rispetto all'obiettivo impostato, Measurex agisce sui 73 attuatori recuperando le zone da correggere. Ogni attuatore si compone di quattro ugelli posti in direzione macchina che si attivano sequenzialmente per una portata complessiva oraria di 90 litri. I quattro ugelli, accesi in sequenza permettono un'umidificazione del nastro carta, rispetto alla portata totale, in queste percentuali:

Ugello n°1 = 5%	↓ Direzione carta
Ugello n°2 = 13%	
Ugello n°3 = 27%	
Ugello n°4 = 53%	

Da considerare il fatto che risulta essere molto importante l'allineamento del centro del nastro carta con il centro della lettura del ponte di scansione. Ciò risulta fondamentale in quanto la sospensione dallo stato liquido si solidifica per poi subire, in asciugamento, un restringimento del 4 - 4,5 %. Se l'allineamento non fosse corretto si potrebbe rilevare una correzione d'umidità e grammatura in punti in cui la cosa non è necessaria. A tal proposito i minislice al bordo L.C. e L.S. hanno misure differenti in funzione di questo principio.

(Vedi *figura 22*)

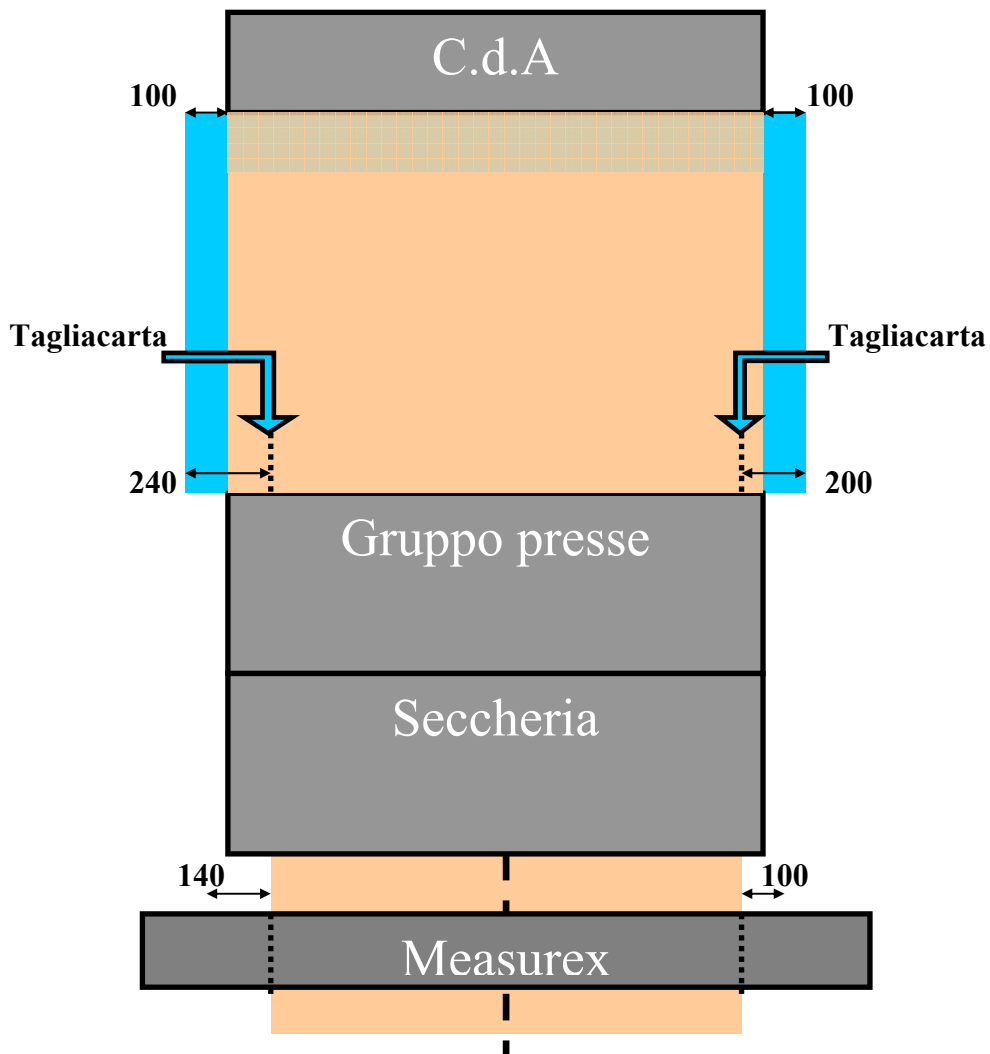


Figura 22: centramento nastro carta e ponte di scansione

3.10 CONTROLLO ADATTATIVO DI UMIDITÀ (TAD)

Il TAD controlla il valore di picco massimo del profilo di umidità ammesso; inserendolo in automatico, il valore medio dell'umidità viene messo in cascata, esso calcola un valore di setpoint di umidità media che abbia come valore massimo del profilo, il valore di picco impostato.

3.11 CAMBIO COORDINATO DI VELOCITÀ

Questa funzione ha come prerequisito di avere come controllo la velocità di macchina. Esso provvede a modificare in automatico la velocità di macchina mantenendo in specifica le caratteristiche controllate della carta (grammatura e umidità), in quanto anche il ponte di scansione diminuisce il tempo per i passaggi di scansione.

Per effettuare le correzioni il ponte esegue cinque passaggi leggendo un valor medio ed attuando al sesto passaggio una correzione di entità settabile, nel nostro caso di un 10 %, rispetto allo scostamento del valore letto di grammatura ed umidità nei confronti del valore di obiettivo.

3.12 SEZIONE DI CONTROLLO DELLA CASSA D'AFFLUSSO

Sulla schermata della Cassa d'afflusso del DCS troviamo il rapporto Getto/Tela. L'inserimento in automatico di questo rapporto manda in cascata il livello del battente. Vengono pertanto modificati i giri della fun pump per ottenere il valore di battente idoneo a mantenere costante il valore del rapporto Getto/Tela impostato.

3.13 DEVIAZIONE 2 SIGMA (2σ)

La distribuzione di una variabile misurata (ad esempio la grammatura) viene espressa attraverso la deviazione 2 sigma. L'insieme dei valori che costituiscono la variabile misurata assume una distribuzione a forma di campana che in statistica viene chiamata gaussiana

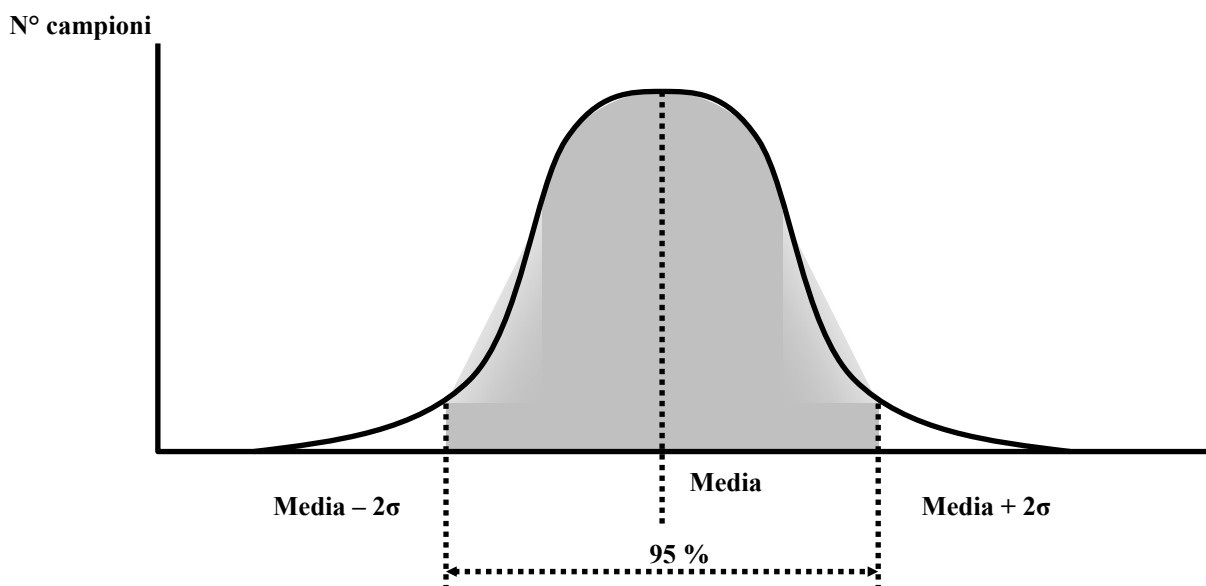


Figura 23

L'area evidenziata all'interno della campana rappresenta il 95 % dei valori misurati. Il valore $\pm 2\sigma$ rappresenta dunque l'ampiezza del 95 % dei valori misurati.

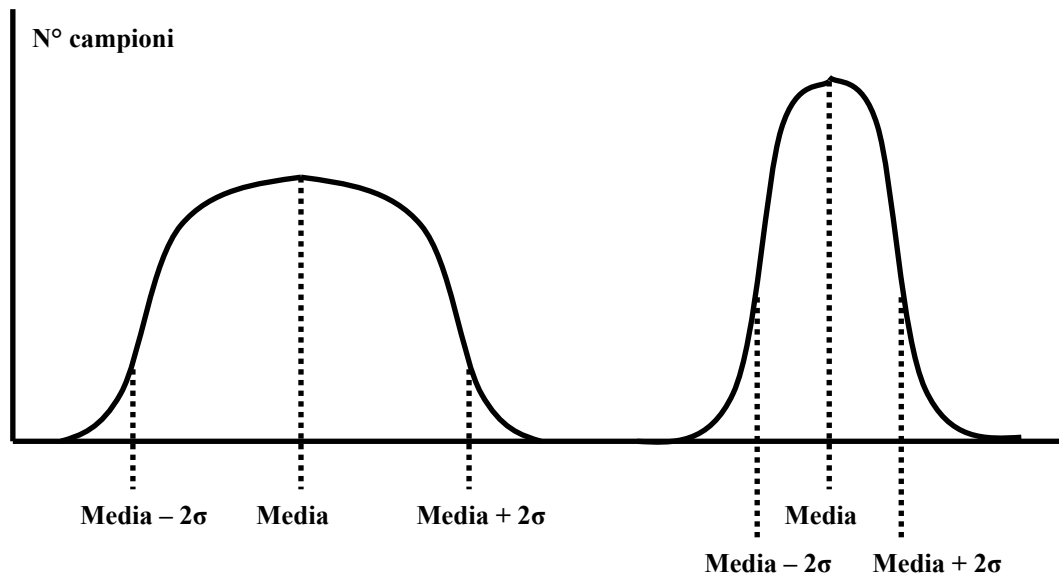


Figura 24

Nell'esempio di figura 24 sono rappresentate due campane di distribuzione aventi ampiezze diverse. Da tale esempio appare evidente che nella campana di destra i campioni misurati sono distribuiti maggiormente intorno all'obiettivo rispetto alla campana di sinistra e che pertanto il valore 2σ risulta inferiore rispetto alla campana di destra.

Per una variabile in scansione vengono calcolate le seguenti dispersioni 2 sigma:

- Totale
- Longitudinale (MD)
- Trasversale o Profilo (CD)
- Residua o Breve Termine (ST)

Descrizione del calcolo statistico della misura

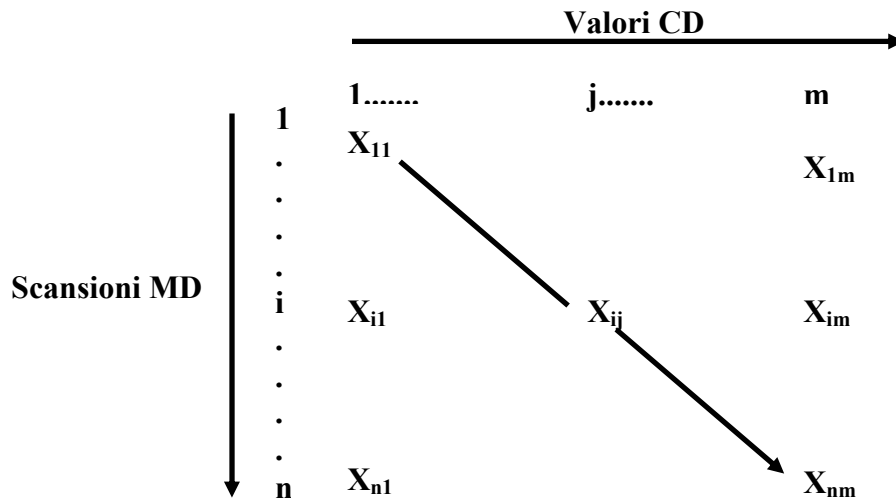


Figura 25

Consideriamo un sensore in scansione sul nastro. Le scansioni vengono indicizzate in senso longitudinale:

$$i = 1 \dots\dots n$$

I valori o data Boxes CD vengono indicizzati:

$$j = 1 \dots\dots m$$

Ciascun punto è una media delle letture effettuate dal sensore dei data boxes CD j durante le scansioni i . le letture possono essere rappresentate come:

$$X_{ij}$$

Consideriamo la matrice $n.m$ di dati esistente a fine bobina per definirne la quantità.

La **media** della “ennesima” **scansione** è:

$$\bar{x}_i = \sum_{j=1}^m \frac{x_{ij}}{m}$$

La **media** dell'“ennesimo” **data box** è:

$$\bar{x}_j = \sum_{I=1}^n \frac{x_{ij}}{n}$$

La **media complessiva** è:

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \frac{x_{ij}}{nm}$$

Il valore **2 sigma Totale** è calcolato come:

$$2\sigma_{\text{Tot}} = 2\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (x_{ij} - \bar{x})^2}{nm - 1}}$$

Il valore **2 sigma Longitudinale** è calcolato come:

$$2\sigma_{\text{MD}} = 2\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x}_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Il valore **2 sigma Trasversale** è calcolato come:

$$2\sigma_{\text{CD}} = 2\sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (\bar{x}_j - \bar{x})^2}{m - 1}}$$

Il valore **2 sigma Residuo** è calcolato come:

$$2\sigma_{\text{ST}} = 2\sqrt{(\sigma_{\text{Tot}})^2 - (\sigma_{\text{CD}})^2 - (\sigma_{\text{MD}})^2}$$

4. CONCLUSIONI

L'assetto della Linea è decisamente diverso, la qualità della carta prodotta è decisamente migliore rispetto a quella prodotta precedentemente, soprattutto e ovviamente in termini di planarità. Inoltre la soft calender in linea consente di snellire e migliorare di molto la gestione produttiva. Ridotto decisamente il problema delle fasce e delle cordonature della carta calandrata, la regolazione della soft calender segue con precisione le indicazioni del sensore di spessore. Il risultato più importante è poi stato il buon riscontro in termini qualitativi e in termini di giudizi da parte dei Clienti più importanti.