

Formazione e drenaggio sulla tavola piana

Canali Luca
(Pigna)

Relazione finale
5° Corso di Tecnologia per tecnici cartari
1997 / 98



**Scuola Interregionale
di tecnologia
per tecnici Cartari**

Via Don G. Minzoni, 50
37138 Verona

FORMAZIONE E DRENAGGIO SULLA TAVOLA PIANA

1. LA FORMAZIONE DEL CONTESTO FIBROSO IERI E OGGI
2. LA FORMAZIONE: IL FOGLIO COME CONTESTO TRIDIMENSIONALE
3. ANALISI VISIVA DEL FOGLIO E MODERNI METODI DI CONTROLLO DELLA FORMAZIONE
4. PARAMETRI CHE INFLUENZANO LA FORMAZIONE
 - 4.1. - L'impasto
 - 4.2. - La raffinazione
 - 4.3. - La ritenzione
5. ELEMENTI CHE DANNO LUOGO ALLA FORMAZIONE DEL FOGLIO
 - 5.1. - La cassa d'afflusso
 - 5.2. - La tela di formazione
 - 5.3. - Gli elementi drenanti
 - 5.4. - Il cilindro ballerino
 - 5.4.1 Vantaggi della doppia tela
6. IL DRENAGGIO SULLA TAVOLA PIANA
7. L' HSP (HIGHT SPEED PHOTOGRAPHY) COME TECNICA DI INTERPRETAZIONE DEL DRENAGGIO
8. L'OTTIMIZZAZIONE DELLA FORMING ZONE COME ELEMENTO BASE PER UNA BUONA FORMAZIONE

1. LA FORMAZIONE DEL CONTESTO FIBROSO IERI E OGGI

La carta in passato venne definita come un contesto fibroso ottenuto dal drenaggio di una sospensione acquosa di fibre cellulosiche: oggi questa definizione rimane ancora inalterata ma si aggiungono nuovi concetti come microturbolenza, tempi di riflocculazione, mobilità delle fibre, drenaggio parziale o totale. Questo significa che nell'ambito cartario le innovazioni sono state evidenti con il passare del tempo; la strada percorsa è stata e sarà lunga.

Esempi tipici di questi cambiamenti si possono trovare in casi in cui alla tradizionale tavola piana, totalmente da ricostruire per ottenere migliori rese qualitative-produttive, sono state applicate le più avanzate tecnologie e le migliori esperienze di specialisti nella progettazione e messa a punto della parte umida della macchina continua.

Si è passati dall'ottenimento del foglio di carta attraverso una semplice azione di filtrazione, sino ad arrivare alla tavola piana, ovvero alla possibilità di poter gestire in tempo reale il drenaggio e la microturbolenza, tramite la regolazione fine del basso vuoto, in funzione della tipologia di carta prodotta, garantendo comunque la futura riproducibilità di quel tipo di carta.

L'insieme dei fenomeni che danno luogo alla formazione del foglio sono complessi; se in passato questi si limitavano alla manualità dell'operatore, oggi dipendono da una serie di variabili per la maggior parte controllabili, quali le tipologie di casse d'afflusso, la regolazione del basso vuoto, l'impiego di specifiche tele di formazione, l'utilizzo di svariati tipi di elementi drenanti, ecc..

Diventa sempre più importante ed urgente arrivare a poter definire con precisione le caratteristiche della carta da produrre e poterle esprimere mediante numeri, in modo tale da riuscire con idonei strumenti, a misurare i valori di tali caratteristiche.

La seguente relazione dopo aver messo in evidenza il concetto di formazione e di drenaggio descriverà i fattori che danno luogo alla formazione del foglio, mettendo in evidenza l'importanza della tavola piana, quindi degli elementi drenanti e della tela di formazione, al fine di ottenere una carta di qualità, ribadendo il concetto che molte caratteristiche finali della carta si vengono a determinare nella fase iniziale di drenaggio.

2. LA FORMAZIONE: IL FOGLIO COME CONTESTO TRIDIMENSIONALE

La formazione del contesto fibroso consiste nel depositare su una tela fibre che si intrecciano e si sovrappongono fra di loro in un contesto tridimensionale; man mano che la quantità di acqua diminuisce, drenando per gravità attraverso le maglie della tela, dà inizio alla formazione di un sottilissimo feltro. Via via che lo spessore aumenta si pure un rallentamento e rallenta sempre maggiore del drenaggio naturale dell'acqua, rendendo quindi necessario un effetto di aspirazione sempre più intenso, affinché possa continuare la rimozione dell'acqua dallo strato di sospensione fibrosa.

Una buona formazione porterà a una distribuzione uniforme delle fibre nel contesto fibroso, tale da rendere costanti le caratteristiche del foglio in qualsiasi punto. La speratura, l'isotropia di resistenza (ovvero la quadratura della carta) la distribuzione delle parti fini e delle cariche, l'impronta della tela di formazione sul foglio si vengono a determinare nella fase iniziale del drenaggio.

Questa distribuzione ideale, sperimentalmente é difficile da ottenere in quanto il drenaggio nella prima parte della tavola piana avviene solamente per gravità; risulta inevitabile che le particelle di peso specifico maggiore e di dimensioni inferiori tendano in un primo momento, a passare attraverso le maglie della tela, poi tendano ad essere trattenute dall'intreccio fibroso in via di formazione; questo determina certamente un cambiamento di ritenzione che porta ad una variazione della composizione nel senso dello spessore, determinando quindi un doppio viso. Un ulteriore anisotropia nel senso dello spessore può verificarsi se le prime fibre che si depositano sulla tela sono orientate maggiormente nella direzione di macchina e quelle che si depositano successivamente sono meno allineate: questo fenomeno porta a una disposizione delle fibre sui due lati del foglio non omogenea che può generare deformazioni del foglio in caso di variazioni di umidità ambientale.

La speratura viene determinata dalla prima fase del drenaggio poiché essa é dipendente dalla distribuzione delle fibre. Nella cassa d'afflusso la turbolenza tende a rompere i fiocchi di fibre, per lo più a ridurli di dimensione, ma dato che la formazione del foglio avviene in condizioni esenti da forze di taglio si viene a

determinare la tendenza alla riformazione dei fiocchi. Per evitare ciò é indispensabile impostare un drenaggio mirato ad impartire alla sospensione fibrosa una microturbolenza che limiti tale fenomeno.

Una distribuzione non omogenea comporta difettosità ai fini delle successive lavorazioni della carta e delle caratteristiche finali della stessa; per questo motivo la carta dovrà essere valutata tenendo in considerazione due aspetti fondamentali: la dimensione dei fiocchi e la distribuzione o concentrazione nel foglio. La presenza di "nuvolosità" nella carta oltre a pregiudicare la speratura compromette anche molte altre caratteristiche, sia meccaniche che di stampabilità. Un foglio non uniforme durante la fase di contatto carta-inchiostro-caucciù nella stampa offset porterà a problemi di assorbimento e uniformità di ingrossamento del punto, in quanto la superficie di contatto non sarà più una costante nelle due dimensioni del foglio, ma diventerà una variabile sicuramente incontrollabile data la natura stessa della carta, che come sappiamo nasce da una distribuzione casuale delle fibre.

Questo lo si può dimostrare facilmente con il dinamometro. Una catena formata da anelli di diversa resistenza avrà la resistenza dell'anello più debole.

Questa "imprevedibilità" della carta stessa pregiudica inoltre le prove che vengono effettuate al fine di identificare un certo tipo di carta; una caratteristica quale la porosità, essendo misurata su una superficie relativamente piccola non può offrire un valore che possa essere correlato alla superficie di una bobina intera; per questo motivo nasce l'esigenza di un'indagine statistica dove l'affidabilità di una metodica é apprezzabile solamente avendo a disposizione un numero elevato di valori.

3. ANALISI VISIVA DEL FOGLIO E MODERNI METODI DI CONTROLLO DELLA FORMAZIONE

Quando osserviamo un foglio in controluce vediamo la distribuzione della luce trasmessa e di conseguenza abbiamo già a disposizione una serie di elementi per poter giudicare la formazione del foglio.

Una buona formazione é caratterizzata da distribuzione uniforme della massa nella lunghezza, larghezza e spessore.

Se la formazione é ottima anche l'uniformità di distribuzione della luce trasmessa sarà ottima.

Certamente bisogna prendere in considerazione che la trasmissione della luce non dipende solamente dalla disposizione delle fibre, ma anche dalla distribuzione delle cariche e dalla raffinazione che le fibre hanno subito: più le fibre sono raffinate, più i punti di contatto aumentano e più la luce viene trasmessa senza subire rifrazioni.

L'analisi visiva é quindi fondamentale ma sino ad un certo punto; un chiaro esempio lo si può avere osservando in controluce una carta contenente un'alta percentuale di carica, la quale essendo opacizzante non permette la visione completa della distribuzione delle fibre.

Sicuramente il foglio deve apparire uniforme all'analisi visiva; questo é un requisito necessario ma non sufficiente per giudicare la formazione del foglio.

Se le fibre sono distribuite in modo uniforme, si dice che la carta é chiusa. Se la loro distribuzione è irregolare e sono presenti fiocchi di grosse dimensioni si parla di speratura nuvolosa. Si ha invece una carta cosiddetta "ridente" quando i fiocchi, anche se piccoli, sono separati da zone dove il foglio è nettamente più sottile.

Per riuscire ad arrivare ad una valutazione completa si sono adottati dei nuovi metodi di analisi nei quali un sottile fascio di luce attraversa perpendicolarmente il foglio e va a colpire una cellula fotoelettrica che trasforma le variazioni d'intensità di luce trasmessa nella carta in variazioni di segnale elettrico.

Un metodo si avvale di un densitometro a luce trasmessa. L'attenuazione della luce prodotta dalla carta è valutata dall'apparecchio in termini di densità ottica; più è la dispersione delle misure fatte in vari punti del foglio, tanto più la carta è nuvolosa. Un altro metodo si avvale dello strumento NUI (reed ltd)

Il campione che deve essere analizzato ha una forma circolare del diametro di 16 cm. L'area del foglio sottoposta alla lettura ha un diametro di 1,5 cm; la luce che colpisce il foglio (parzialmente appoggiato su una testa rotante ad alta velocità), alimentata da tensione costante, passa attraverso il foglio e percepita da una fotocellula collegata a più componenti fornisce le variazioni di intensità della luce trasmessa.

L'indice NUI non è altro che il seguente rapporto:

$$\text{NUI} = \frac{\Delta I \text{ trasmessa}}{\Delta I \text{ media trasmessa}}$$

dove ΔI = variazione intensità

Quindi minore è l'indice NUI e migliore sarà la formazione del foglio.

4. PARAMETRI CHE INFLUENZANO LA FORMAZIONE

4.1. L'IMPASTO

Le proprietà della carta dipendono in larga misura dalle caratteristiche delle fibre che la costituiscono. Tra queste, le più importanti sono la lunghezza delle fibre e lo spessore della parete cellulare.

Le caratteristiche morfologiche della fibre oltre ad essere in stretta relazione alla resistenza del foglio stesso, influiscono sul numero di contatti e sulle aree di legame che si stabiliscono tra le fibre durante il processo di formazione.

Per questo motivo un impasto costituito da fibra lunga tenderà a dar luogo ad un foglio molto nuvoloso rispetto ad un impasto costituito da fibra corta poichè il numero di legami che una fibra saprà instaurare sarà sicuramente inferiore.

Da un impasto di fibra lunga si otterrà una carta molto resistente ma con una cattiva speratura, mentre da un impasto di fibra corta si otterrà una carta con scarse caratteristiche meccaniche, ma non buona speratura. Normalmente nella formulazione degli impasti si giunge a compromessi; se si vogliono ottenere tutte e due le caratteristiche sopracitate si procederà a utilizzare un impasto misto dove la fibra lunga darà luogo all'intreccio fibroso, mentre la fibra corta servirà in un certo senso da "riempitivo", quindi a rendere più uniforme nei punti in cui la fibra lunga non riuscirà ad espletare certe caratteristiche.

La presenza di pasta legno, ovvero di pasta ottenuta da sfibratura meccanico del legno stesso, influisce negativamente sulla formazione del contesto fibroso in quanto la presenza di lignina sulla superficie delle fibre impedisce l'instaurarsi di legami idrogeno con le superfici adiacenti. Inoltre la rigidità della lignina compromette la flessibilità della fibra tanto da renderla non idonea a stabilire aree estese di contatto e soprattutto a "intercalarsi" nel contesto fibroso durante il processo di formazione.

4.2. LA RAFFINAZIONE

Un foglio costituito da fibre di cellulosa non raffinate risulterebbe, allorchè osservato in trasparenza molto "aperto", caratterizzato da elevata luminosità e da spera molto disuniforme. La raffinazione ha come scopo principale di impartire solidità al foglio e di migliorarne sia le caratteristiche meccaniche che di speratura.

Quando la fibra in sospensione acquosa viene sottoposta a ripetute sollecitazioni meccaniche di flessione e di schiacciamento si verifica la rottura di legami a idogeno della parete fibrosa che vengono sostituiti da legami idrogeno fra fibra e acqua.

In questo modo avviene una fibrillazione che permette alla fibra di assorbire nel suo interno più acqua, quindi di rigonfiarsi: la fibra diventa più flessibile, plastica e capace di estendere un maggior numero di legami interfibra.

La raffinazione provoca sulla fibra in sospensione acquosa una progressiva diminuzione del drenaggio sulla tavola piana a causa della presenza di parti fini e della resistenza della fibra stessa a cedere l'acqua assorbita. Nello stesso tempo porta ad una formazione migliore poichè si instaurano maggiori aree di legame, tali da rendere il foglio più chiuso e più compatto.

4.3. LA RITENZIONE

Per ritenzione si intende la frazione, espressa come percentuale, di un certo componente (cariche, parti fini, additivi) che rimane trattenuta nel foglio rispetto a quella introdotta nell'impasto. Normalmente su una tavola piana non si riesce ad ottenere una ritenzione omogenea nel senso dello spessore del foglio in quanto le parti fini e le cariche, nella prima fase del drenaggio, tendono a passare attraverso le maglie della tela, mentre in un secondo momento l'intreccio fibroso tende a trattenere questi elementi; tale differenza porta ad avere una maggiore concentrazione di cariche e parti fini nella parte superiore del foglio nel senso dello spessore.

Per eliminare questo viso, sono stati introdotti nella tecnologia cartaria i coagulanti e i flocculanti. Il meccanismo più importante della loro azione é dovuto a forze colloidali che sono in relazione con il potenziale elettrocinetico esistente tra le particelle. Le forze interfacciali che vengono a crearsi favoriscono l'agglomerazione di queste.

La coagulazione consiste nel ridurre le forze di repulsione tra le particelle di stesso segno attraverso un meccanismo di neutralizzazione di carica, mentre il meccanismo di flocculazione consiste nella formazione di legami idrogeno e di legami ionici tra un polimero ad elevato peso molecolare, le superfici di materia di carica e le superfici delle parti fini.

L'impiego di flocculanti é benefico, ma l'operazione deve essere condotta con estrema delicatezza per non disturbare la formazione del foglio.

Spesso la tendenza di un impasto a flocculare non é presa in giusta considerazione dal cartaio. Il fenomeno é forse legato all'introduzione di macchinari che non permettono di vedere l'impasto e il comportamento in sospensione acquosa. Ciascun tipo di fibra si comporta in modo diverso; ad esempio, le fibre contenenti un' elevata percentuale di emicellulose hanno minor tendenza a flocculare. La flocculazione é favorita dalla presenza di colla, di gelatine sia con valori di pH molto bassi che con valori di pH molto alti.

La teoria della flocculazione delle fibre, della loro carica elettrostatica, cioè del potenziale elettrocinetico, e delle relazioni tra le fibre e il liquido circostanti é ancora in fase di studio. L'esperienza però insegna che nella fabbricazione di carte con fibre poco lavorate é necessario l'utilizzo di colloidi liofili; più leggera é la grammatura e più l'impiego di questi agenti é indispensabile. Evidentemente un'eccessiva flocculazione, tanto da portare ad una cattiva speratura, é dannosa; però una certa azione di legamento é necessaria sia per avere una migliore ritenzione delle parti fini, sia per ottenere una più omogenea dispersione delle fibre, quindi per un equilibrata resistenza meccanica nei due sensi.

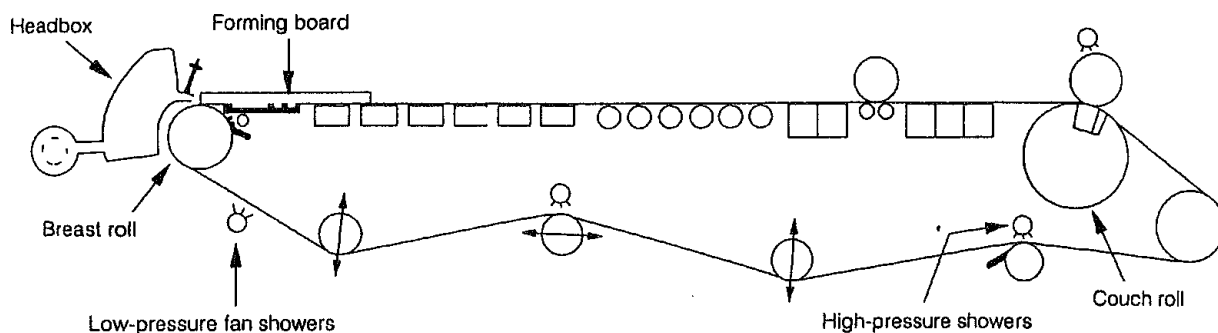
5. ELEMENTI CHE DANNO LUOGO ALLA FORMAZIONE DEL FOGLIO

Dopo aver preso in considerazione i fattori che influenzano la formazione del foglio, è necessario descrivere quali elementi della macchina continua contribuiscono alla formazione del foglio e descrivere quali accorgimenti adottare in merito alla conduzione della macchina al fine di ottenere una buona formazione.

Possiamo dire che la formazione dipende da questi elementi:

- la cassa d'afflusso
- la tela di formazione
- gli elementi drenanti
- il cilindro ballerino

Nella figura seguente viene indicata una cassa d'afflusso chiusa ed una tavola piana classica



Ora prenderemo in considerazione questi punti mettendo in evidenza quali parametri influenzano la formazione del foglio.

5.1. LA CASSA D'AFFLUSSO

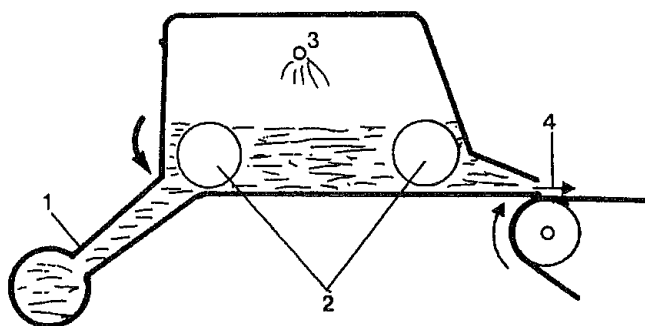
La cassa d'afflusso ai fini della formazione del contesto fibroso deve rispondere a precisi requisiti:

- Deve mantenere la costanza del flusso dell'impasto in tutta la larghezza della feritoia; se ciò non fosse ci sarebbero zone in cui la velocità di uscita del getto sarebbe diversa da altri punti, compromettendo quindi il profilo trasversale di grammatura.

- Deve fare in modo di fornire all'impasto una microturbolenza controllata, in modo da evitare la formazione di fiocchi che danneggerebbero la speratura del foglio, oltre che creare ostacolo nel flusso dell'impasto all'uscita dal becco.

- Deve impartire all'impasto velocità controllata e in armonia con la velocità della tela a seconda dell'esigenza e del tipo di formazione che si vuole ottenere.

Una cassa d'afflusso si può schematizzare nel seguente modo:



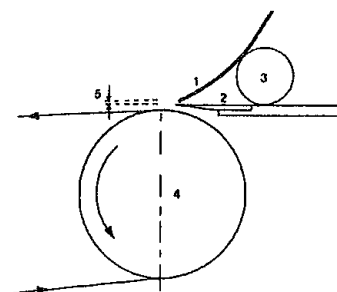
1- distributore. 2- cilindri rettificatori. 3- insufflazione aria. 4- bocca d'afflusso

Nella figura è schematizzata una cassa d'afflusso chiusa, quindi una cassa su cui si applica una pressione con aria compressa, per riuscire ad ottenere un certo battente, quindi una certa velocità di flusso.

La cassa é dotata di un "troppo pieno" regolabile per compensare eventuali fluttuazioni di flusso e regolare la portata trasversalmente; uno degli inconvenienti peggiori infatti è la discontinuità del flusso causato dalle variazioni di prevalenza delle pompe di alimentazione dell'impasto, causate per esempio da sbalzi di corrente elettrica.

All'interno della cassa d'afflusso sono presenti uno o più rulli rettificatori che hanno lo scopo di omogeneizzare il flussi ed eliminare i fiocchi: questi sono forati e parzialmente immersi nell'impasto e ruotano a velocità bassa e regolata a seconda della velocità della continua.

La parte più importante della cassa d'afflusso ai fini della formazione é la bocca d'afflusso, qui schematizza:



Essa é costituita da un labbro superiore (top slice) e un labbro inferiore (apron board) e determina attraverso la sua apertura, quindi attraverso il sollevamento del labbro superiore, la velocità del getto a parità di portata (numero giri della fan pump)

Poichè

$$Q = v \cdot s$$

dove Q = portata

v = velocità di flusso

s = sezione bocca d'afflusso

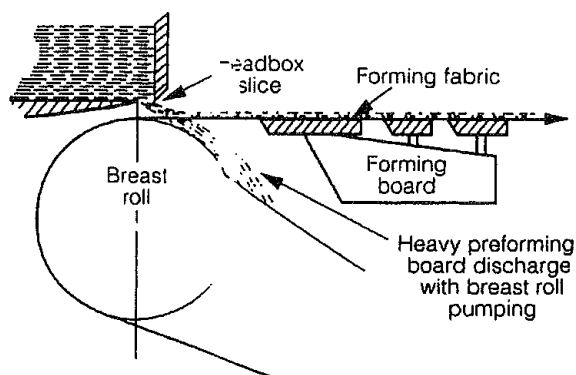
aumentando la sezione a Q costante v diminuisce.

Le casse d'afflusso sono dotate di un sistema di regolazione che permette di aprire il labbro senza modificare la velocità del getto; questo si può ottenere agendo in automatico sul numero di giri della "fun pump" e quindi sulla quantità

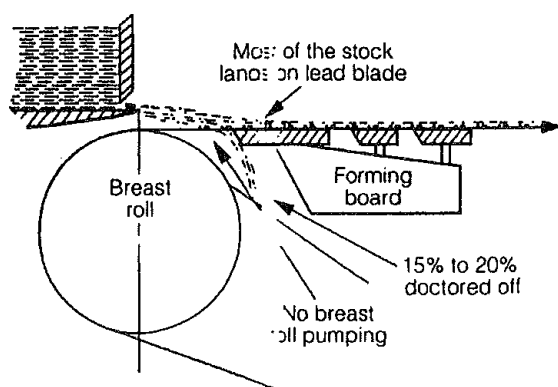
di acqua mandata in cassa d'afflusso: aumentando la sezione del labbro il regolatore, ai fini di mantenere costante la velocità aumenta i giri della fun pump, aumenta di conseguenza la quantità di acqua nell' impasto.

Quest' ultima manovra viene eseguita frequentemente, in quanto ai fini della formazione è opportuno in molti casi spostare la "linea d'acqua" più avanti, in modo da prolungare sulla tavola piana il drenaggio, e quindi dare possibilità all'impasto di drenare in modo più misurato e in un tempo più lungo.

Il labbro superiore é disposto inclinato di un certo angolo in modo da poter regolare la direzionalità del flusso



Nel primo caso abbiamo una "pressure forming" ovvero una formazione in pressione: come si può notare il labro inferiore é arretrato, rispetto a quello superiore tanto da avere un getto orientato nella zona tra il rullo capotela e la tavola di formazione. Questo implica un drenaggio più immediato e quindi un tempo di formazione limitato tanto da " bloccare " in un certo senso le fibre sulla tela; normalmente questo tipo di conduzione non é usato nella produzione di carte da stampa, ma viene molto utilizzato nel campo del tissue dove si vuole avere un drenaggio immediato e la rapida formazione della base fibrosa.



Nel secondo caso abbiamo una "velocity forming" ovvero una formazione in velocità dove il labbro inferiore è anteriore al labbro superiore in modo da orientare il getto sulla tavola di formazione. Solitamente il 15 - 20 % dell' acqua viene drenata prima della tavola ed inoltre, il getto che arriva sulla tela subisce un minore impatto poichè la superficie di contatto é relativamente grande. Da qui infatti nascono le due definizioni (pressure forming e velocity forming) proprio perchè nel primo caso la superficie di impatto é piccola, quindi la pressione, a parità di portata, è più alta rispetto al secondo caso dove la pressione è distribuita su una superficie più ampia.

Un altro importante fattore da tenere in considerazione è la differenza di velocità tra il getto e la velocità della tela che normalmente si esprime come rapporto tra la velocità del getto e la velocità della tela.

Se il rapporto é maggiore di uno, quindi la velocità del getto è maggiore della velocità della tela, la sospensione fibrosa in uscita dalla bocca d'afflusso nell'impatto con la tela avente una velocità minore, subirà una decelerazione, con conseguente "rotolamento" della fibre: questo porterà ad una spératura più nuvolosa in quanto non si avrà una disposizione preferenziale e ordinata delle fibre, questo d'altro canto porterà ad avere una carta con una minore anisotropia di resistenza.

Al contrario, se il rapporto è minore di uno, quindi la velocità del getto è minore della velocità della tela, la sospensione fibrosa, nell'impatto con la tela subirà un' accelerazione, quindi la fibra tenderà a orientarsi nel senso macchina, ed avere una disposizione più ordinata. Questo comporterà d'altro canto una differenziazione delle resistenze meccaniche nei due sensi.

5. 2. LA TELA DI FORMAZIONE

È in pratica una tela chiusa ad anello tessuta finemente secondo particolari intrecci, la cui larghezza determina il formato della carta sulla tavola piana. La sua funzione, oltre che a trascinare l'impasto in macchina, è quella di permettere il drenaggio, quindi il passaggio dell'acqua dal contesto fibroso al sottotela.

Il drenaggio è determinato dal numero dei fili di ordito e trama per centimetro e inoltre dalla conformazione della trama e dell'ordito.

Sono costruite con filo sintetico, esclusivamente in poliammide; le dimensioni dei fili e la conformazione variano a seconda del tipo di carta che si vuole produrre. La tela di formazione influenza l'orientamento del primo strato di fibre. Infatti se le "briglie" o "slegature" sono disposte lungo l'ordito, cioè nel senso di marcia della tela, all'orientamento delle fibre dovuto a ragioni idrodinamiche, si accompagna un leggero allineamento dovuto alle briglie.

Le tele per contemperare ad altre esigenze come la resistenza all'usura, la stampabilità, possono essere costituite di vari strati: quello superiore a contatto con l'impasto avente una trama più fitta e con fili di diametro piccolo, mentre quello inferiore a contatto con i listelli drenanti, quindi più soggetto a usura avente una trama più grossolana e un diametro di fili più grande.

I due lati della carta presentano notevoli differenze strutturali dovute alla formazione sulla tavola piana. Per effetto dell'aspirazione nelle varie sezioni essa, il lato tela assume una struttura aperta e porosa, povera di parti fini e di particelle di carica, mentre il contrario avviene sul lato feltro. Il lato tela spesso presenta il segno della tela, cioè un'impronta che la tela di macchina lascia sulla superficie del foglio durante la formazione e che è cancellata parzialmente dai cilindri essicatori e dalla liscia.

All'osservazione il segno del lato tela appare sotto forma di piccoli rombi, molto fini disposti secondo la direzione trasversale del foglio.

Ultimamente, la fabbricazione delle tele di formazione ha mirato all'eliminazione di questa differenza.

5.3. GLI ELEMENTI DRENANTI.

Il drenaggio sulla tavola piana si può suddividere in due distinti momenti: nella prima fase il drenaggio dell'acqua viene effettuato per gravità, attraverso l'impiego della tavola di formazione o forming board e dei listelli drenantio foils, mentre in un secondo momento il drenaggio viene effettuato con l'ausilio di vacuum foils, cassette aspiranti e cilindro aspirante, collegati ad un impianto a vuoto che permetta un ulteriore drenaggio non più ottenibile per sola caduta.

Ora prenderemo in considerazione i vari elementi mettendo in evidenza la struttura e la loro funzione:

- Il cilindro capotela

Rivestito di materiale sintetico, è il primo elemento della tavola piana ed è posizionato sotto il labbro inferiore della cassa d'afflusso e sotto il primo listello della tavola di formazione.

Al capotela si ha un cambiamento di direzione di moto della tela stessa; esso quindi deve essere di diametro piuttosto grande a causa del tiro della tela ed anche perchè questa non può subire cambiamenti di direzione bruschi senza subire pericolose oscillazioni.

Il capotela è posto in relazione alla sezione di uscita della cassa d'afflusso, in modo che si possa ottenere un getto tangenziale alla tela. Esso ha una tavola maggiore per evitare che la tela slitti oltre i bordi e si possa danneggiare. Il cilindro capotela è dotato di un coltello che mantiene la superficie pulita ed evita che la pasta possa introdursi tra il cilindro e la tela stessa. Le lame sono costituite in metallo leggero ed hanno inferiormente una striscia di gomma a leggero contatto con la tela e sono regolabili in orizzontale e in verticale.

- La tavola di formazione

Le tavole di formazione sono essenzialmente in acciaio inossidabile e molto rigide. I listelli di copertura sono generalmente in resina fenolica o materiale simile. La superficie può essere piena, forata o costituita da una serie di listelli distanziati e inclinati rispetto alla tavola di un angolo acuto.

La funzione della tavola di formazione è ritardare il drenaggio della pasta sulla tela e fare in modo che la pasta si distribuisca sulla tela senza apprezzabili

variazioni di spessore concomitanti al passaggio dei fini attraverso la tela. Il drenaggio sulla tavola piana avviene per gravità e l' acqua viene raccolta nella corpo di sostegno per poi fluire nelle prime acque.

Attraverso la regolazione della direzione del getto della bocca d'afflusso si può variare il punto della tavola piana dove avverrà l'impatto con l'impasto; maggiore sarà l'angolo e più il drenaggio diminuirà in questa prima parte.

Normalmente la tavola di formazione drena il 20-25 % della quantità di acqua totale e ciò corrisponde ad una variazione di secco dello 0,1%

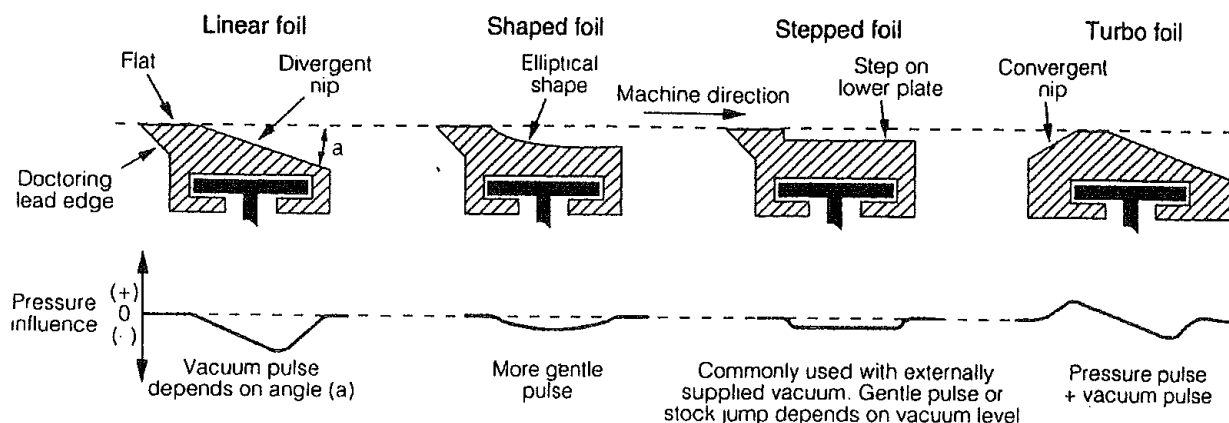
- I foils o listelli drenanti

I foils sono listelli rivestiti di materiale sintetico o in ceramica, i quali presentano un piano leggermente inclinato rispetto alla direzione di macchina (angolo da 0,5° a 4°).

I foils hanno il compito di drenare l'acqua, inoltre data la particolare conformazione creano una certa turbolenza che permette all'impasto di disporsi omogeneamente sulla superficie della tela. Come è noto, la turbolenza in una sospensione di un solido in un liquido tende a mantenere il sistema omogeneo in quanto quest' ultima frena la normale tendenza dei solidi a precipitare. Sulla tavola piana la turbolenza è fondamentale poichè senza di essa la formazione del contesto fibroso avverrebbe per semplice filtrazione e comporterebbe una distribuzione poco omogenea e una variazione della concentrazione dei fini nel senso dello spessore: il primo sottile feltro (povero di cariche e fini) che si formerebbe farebbe anch'esso da filtro, portando quindi ha una maggiore concentrazione di fini sul lato feltro.

Attraverso la turbolenza si riesce ha ottenere una formazione più omogenea nel tempo e per vari stadi successivi.

Esistono varie conformazioni di foils come possiamo vedere in figura:



A seconda della lunghezza della zona di contatto e dell'angolo rispetto alla linea orizzontale si determinerà il volume di acqua rimossa, la quantità di fini e cariche trattenute e il grado di attività, quindi di turbolenza.

Il "shaped foil" ha una particolare conformazione (ellittica e concava) che permette di ottenere una pulsazione di vuoto uniforme e di un valore di vuoto molto basso; questo tipo di foil è indicato quando si vuole avere una buona ritenzione di fini e cariche e quando si vuole ridurre il numero di "pinholes" o fori passanti.

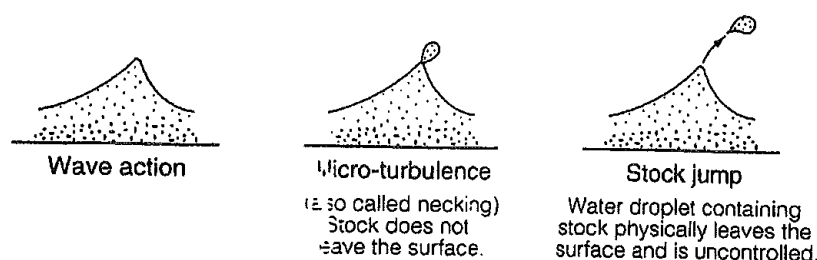
Lo "stepped foil" è un'altra variante ed è caratterizzato dalla presenza di un piano orizzontale; la pulsazione che offre è di piccola intensità, ma di lunga durata ed è usato in particolare come vacuum foil.

I "turbo foil blade" sono stati introdotti recentemente. Sono simili ai normali listelli drenanti ma data la particolare conformazione sono in grado di dare all'impasto una pulsazione prima positiva poi negativa in modo da creare una continua pressione e depressione.

Quest'ultima determina la turbolenza dell'impasto, quindi la possibilità di gestire la formazione nella stessa "forming zone".

I valori degli angoli di un "Turbo blade foil" sono generalmente da 8° a 15° per l'angolo convergente e da 1° a 4° per l'angolo divergente. La scelta dell'angolo deve essere effettuata in base alle proprie esigenze; un angolo

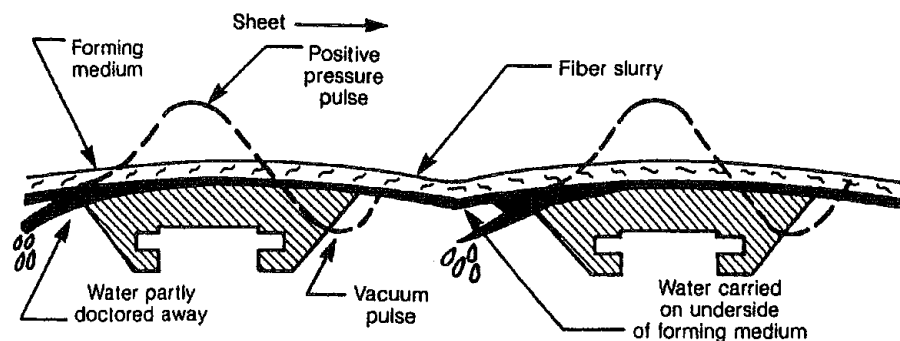
troppo alto darebbe luogo ad una pulsazione più forte che, in primo luogo diminuirebbe la ritenzione, ed in secondo luogo potrebbe portare ad un eccessivo "salto" della pasta tanto da perdere il controllo della pasta sulla tavola.



Una singola pulsazione non è adeguata per produrre una micro turbolenza. Una serie di pulsazioni provvedono alla generazione e al mantenimento della stessa. I foils sono sostenuti da barre chiamate "T bar" (data la loro conformazione) e la distanza fra esse é di fondamentale importanza per l'ottenimento della microturbolenza.

Lo spazio esistente fra le barre deve essere uguale e la distanza fra le diverse unità deve essere un multiplo di tale valore.

Ad esempio, se la distanza tra un foil e un altro è di 10 cm la distanza fra due unità dovrà essere di 20-30-40 cm. Questo per far sì che si venga a creare un'onda sinusoidale i cui massimi e minimi corrispondono alle pulsazione di pressione e depressione.



- I Vacuum foils

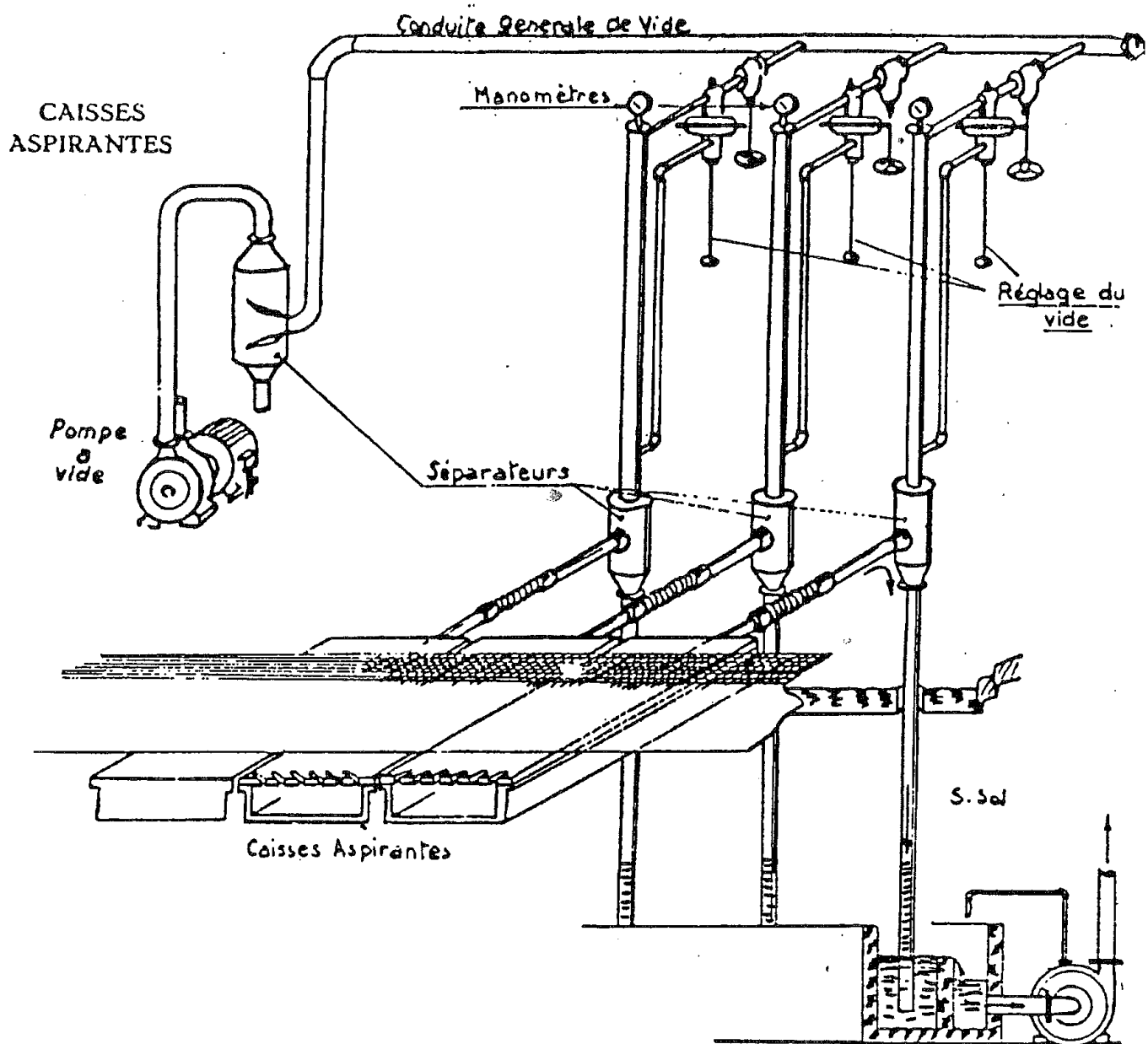
I vacuum foils o listelli crenanti a basso vuoto vengono inseriti nella tavola piana, normalmente dopo i foils e non sono altro che cassette di foils chiuse con scarico attraverso gamba barometrica.

Il valore di vuoto che si può ottenere dipende dalla lunghezza della canna barometrica e dall'apertura di una valvola sul fianco.

- Le casse aspiranti

Quando lo spessore del feltro fibroso raggiunge un certo limite, l'azione idrodinamica non è più sufficiente per drenare l'acqua. A questo punto è necessario introdurre sulla tavola piana dei dispositivi aspiranti, il cui vuoto sia fornito da pompe ad anelli liquido e canne barometriche.

La regolazione del vuoto è fatta in modo da ottenere sulla tela un secco sulla tela crescente; per questo motivo il valore di vuoto, in genere, cresce dalla prima all'ultima cassa.



Formazione e drenaggio sulla tavola piana

Le cassette aspiranti sono costituite da una cassa chiusa che sul lato a contatto con la tela, è costituita da una serie di listelli o da una piastra forata.

Le cassette sono collegate attraverso un tubo ad un separatore acquaria; l'estremità di quest'ultimo è collegata alla pompa ad anello liquido, mentre l'estremità inferiore è collegata ad una canna barometrica di una certa lunghezza che si immerge nella vasca delle prime acque. Il livello di quest'ultima deve essere tenuto costante attraverso un troppo pieno e un dispositivo automatico che, in caso di abbassamento del livello, aggiunga acqua alla vasca, in modo da evitare la non immersione della canna e quindi il disinnescamento del sistema sotto vuoto.

Il vuoto che una cassa aspirante può dare dipende dalla lunghezza della canna barometrica, quindi del battente che viene a crearsi tra il livello della tela e il livello della vasca.

Il numero delle gambe barometriche che funzionano contemporaneamente, dipende dalla quantità di acqua estratta dal foglio. Il vuoto varia in funzione delle gambe barometriche in esercizio; ad esempio: nel caso in cui si producano carte con grammature alte e molto lavorate, quindi poco porose, la quantità di acqua che il foglio trasporta sino alla casse aspiranti è alta, con conseguente funzionamento di un maggior numero di canne barometriche. Nel caso invece in cui si producano carte scolanti e di grammatura bassa la quantità di acqua alle casse è più bassa, tanto da portare all'impiego di minori canne barometriche.

- Cilindro aspirante

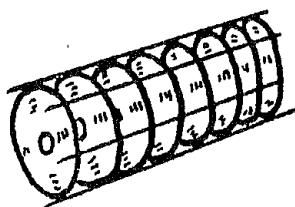
Il cilindro aspirante estrae ulteriormente l'acqua dal feltro fibroso in modo che questo possa avere una sufficiente resistenza per essere trasferito alla sezione presse.

E' costituito da un mantello forato, rotante, di acciaio o di bronzo inossidabile ed è montato su supporti che reggono pure un cassone interno fisso, il quale presenta due o tre listelli che strisciano col fianco sulla superficie interna del mantello e creano due o tre settori di aspirazione collegati con l'impianto di alto vuoto.

5.4. IL CILINDRO BALLERINO

Il ballerino, posizionato a circa tre quarti della tavola piana, poggia sulla pasta dove l' eccesso di acqua é stato drenato e prima che il foglio tenda a non essere più fluido a causa della rimozione di acqua da parte del vuoto. Normalmente il ballerino viene posizionato tra le casse aspiranti: la scelta precisa della posizione varia però in base al tipo di carta in fabbricazione, quindi in base alla scolantezza dell'impasto. Ci sono diverse tipologie di cilindro ballerino, ma la più utilizzata é quella munita di anelli all'estremità, con diametro prossimo a quello del ballerino. Gli anelli poggiano su due rulli fissati ai bordi della tavola piana.

La costruzione deve essere leggera e nello stesso tempo rigida ed equilibrata anche ad alte velocità. E' costituito da un perno centrale cavo su cui sono saldati dischi leggeri di metallo separati. Sui dischi sono fissate delle bacchette metalliche (lungo la circonferenza) su cui è applicata una rete metallica di una certa trama:



Si ottiene così una struttura rigida alla quale si applica una tela di rivestimento costituita dalla stesso materiale della tela di formazione. Questa ne differisce per il numero di maglie, che in questo caso sono in numero inferiore.

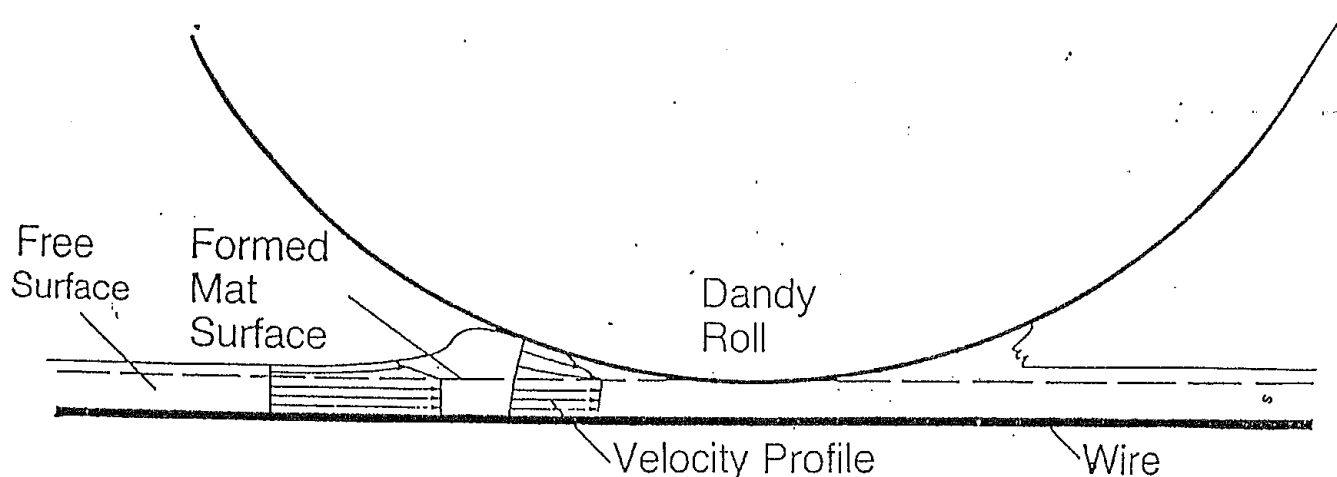
I rivestimenti sono in tessuto unico in modo da non marcare la carta.

Il ballerino, se usato in modo adeguato, migliora la formazione del foglio in quanto sposta localmente le fibre, mentre lo strato fibroso è ancora fluido.

Il ballerino all'avviamento della tela deve essere lievemente sollevato. Quando su questa c'è carta il ballerino è sostenuto dal foglio ed esercita così una

pressione sul foglio stesso. Il rivestimento permette il passaggio dell'acqua che, sottoposta a pressione, passa all'interno del ballerino ed esce a valle di questo.

Nella figura é visibile l' azione del ballerino:



Quando lo strato fibroso viene a contatto con il ballerino ha una consistenza abbastanza uniforme, per quanto siano presenti ancora fiocchi e vi sia ruvidità sul lato feltro. La leggera pressione che esercita il ballerino "spiana" il foglio e spinge i grumi di grosse dimensioni in modo da riempire i vuoti, rompendoli nello stesso tempo. Anteriormente al ballerino si forma una piccola onda di acqua che rompe la tensione superficiale, in modo che l'acqua passi attraverso il rivestimento. L'acqua passata attraverso il rivestimento, viene trascinata dalla rotazione, aiutando così il distacco del foglio dal ballerino.

Il ballerino deve essere posizionato correttamente:

- Se il foglio non è sufficientemente fluido, si riduce lo spessore dello strato liquido sino a scomparire compromettendo quindi la funzione del ballerino. Se il vuoto delle casse aspiranti prima di esso è troppo alto lo strato di acqua si sposta verso la tela e, mancando sullo strato superficiale impedisce al ballerino di svolgere la sua azione, anzi è facile che la carta vi aderisca. Per evitare questo il rivestimento del ballerino è più grossolano della tela di formazione.

- Se il foglio arriva al ballerino con una quantità di acqua troppo alta, questo affonda nello strato fibroso togliendo tanta acqua, che non riesce a

passare all'interno con rapidità, tanto da formare un'onda frontale che aumenta sino a far flocculare il foglio.

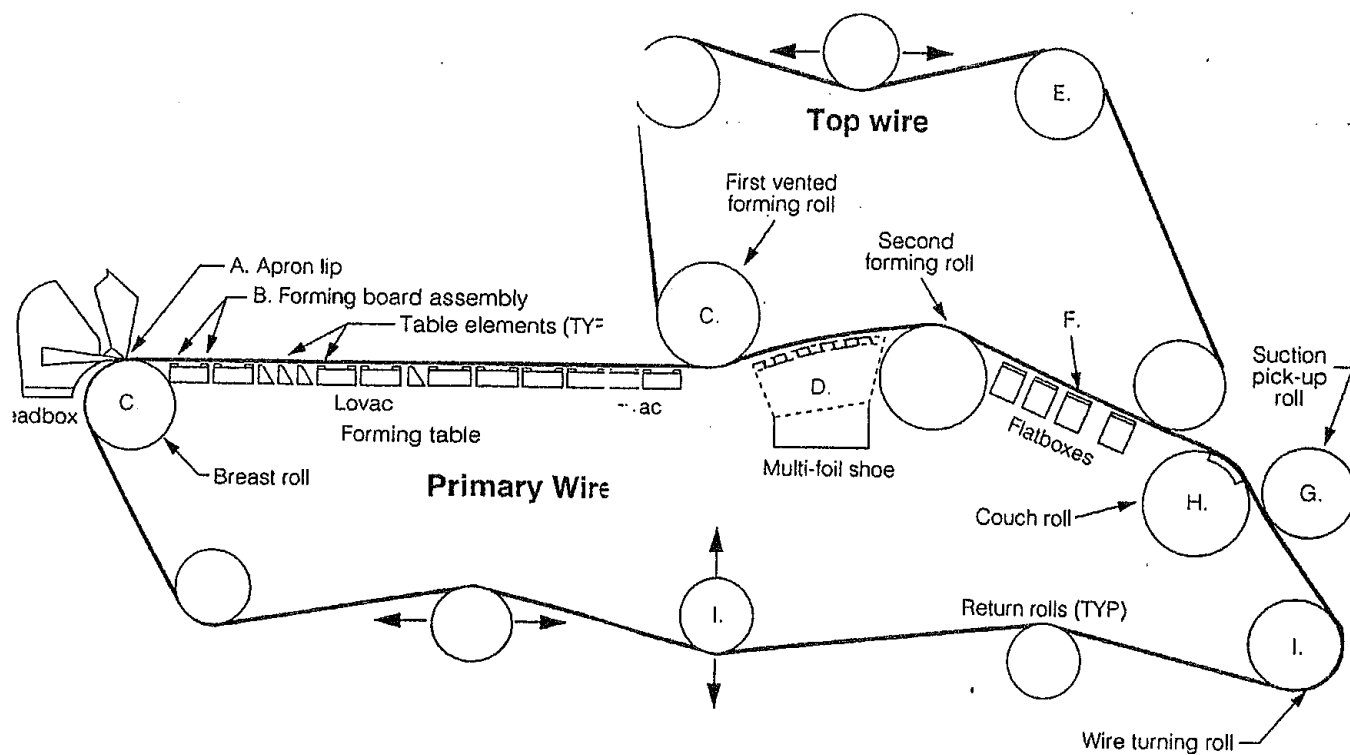
Il ballerino va dimensionato in base alla velocità della continua; con l'aumento di quest'ultima il diametro deve aumentare. Se il diametro fosse piccolo e la velocità alta, il ballerino trascinerebbe con sé acqua e fibra a causa dell'alta velocità angolare.

Inoltre, in un ballerino di grosse dimensioni, l'azione sul foglio ha una durata più lunga.

L'effetto del ballerino, che consiste nel chiudere il foglio, si nota soprattutto nelle carte molto lavorate poichè trattengono con sé più acqua e in un certo senso "nuotano" sotto il ballerino. Al contrario nel caso di produzione di carte con alta percentuale di cariche il ballerino non riesce a compiere con efficacia la sua funzione in quanto le cariche rallenterebbero il movimento delle fibre e andrebbero a rallentare il passaggio dell'acqua attraverso il rivestimento.

5.4.1 VANTAGGI DELLA DOPPIA TELA

Negli ultimi tempi nelle tavole piane sono state introdotti delle doppie tele, chiamate comunemente "telini". Questi vengono posizionati solitamente oltre la metà della tavola piana; in questo modo il foglio in formazione passa tra la tela di formazione e la tela superiore. Per riuscire a spiegare nel miglior modo la struttura, la funzione ed i vantaggi che il telino offre viene qui schematizzato:



Questo deve essere posizionato a una distanza precisa dal rullo capo tela e il raggio del former deve essere dimensionato in base alla velocità della macchina. In primo luogo quindi, il telino deve essere posizionato nella zona dove avviene la formazione del foglio; in altre parole la linea d'acqua deve posizionarsi oltre il former affinché quest'ultimo possa esplicare la sua azione. Il raggio deve essere relativamente grande poichè se ipotizzassimo un raggio piccolo, questo avrebbe una velocità angolare molto alta tanto da riportare l'acqua drenata fra la tela e il former e causare un ritorno dell'acqua sul foglio in via di formazione.

I vantaggi che offre la doppia tela sono essenzialmente tre:

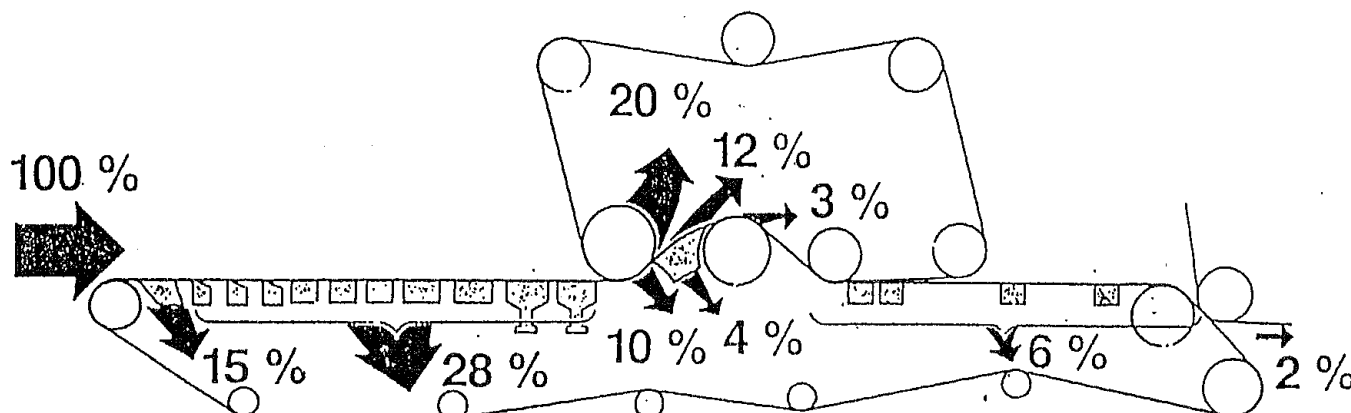
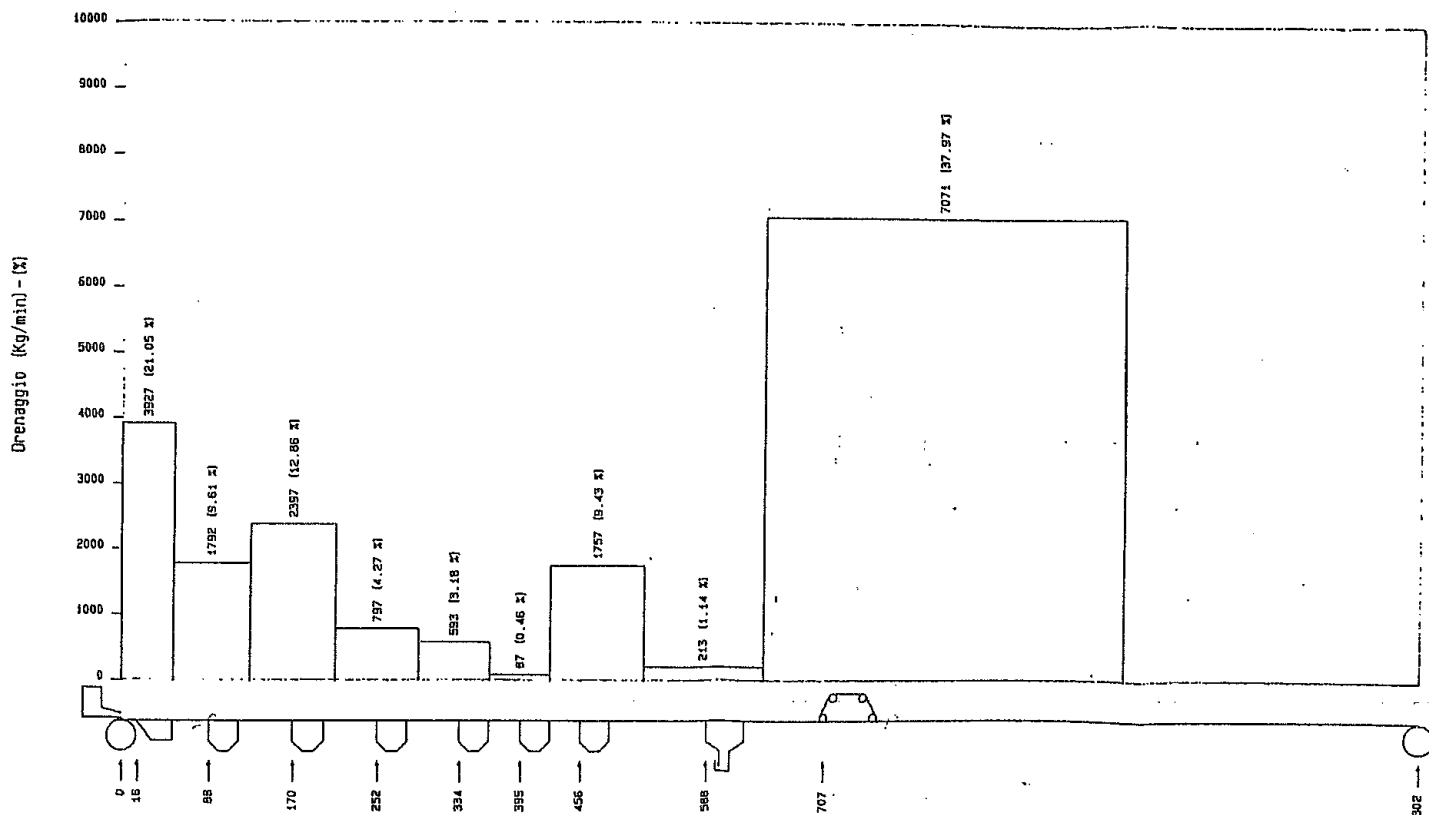
- 1- incrementa la capacità di drenaggio
- 2- elimina in gran parte il doppio viso
- 3- economizza il processo

Questi tre vantaggi sono correlati fra loro e si possono spiegare nel seguente modo: il fatto che l'acqua venga drenata anche dallo strato superiore del foglio favorisce prima di tutto il drenaggio e in secondo luogo economizza in quanto viene spesa meno energia per scolare l'impasto; infatti quando la consistenza dell'impasto è di circa 1,2 - 1,4 % la maggior parte di acqua presente è dislocata sul lato feltro. Se l'aspirazione fosse effettuata dal lato tela, il nastro fibroso in formazione opporrebbe resistenza al passaggio dell'acqua, quindi sarebbe necessario un vuoto maggiore sulle casse aspiranti e di conseguenza un maggiore consumo energetico.

D'altro canto l'aspirazione sui due lati favorisce la distribuzione dei fini e delle cariche più uniformemente nel senso dello spessore.

Inoltre il contatto del nastro fibroso con la tela superiore uniforma la superficie e sposta localmente le fibre agendo in modo simile al ballerino (cap. 5.4.)

Una tipica curva di drenaggio di una tavola piana con telino è la seguente:



La curva di drenaggio ha un andamento regolare sino al forming roll, poi il drenaggio aumenta bruscamente in corrispondenza del telino; infatti sino al former si deve impartire all'impasto una certa turbolenza, quindi la consistenza deve essere tenuta a valori bassi; in prossimità del forming roll la turbolenza deve diminuire poichè siamo in prossimità del "sheet setpoint" e il drenaggio deve aumentare rapidamente in modo da eliminare attraverso l'aspirazione l'acqua ancora presente.

6. IL DRENAGGIO SULLA TAVOLA PIANA

Come si è visto nella prima fase di drenaggio ha luogo la maggiore eliminazione di acqua, mentre il secco nella prima parte aumenta gradatamente: questo perchè a basse consistenze un elevato drenaggio di acqua corrisponde ad una piccola variazione di secco, mentre ad alte consistenze una piccola variazione di quantità di acqua corrisponde una grande variazione di secco;

In questo modo si spiega l' andamento della curva di drenaggio e la curva del secco.

Come sappiamo il secco di un impasto è dato dal prodotto:

$$s = (Ps / Pu) \cdot 100$$

dove Ps = peso pasta secca

Pu = peso pasta umida

Se prendiamo in considerazione due valori di secco s_1 e s_2 di cui $s_2 > s_1$:

$$s_1 = (Ps_1 / Pu_1) 100$$

$$s_2 = (Ps_2 / Pu_2) 100$$

allora $Pu_1 = (Ps_1 / s_1) 100$

$$Pu_2 = (Ps_2 / s_2) 100$$

La differenza tra i due pesi umidi non è altro che l' acqua drenata:

$$Pu_1 - Pu_2 = Pdr = (Ps_1 / s_1) 100 - (Ps_2 / s_2) 100$$

Se prendiamo in considerazione che normalmente Ps_1 non è uguale a Ps_2 dato che la ritenzione non è al 100 ma si aggira intorno a valori dal 40% al 60% allora:

$$Pdr = (Ps_1/s_1) 100 - (Ps_2-Pk)/s_2 100$$

dove Pk = peso secco delle fibre e dei fini nelle prime acque.

Per riuscire ad avere una visione più chiara prendiamo in considerazione i seguenti dati:

Cons. cassa d' afflusso = 0,7%

Cons. forming board = 0,809 %

Portata pasta = 10,7 Kg/m²

Perdita solidi = 0,00691 Kg

$$\text{Peso pasta secca} = (10,7/100) \cdot 0,7 = 0,0749 \text{ Kg}$$

Allora l'acqua drenata sarà :

$$A = (0,0749 \cdot 100)/0,7 - [(0,0749 - 0,00691) \cdot 100]/0,892 = 2,56 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Drenaggio} &= (A/\text{portata pasta})100 \\ &= (2,56/10,7)100 = 22,8\% \end{aligned}$$

Se ora prendiamo in considerazione un uguale variazione di secco ma a valori di consistenza più alti notiamo che il drenaggio é inferiore:

Cons. 1 = 17

Cons. 2 = 18,09

Perdita solidi totale = 0,0167 Kg

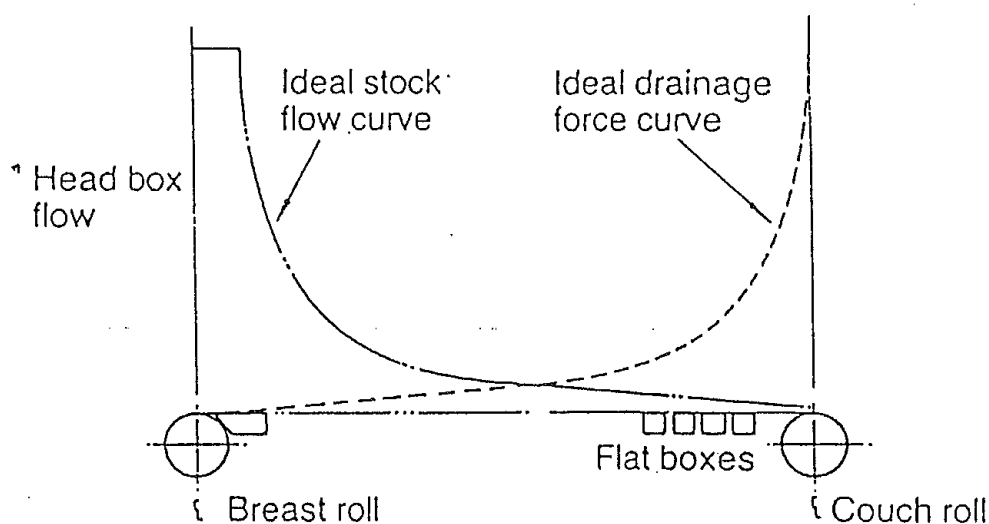
Perdita ritenzione per elemento = 0,0015 kg

$$\text{peso pasta secca} = 0,0749 - 0,0167 = 0,0582 \text{ Kg}$$

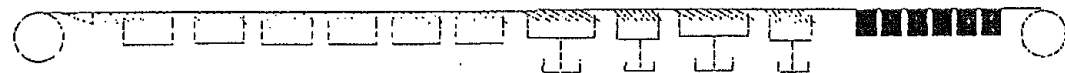
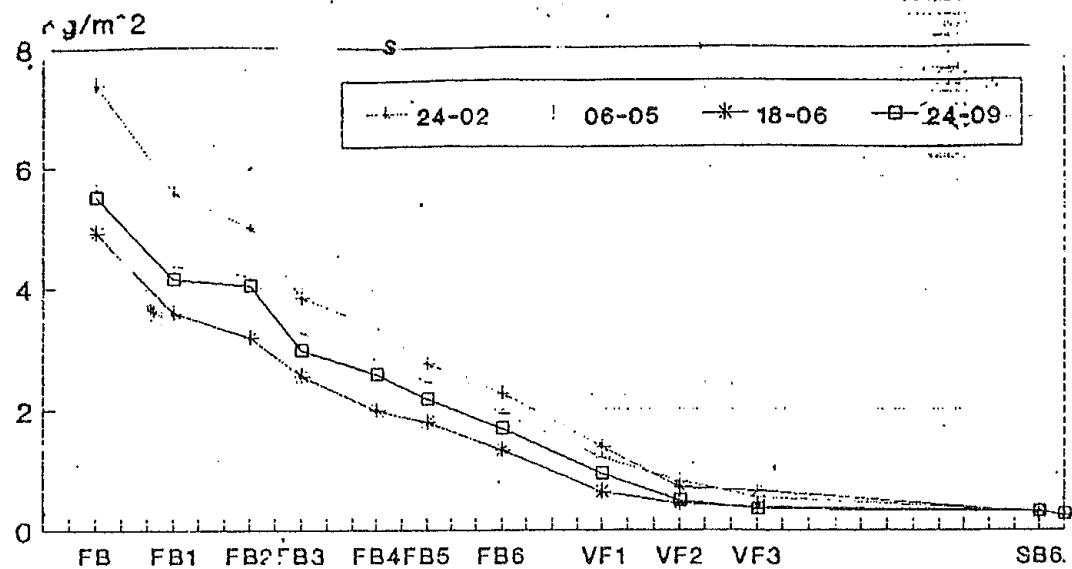
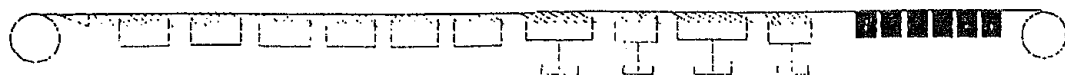
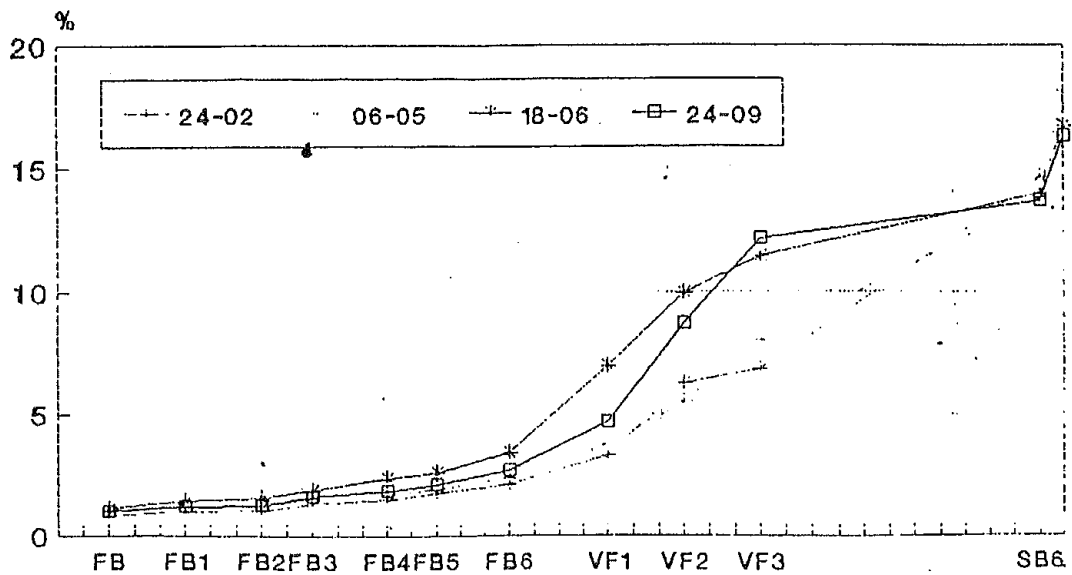
$$A = (0,0582 \cdot 100)/17 - (0,0582 - 0,0015)100/18,09 = 0,042 \text{ Kg}$$

$$\text{Drenaggio} = (0,042/10,7) 100 = 0,39$$

In una tavola piana idealmente il secco e il drenaggio dovrebbero variare in questo modo e di conseguenza la regolazione del vuoto deve essere fatta in modo tale da avere una curva di drenaggio del genere.



Le molte variabili in gioco presenti nella fabbricazione della carta fanno sì che le curve di drenaggio e di consistenze assumano andamenti diversi da quelli teorici. Prima di tutto bisogna sottolineare il fatto che ogni tipo di impasto si comporta diversamente sulla tavola piana, quindi ogni carta a bisogno di una regolazione del vuoto tale da portare ad una corretta formazione. Inoltre l'usura degli elementi drenanti fa sì che spesso diminuisca l'efficienza di drenaggio e si creino zone dove il secco non cresce in modo uniforme.



Formazione e drenaggio sulla tavola piana

7. L'HSP (HIGHT SPEED PHOTOGRAPHY) COME TECNICA DI INTERPRETAZIONE DEL DRENAGGIO

L'uso della HSP come metodo diagnostico non è nuovo nell' industria della carta: gli studi infatti vennero iniziati circa trent'anni fa.

Il tutto si concentra sull'utilizzo di una telecamera ad alta velocità e di uno stroboscopio. La sensibilità dell'occhio umano a percepire un movimento è di circa un quarto di secondo, quindi gli eventi che accadono in un tempo più breve sono impossibili da visualizzare. L'occhio può seguire un movimento alla una velocità di 60 giri al minuto. Sotto questi limiti lo studio di un dato fenomeno deve essere effettuato con adeguati mezzi.

Attraverso il flash ad alta intensità di uno stroboscopio, della durata variante da 1 a 2 m.sec, ed una telecamera ad alta velocità è possibile "catturare" l'immagine.

Questa analisi in ambito cartario viene utilizzata per rendere visibile il comportamento di oggetti in movimento (cilindri, tele, impasto, ecc.); un impiego di grande importanza è quello dell'osservazione dell'impasto sulla tavola piana. Attraverso quest'indagine si può quantificare in un certo senso la turbolenza, quindi l'attività di un impasto.

Il profilo di attività viene sviluppato osservando l'impasto sulla tela; soggettivamente viene attribuito un valore di 0 quando l'impasto appare in un moto uniforme mentre si attribuisce un valore di 10 se il moto appare di una turbolenza distruttiva (stock Jump).

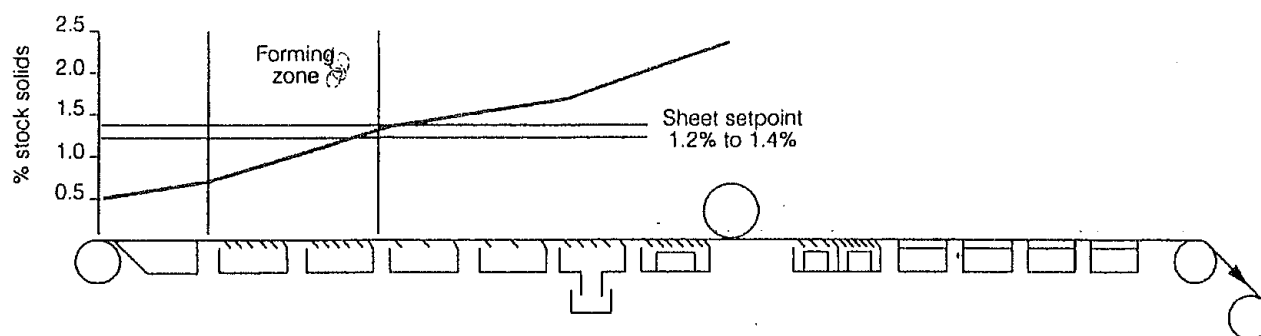
Il profilo di attività, correlato alla curva di drenaggio aiuta a capire cosa accade nella zona di formazione, ed in particolare a valutare l'efficienza dei vari elementi drenanti e gli effetti che questi hanno sulla ritenzione.

8. L' OTTIMIZZAZIONE DELLA FORMING ZONE COME ELEMENTO BASE PER UNA BUONA FORMAZIONE

L'orientamento delle fibre e la loro distribuzione sono elementi fondamentali per la speratura del foglio e per le caratteristiche meccaniche.

L'uniformità e la distribuzione come, abbiamo già visto, dipende da una serie di fattori come ad esempio la composizione dell'impasto, la cassa d'afflusso, la tela. Arrivati a questo punto è bene prendere in considerazione l'influenza della forming zone ed il suo ruolo nella formazione del contesto fibroso.

La zona di formazione è stata storicamente identificata come la prima parte della tavola dove l'orientamento delle fibre può essere controllato per impartire al foglio certe caratteristiche. Dopo numerose prove e studi è stata individuata una particolare range di consistenza sulla tavola di formazione dove viene a formarsi la base del contesto fibroso. Questo punto che corrisponde a 1,2- 1,4% viene comunemente definito "set point". Da questo punto in poi i tentativi di modificare la formazione con elementi drenanti porterà solamente a modificarla in piccola parte.



In questa zona della tavola piana le pulsazioni dei foils e la relativa ampiezza determinano una serie di parametri. La migliore formazione avviene quando le condizioni di drenaggio vengono tenute sotto controllo nella zona di formazione.

La migliore formazione si ottiene quando si riescono ad avere circa 80 pulsazioni al secondo e di sostenere queste pulsazioni nella zona della tavola dove le consistenze si aggirano intorno a 1,2-1,4%. Ciò significa che la

spaziatura fra le barre di sostegno dei foil dovrà essere calcolata in base alla velocità che potrà ottenere la macchina continua. Ad esempio se la macchina potrà arrivare ad una velocità di 800 m/min per ottenere 80 cicli al secondo, la spaziatura dovrà essere di 0,16 m poichè

$$\text{Hz} = \text{cicli al secondo} = v / 80$$

$$80 = 800 / (80 \cdot 60)$$

60 = fattore conv. da m/min a m/s

L'ampiezza della pulsazione deve essere controllata per non correre il rischio che l'impasto lasci la superficie del contesto fibroso creando di conseguenza crateri nel foglio. Inoltre deve essere controllato periodicamente lo stato di efficienza dei foils, soprattutto quelli in polietilene; l'usura provoca una riduzione dell'ampiezza della pulsazione e di conseguenza la sua attività.

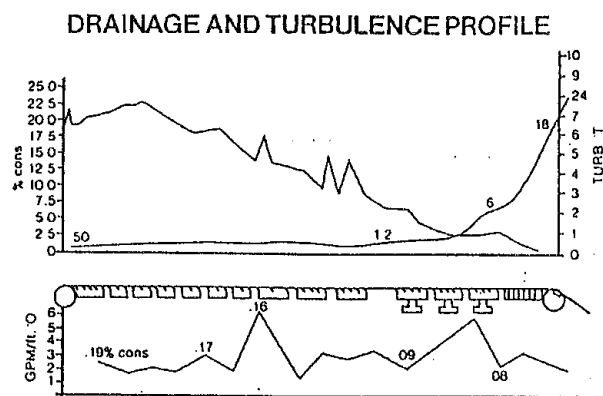
I "turbo foils blade" devono essere usati in combinazione dei foils classici: un minimo di 4 (per velocità maggiori di 800 m/min) sino ad un massimo di 7 (per velocità minori di 800 m/min). Questi speciali foils hanno reso visibile le pulsazioni di pressione che con i vecchi foils non era possibile.

La migliore formazione spesso non coincide necessariamente con la più alta diluizione in cassa d'afflusso: questo supporta la teoria che la frequenza di impulsi e la loro ampiezza gioca un ruolo fondamentale nella formazione; questo lo si può dimostrare da due condizioni:

- la formazione viene peggiorata quando vengono rimossi dei foils, quindi quando si va a smorzare l'onda creatasi a seguito delle pulsazioni;
- l'attività viene diminuita drasticamente quando non viene rispettata la distanza tra i vari foils.

Va detto inoltre che cercare di ottenere attività oltre valori di 1,2-1,4% di solidi è controproduttivo poichè porterebbe ad una vera e propria distruzione del contesto fibroso formatosi.

La turbolenza infatti deve essere massima nella prima parte della tavola piana e man mano decrescere sino a valori molto bassi quando la consistenza si aggira intorno a 1,2-1,4%.



L'osservazione dell'andamento dell'attività sulla tavola piana permette di individuare eventuali picchi che corrispondono ad una turbolenza troppo elevata quindi ad un'alta perdita di ritenzione.