

XIII corso di Tecnologia per Tecnici Cartari
edizione 2005/2006

Analisi dell'efficienza dei processi di epurazione e raffinazione della cartiera di Nebbiuno

di Donati Fabio

Scuola Interregionale di Tecnologia per Tecnici Cartari



Il corso è realizzato grazie al contributo di:

**EFU BANCA POPOLARE
DI VERONA**
**GRUPPO BANCO POPOLARE
DI VERONA E NOVARA**



Camera di Commercio, Industria,
Artigianato e Agricoltura di Verona.

INDICE

Introduzione

1. Analisi dei processi di epurazione a pasta densa

1.1 Scopo

1.2 Descrizione dell'impianto

1.3 Analisi degli scarti

1.3.1 Impasto "uno"

1.3.2 Impasto "due"

1.3.3 Impasto "tre"

1.3.4 Impasto "quattro"

1.3.5 Impasto "cinque"

1.4 Conclusioni

1.5 Sistemi alternativi

1.5.1 Epuratore tipo "epurex"

1.5.2 Epuratore tipo "stralis"

2. Analisi dei processi di raffinazione

2.1 Scopo

2.2 Descrizione dell'impianto

2.3 analisi delle efficienze di raffinazione

2.3.1 Carte contenenti nero di carbonio

2.3.2 Carte contenenti materiale umido-resistente

2.3.3 Carte da filtro

2.4 Conclusioni

3. Analisi del processo di epurazione a bassa consistenza

3.1 Scopo

3.2 Descrizione dell'impianto

3.3 Analisi degli scarti

3.4 Conclusioni

4. Considerazioni finali

Bibliografia

INTRODUZIONE

Durante il 13° Corso di Tecnologia per Tecnici Cartari a Verona ho avuto l'opportunità di conoscere nel dettaglio i processi e gli impianti dell'industria cartaria. Grazie alle lezioni teoriche e alle numerose visite tecniche ho potuto confrontare i processi presenti alla Cartiera di Nebbiuno con quelli adottati da altre cartiere. Questo confronto ha fatto nascere in me la voglia di analizzare nel dettaglio i nostri processi per cercare di capire quanto fossero efficienti paragonandoli a soluzioni differenti.

L'analisi si è focalizzata inizialmente sul sistema di epurazione a pasta densa stimolato da quanto osservato durante le visite tecniche. Successivamente ho analizzato i processi di raffinazione paragonando le performance dei raffinatori a olandese rispetto a quelli a doppio disco. Per ultimo mi sono occupato della epurazione in testa di macchina in quanto entro breve l'impianto sarà rifatto e sarà interessante paragonare i vecchi e i nuovi dati.

1. ANALISI DEI PROCESSI DI EPURAZIONE A PASTA DENSA

1.1 SCOPO

L'obiettivo di questa prima parte della tesi è quello di analizzare nel dettaglio i processi di epurazione degli impasti subito dopo il pulper. In particolare è stata condotta un'indagine sulla tipologia di scarti prodotti dai sistemi di epurazione cercando di capire come limitare in essi la presenza di fibra. Il fine principale è quello di ottimizzare il funzionamento del separplast e indagare sull'opportunità di sostituire tale macchinario con uno più moderno. Tale idea nasce dal fatto che sul mercato sono presenti dei sistemi di epurazione simili, ma che sembrano presentare delle migliori capacità di selezione degli scarti. Durante le numerose visite tecniche presso cartiere svolte con il Corso Cartai è capitato spesso di vedere questi epuratori all'opera e il loro scarto appariva sempre privo di fibra e sostanzialmente secco. Il separplast per il suo tipo di funzionamento produce, invece, uno scarto continuo di contaminanti ma anche di fibre. Un'analisi visiva dello scarto prodotto lascia supporre un'elevata presenza di fibre e un conseguente grado di secco molto basso. Questi scarti possono avere due destinazioni differenti:

- essere conferiti in discarica (il basso grado di secco porta ad un costo di smaltimento elevato);
- essere reimmessi nel processo per impasti di qualità inferiore (i contaminanti presenti subiscono un'ulteriore frammentazione).

L'analisi degli scarti del nostro sistema combinato EPD+separplast porterà a determinare la quantità di fibra scartata sul totale. Per quanto possibile si cercherà anche di condurre un'indagine quantitativa degli scarti per cercare di capire se facendo lavorare il separ plast con una consistenza minore sia possibile ottimizzarne il funzionamento.

1.2 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

La Cartiera di Nebbiuno produce carte con caratteristiche estremamente diversificate tra di loro. L'impasto varia molto essendo composto dal 100% di cellulosa dal 100% di macero. Tra questi estremi sono presenti numerosi impasti che sono composti sia da macero che da cellulosa in percentuali variabili.

I tipi di macero utilizzati sono comunque di una qualità medio-elevata trattandosi per la maggior parte di carte kraft. Nello specifico i maceri utilizzati rientrano nelle seguenti categorie:

- categoria A (qualità inferiore):

- A3 fustellati di cartone;
- categoria B (qualità media):
 - B3 fustellati cartone multistrato con copertina bianca;
- categoria C (qualità superiore):
 - C7 Archivio bianco senza legno;
- categoria D (qualità kraft):
 - D1 ondulato kraft 2;
 - D4 sacchi kraft usati, puliti;
 - D5 kraft usato;
 - D7 kraft avana.

In funzione del tipo di impasto e del tipo di macero utilizzato si adottano o meno dei sistemi per garantire la pulizia. Dopo lo spapolamento a bassa consistenza, infatti, sono presenti dei sistemi di epurazione costituiti da:

- un epuratore a pasta densa (EPD);
- un separplast.

Nel caso in cui l'impasto debba essere depurato viene scaricato in una tina e da qui fatto passare in questi due epuratori. Com'è noto l'EPD sfrutta la forza centrifuga per separare particelle aventi pesi differenti; le parti più pesanti raggiungono il fondo del cono e finiscono in un contenitore con scarico temporizzato. L'accettato, invece, passa in un separplast secondo lo schema riportato in Figura 1.

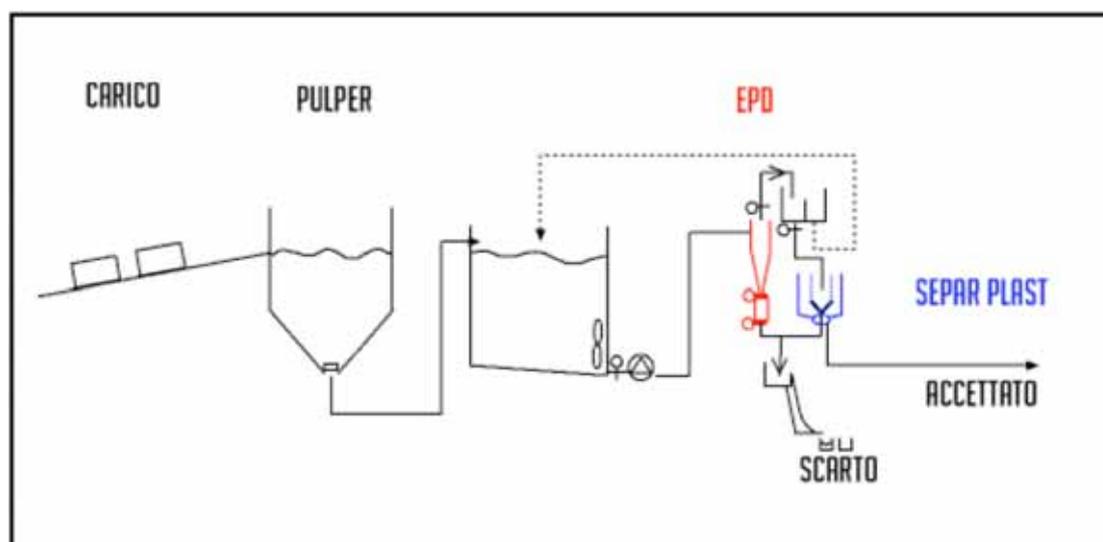


Figura 1: schema impianto di epurazione a pasta densa.

Il separplast è composto da un cestello a fori da 4 mm al cui interno è presente un rotore dotato di alette (figure 2 - 3). L'impasto arriva dall'alto e cade sul rotore: le alette spingono le fibre a passare dai fori mentre le impurità con dimensioni maggiori di 4 mm raggiungono il fondo del cestello e vengono scartate. Dei getti d'acqua evitano ai fori di intasarsi anche

se, in presenza di impasti con elevato contenuto di plastica, il rischio di intasamento è molto elevato.



Figura 2: separplast.



Figura 3: dettaglio del rotore con alette.

Gli scarti di EPD e separplast subiscono una leggera disidratazione passando su uno scivolo a fessure e vengono raccolti in gabbie di scarico. Il contenuto di tali gabbie può essere riutilizzato in altri impasti di qualità inferiore o venire conferito in discarica.

Le variabili che regolano il funzionamento dell'EPD sono:

- consistenza dell'impasto;
- differenza di pressione tra ingresso e uscita;
- pressione esercitata dall'acqua di contro-pressione immessa dal fondo dell'EPD.

Le variabili che intercorrono nel funzionamento del separplast, invece, sono date da:

- consistenza dell'impasto;
- quantità di impasto che viene trattato nell'unità di tempo.

1.3 ANALISI DEGLI SCARTI

L'analisi degli scarti è stata condotta utilizzando un setaccio di diametro di 30 cm con maglie quadrate di lato di 2 mm. Tramite un recipiente graduato è stato preso un litro di impasto dalle gabbie di scarico del sistema di epurazione del macero. Un campione di tale impasto viene essiccato per determinarne il contenuto in secco che caratterizzerà poi l'intero impasto nella caraffa. L'impasto viene quindi messo gradualmente nel setaccio e ripetutamente lavato da un forte getto d'acqua. Terminata questa fase di lavaggio nel setaccio rimangono unicamente i contaminanti con dimensioni superiori alle maglie del setaccio. Questi contaminanti vengono quindi prelevati, essiccati in stufa a 110 gradi e pesati. Si ottiene così il peso di contaminanti in un chilo di impasto. Tramite il campione

prelevato inizialmente si risale alla percentuale secca di contaminante presente sull'intero secco dello scarto.

Nelle prove condotte si sono riscontrati valori differenti per differenti tipi di impasto. Tali valori sono riassunti nei paragrafi seguenti.

1.3.1 IMPASTO “UNO”

L'impasto “uno” è composto per il 75% da macero kraft velino avana di una qualità molto alta e teoricamente privo di contaminati. Il 25% è composto da cellulosa greggia. La necessità di avere la massima garanzia dell'assenza di contaminati in questo impasto fa sì che esso venga comunque fatto passare nel separplast. Nelle due prove condotte si sono riscontrati valori di contaminanti dello 0,24% e dello 0,13%. Lo scarto era composto da piccoli pezzi di plastica (figura 4).

Il valore relativo alla seconda prova è stato ottenuto cercando di prendere l'impasto dovuto allo scarico temporizzato dell'EPD. Tale prova, alla luce del risultato, non può essere considerata molto significativa visto la sostanziale assenza di inquinanti nell'impasto. La plastica presente, infatti, non si presta ad essere eliminata dall'EPD in quanto il suo peso non è molto differente da quello della fibra.



Figura 4: contaminanti presenti nell'impasto “uno”.

1.3.2 IMPASTO “DUE”

L'impasto “due” composto da velino kraft e kraft sacco presentava una percentuale di contaminati dell'8,8 %. In tale scarto era quasi del tutto assente la fibra mentre predominava la presenza di plastica, pezzetti di legno e chicchi di mais presenti nei sacchi (figura 5).

Una successiva analisi dello scarto dato da un impasto più pulito ha evidenziato una percentuale di scarto del 3,52% (figura 6).



Figura 5: contaminanti presenti nell'impasto "due".



Figura 6: contaminanti presenti nell'impasto "due".

In data 20/06/06 è stata condotta un'ulteriore prova su impasto composto da kraft sacco, kraft velino avana e da 50 kg di refili interni. Il separplast lavorava con una consistenza del 3,63% e con la valvola in posizione 3,5. L'impasto è risultato contenente molta plastica e l'analisi dello scarto ha fatto rilevare una percentuale di contaminanti dell'87,5% sul totale. Lo scarto era composto per lo più da plastica e da materiale umido resistente.



Figura 7: contaminanti presenti nell'impasto "due".

1.3.3 IMPASTO "TRE"

L'impasto "tre" è composto da velino bianco e da refili interni umido resistenti. La percentuale dei contaminati sul totale dello scarto è risultata essere del 6,1%. Tali scarti erano composti per la maggior parte da carta umido resistente non spappolata dal pulper e da plastica.

Una successiva analisi sullo scarto ha dato valori molto differenti: il 35,36% dello scarto è risultato non passare dal setaccio. Tali contaminanti erano composti quasi esclusivamente da

nostri refili umido resistenti. La percentuale così alta può essere motivata dal fatto che ogni tanto viene effettuata una pulperata di refili umido resistenti e questi possono quindi arrivare attraverso i fori larghi della piastra del pulper in percentuale massiccia al separ plast che li scarta.

Una successiva analisi su impasto “tre tipo extra” composto da 300 kg di macero bianco (velino e canettato) e da 100 kg di refili interni (non umido resistenti) ha dato valori di contaminanti dell’1,2% circa. Tali contaminanti erano composti da piccoli pezzetti di plastica e da qualche pastiglia non spappolata (figura 8).



Figura 8: scarti impasto “tre tipo extra”.



Figura 9: scarti di impasto “tre tipo normale”.

L’analisi condotta sull’impasto “tre tipo normale” della stessa settimana ha invece fatto rilevare contaminanti per l’ 8,6%. Questo impasto era composto da vari tipi di macero bianco (archivio, refili interni, tovagliolini e canettato) tutti non umido resistenti e dal 12% di scarti del separplast di precedenti fabbricazioni. Il tipo di contaminate era composto da pezzetti di plastica e pastiglie presumibilmente di carta u.r. E’ probabile quindi che gli scarti ripulperati contenessero carte u.r. e contaminanti vari (figura 9).

Alla fine della settimana di produzione dell’impasto “tre” a cui si riferiscono queste ultime analisi si è provveduto a pesare lo scarto del separplast in modo da poter avere un’idea delle quantità scartate sul totale prodotto. Lo scarto totale del separplast è stato di circa 640 kg peso secco (4000 kg con il 16% di secco medio) di cui 210 kg provenienti da impasto “tre tipo normale” e 420 kg da impasto “tre tipo extra”.

Considerando le differenti percentuali di contaminanti contenute nei singoli impasti si deduce un totale di 24 kg di contaminanti secchi su 630 kg realmente scartati. Inoltre, si

deve tener conto che gli scarti sono contenuti in gabbie che possono scolare l'acqua e non subiscono alcun ulteriore trattamento per aumentarne il grado di secco che, dopo alcuni giorni, raggiunge il 40% circa. I contaminati, invece, essendo composti per una buona percentuale da plastica potrebbero venire facilmente disidratati tramite pressione e raggiungere gradi di secco molto più elevati. Ipotizzando di avere un sistema di selezione degli scarti efficace corredato di una pressa per la disidratazione al 60% dei contaminanti si potrebbe raggiungere uno scarto finale di 40 kg contro gli attuali 1600 kg del nostro sistema. Un altro dato rilevante lo si ottiene confrontando la produzione settimanale con lo scarto del separplast. I dati a disposizione indicano una percentuale dell'1% scartato sul totale prodotto.

1.3.4 IMPASTO “QUATTRO”

L'impasto quattro composto da cartone ondulato e da refili interni ha dato un contenuto di contaminanti del 4%.

Il dato riferito a questo tipo di impasto è particolarmente importante in quanto gli scarti prodotti non vengono ripulperati ma conferiti in discarica. Conoscendo la produzione annua di queste carte (220 T/a) e considerando che l'1% del prodotto viene scartato subito dal separplast, si ricava che lo scarto separplast annuo è di 2.220 kg secchi (5550 kg al 40% di secco).

1.3.5 IMPASTO “CINQUE”

In data 31/07/06 è stato analizzato lo scarto dell'impasto “cinque A” composto da 200 kg di velino e da 200 kg di ritagli di ondulato. I contaminanti erano del 15,4% composti da pastiglie, nastri adesivi e pezzi di plastica.

Il giorno seguente è stata ripetuta l'analisi sull'impasto “cinque B” composto totalmente da cartone ondulato (300 kg di ritagli e 100 kg di kraft). I contaminanti erano del 22,8 % composti da plastica, nastri adesivi e graffe metalliche (figura 10).

Infine è stata analizzato l'impasto “cinque C” composto dal 100% di materiale proveniente dalla sedimentazione delle vasche delle acque di scarico. Tale materiale è molto vario essendo composto da tutta la pasta che finisce sui pavimenti durante tutte le lavorazioni. C'è comunque una buona quantità proveniente dai lavaggi del pulper quindi con un contenuto di contaminanti presumibilmente alto. Infatti il valore rilevato è stato del 46,5 % (figura 11).



Figura 10: contaminati degli impasti “cinque A e B”.



Figura 11: contaminati dell’impasto “cinque C”.

Anche gli scarti di questi tipi di impasti vengono conferiti in discarica. La loro produzione annua che è di 75 T/a. Lo scarto secco è quindi di 750 kg/a (1880 kg al 40% di secco).

1.4 CONCLUSIONI

Per mettere in evidenza i risultati ottenuti con i vari impasti è stata creata la tabella di riepilogo sottostante (tabella 1).

Tabella 1: percentuali di contaminanti rilevati nei vari impasti.

Uno	Due	Tre	Quattro	Cinque
Prova 1 0,24%	8,80%	6,10%	4%	A 15,40%
Prova 2 0,13%	3,52%	35,36%		B 22,80%
	87,50%	Tipo extra 1,20%		C 46,50%
		8,60%		

% di contaminanti rilevati in diverse condizioni operative (vedi testo)

Le considerazioni che si possono fare sono che:

- più l’impasto è pulito in origine, più il nostro sistema lavora qualitativamente peggio. Infatti gli impasti “tre tipo extra” e “uno” hanno fatto rilevare valori di contaminanti irrilevanti rispetto alla massa di fibra scartata.
- l’uso del separplast in presenza di refili umido resistenti porta ad uno scarto quasi totale di questi. Il loro utilizzo deve avvenire in presenza della raffinazione a olandese come si vedrà nel capitolo secondo.

- qualunque sia il tipo di produzione la quantità di fibra presente nello scarto è largamente predominante.
- anche ripulperando gli scarti per lavorazioni inferiori, lo scarto finale da conferire in discarica presenta una quantità di fibra che varia dal 55 al 96%.
- lo scarto conferito in discarica rimane particolarmente umido e ciò ne aumenta ulteriormente il peso e il costo di smaltimento.

Pur avendo dati solo parziali circa le quantità scartate durante le varie produzioni si può ugualmente tentare una stima considerando che:

- gli scarti conferiti in discarica provengono dagli impasti “quattro tipo normale”, “cinque A, B, C” che complessivamente hanno una produzione annua di circa 300 tonnellate;
- circa l’1% della carta prodotta viene “scartata” dal separplast;
- lo scarto conferito in discarica ha il 40% circa di secco.

Lo scarto totale proveniente dal separplast è quindi di circa 7600 kg/a con un costo di smaltimento di circa 1.000 €.

Il costo finale sembra quindi limitato. Bisogna comunque tenere in considerazione la quantità di tempo e di spazio necessaria a gestire le gabbie di scarto che si accumulano in attesa della produzione adeguata al loro riutilizzo (figura 12).



Figura 12: alcune delle 20 gabbie che raccolgono gli scarti delle varie produzioni.

1.5 SISTEMI ALTERNATIVI

In questo paragrafo vengono analizzati alcuni epuratori alternativi al separplast per valutarne la convenienza operativa ed economica. Per quanto possibile si terrà conto anche dei consumi di motori e pompe delle varie alternative.

Attualmente il nostro sistema è alimentato da un motore da 30 kW che consuma 16 kWh a regime (60 ampere). Il layout dello stabilimento (figura 13) fa sì che il pulper scarichi per caduta in una tina (che in realtà è un secondo pulper); da qui una pompa rimanda l'impasto al livello del pulper dove è presente l'EPD e il separplast. La pompa consuma 13 kWh (40 ampere).

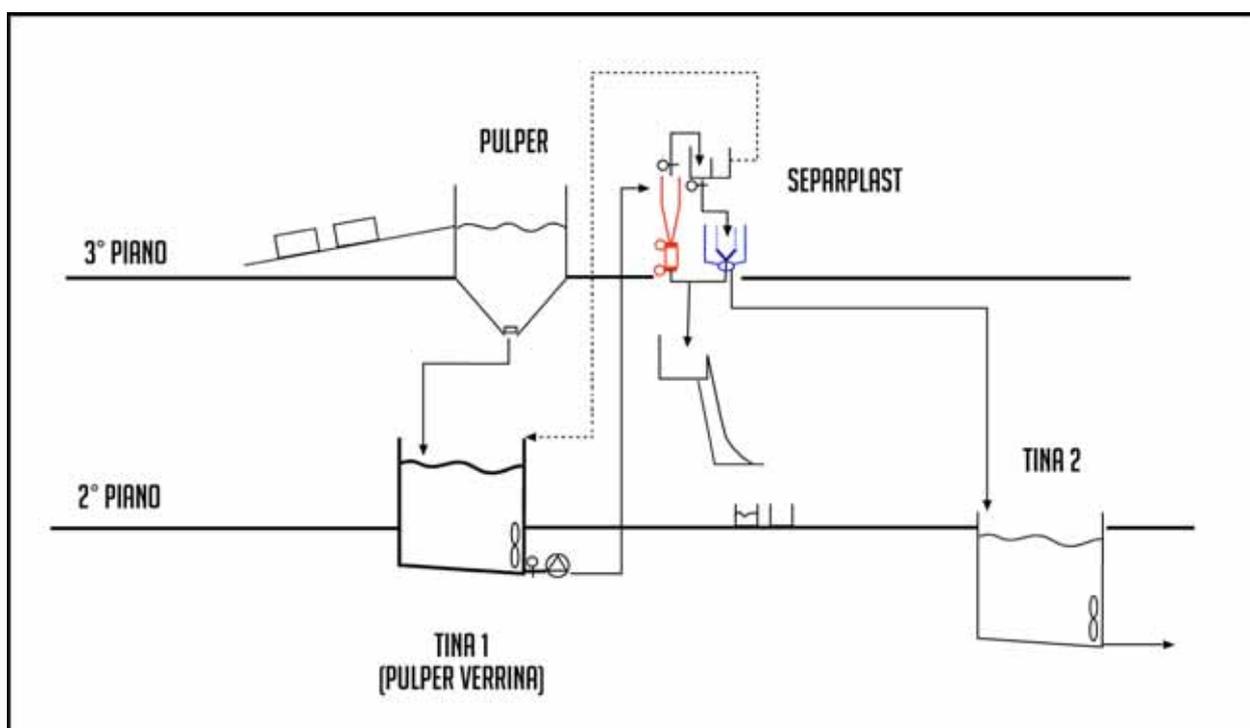


Figura 13: layout del sistema di epurazione attuale.

Durante l'utilizzo di macero del tipo "cartone ondulato" i nastri adesivi, le regge e l'eventuale plastica presente all'interno, portano lo sporco a fermarsi tra le alette del rotore del separplast. La pulizia del separplast richiede circa 30 minuti e non è del tutto agevole. I contaminanti di dimensioni maggiori non riescono a passare dai fori del pulper e rimangono al suo interno. Con impasti molto sporchi è spesso necessario fermare il pulper due o più volte per turno per pulirlo. Questa operazione richiede almeno mezz'ora e due operatori. A questo si aggiunge il fatto che le carte da noi prodotte con questi impasti poco puliti sono quelle con la produzione oraria maggiore. In caso di intasamento del separplast e di riempimento del pulper può quindi accadere che il tempo a disposizione per le operazioni di pulizia possa essere molto limitato.

1.5.1 EPURATORE TIPO “EPUREX”

Il sistema chiamato comunemente “pera” o “epurex” (figura 14) è l’evoluzione del separplast. La principale differenza tra i due macchinari è che l’epurex lavora in pressione. L’epurex è composto da un contenitore al cui interno è presente una piastra forata e viene collocato sotto al pulper. L’impasto spappolato entra nella prima camera per caduta e passa attraverso la piastra forata che ferma i contaminanti. Dopo l’epurex è presente una pompa che mantiene in pressione l’impasto e lo forza a passare attraverso i fori di diametro poco superiore a 4 mm. Ad una distanza di qualche centimetro dalla piastra ruota un’elica che, grazie a delle pale con una geometria particolare, tiene puliti i fori dai contaminanti (figura 15). Inoltre l’elica porta ad un’ulteriore fase di spappolamento della fibra.



Figura 14: epurex.



Figura 15: particolare della girante dell’epurex.

Quando il sistema si riempie di contaminanti l’ingresso della pasta viene chiuso e un sistema di spruzzi lava lo sporco recuperando le fibre presenti e rimandandole al pulper senza alcuna pompa aggiuntiva. Infine lo sporco viene espulso da un’apertura sul fondo ed essendo privo di fibra è possibile portarlo ad un elevato grado di secco aggiungendo eventualmente una pressa.

Normalmente l’epurex viene usato a valle di un pulper ad alta consistenza che tende a non frammentare i contaminanti. Il suo utilizzo è comunque possibile anche con un pulper a bassa consistenza.

Ulteriori vantaggi di questo macchinario sono dati dal fatto che grazie alla girante interna l’epurex non si intasa praticamente mai.

Per le dimensioni del nostro pulper avremmo bisogno di un epurex da un metro cubo di volume alimentato da un motore da 30 kW. In figura 16 è rappresentato un possibile layout del nuovo sistema. I dati riferiti alla pompa necessaria non sono disponibili ma presumibilmente questa avrà un consumo minore o al più uguale a quella oggi presente

perché l'impasto non dovrà più essere pompato a livello del pulper. I consumi elettrici epurex + pompa sarebbero quindi uguali o minori a quelli odierni.

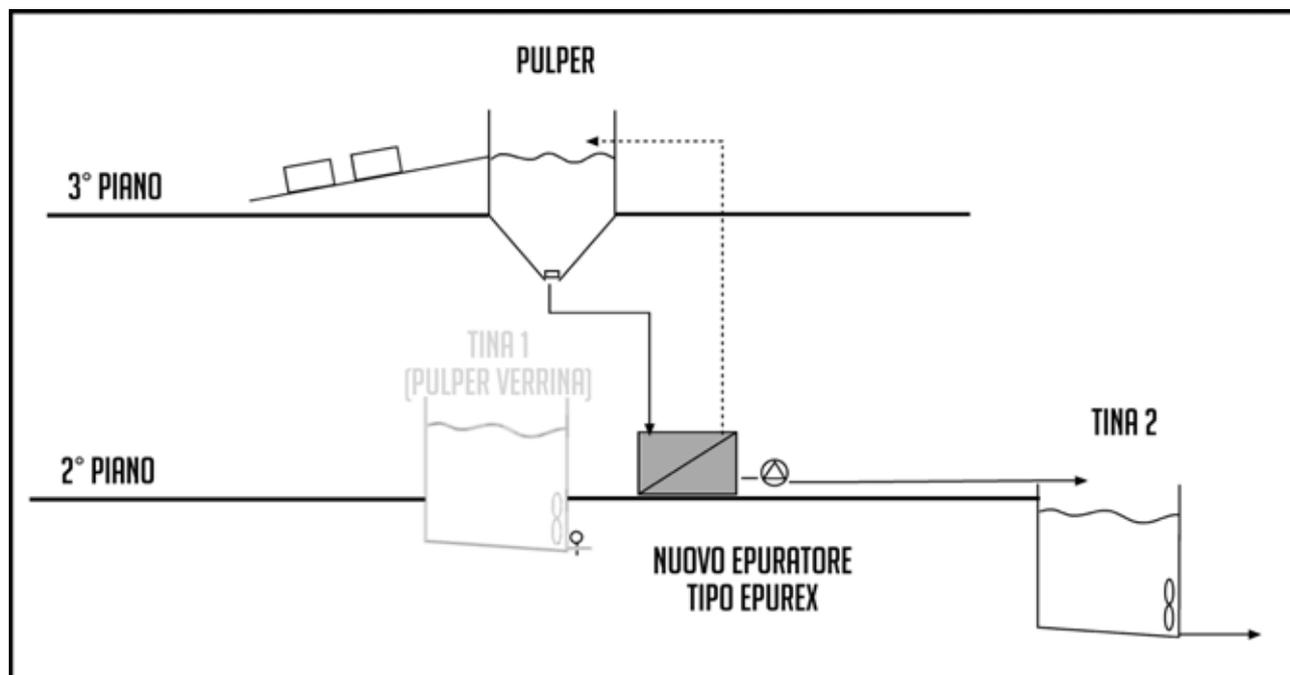


Figura 16: possibile layout del sistema epurex in cartiera.

Questa configurazione potrebbe portare ad un ulteriore vantaggio in termini di spazio sfruttabile in quanto nel piano del pulper è presente il magazzino dei maceri (accessibile dall'esterno) e senza il separplast si libererebbe dello spazio prezioso. Al contrario, il piano secondo non è accessibile dall'esterno e c'è un'ampia disponibilità di spazio poco sfruttato con l'unico svantaggio di dover poi portare gli scarti dell'epuratore al piano superiore.

Il sistema epurex offre poi un'altra interessante configurazione. Modificando il pulper inserendo una piccola apertura di fianco alla girante è possibile scaricarlo direttamente nell'epurex. In questo modo i contaminanti più grossi non si accumulano nel pulper col rischio di frammentarsi ma arrivano all'epurex che li seleziona. In caso di impasti molto sporchi si potrebbe quindi evitare di dovere fermare il pulper per pulirlo come avviene oggi.

1.5.2 EPURATORE TIPO "STRALIS"

Questo tipo di epuratore è composto da un cestello rotante e uno statore interno fisso. Al contrario di quanto avviene nel separplast l'impasto arriva dall'esterno del cestello e deve passare all'interno mentre i contaminanti rimangono fuori. Il cestello è posto orizzontalmente e nella parte bassa è presente la valvola di scarico dei contaminanti. Come per l'epurex, quando il contenitore si riempie di contaminanti si chiude l'alimentazione e degli spruzzi d'acqua lavano il cestello. La fibra viene recuperata e mandata avanti mentre i

contaminanti vengono espulsi dal basso direttamente in un piccola coclea integrata nel macchinario. Il secco in uscita è compreso tra il 40% e il 60% (figura 17).

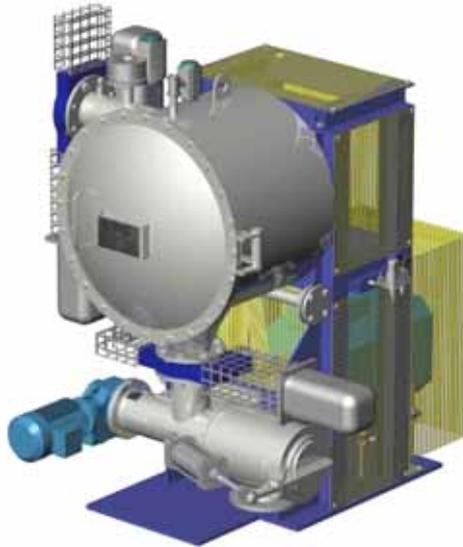


Figura 17: “stralis”.

L’installazione dello “stralis” prevede una configurazione più simile a quella attuale rispetto a quella dell’epurex. Come si vede in figura 18 lo “stralis” deve essere installato dopo una tina e con una pompa di alimentazione. Il sistema non richiede ulteriori tubi e risulta molto compatto. Le dimensioni dei fori del cestello interno sono inferiori a 4 mm e il sistema risulta più adeguato per impasti poco contaminati.

Anche questo sistema ha il vantaggio di venire installato al piano inferiore con risparmio di spazio al piano di magazzino e la presenza della coclea integrata garantisce un elevato grado di secco dello scarto. Per contro non si presta allo scarico diretto dei contaminanti accumulatisi nel pulper. Al momento non si hanno data riguardanti i consumi del motore e mentre la pompa dovrebbe essere simile a quella già in uso.

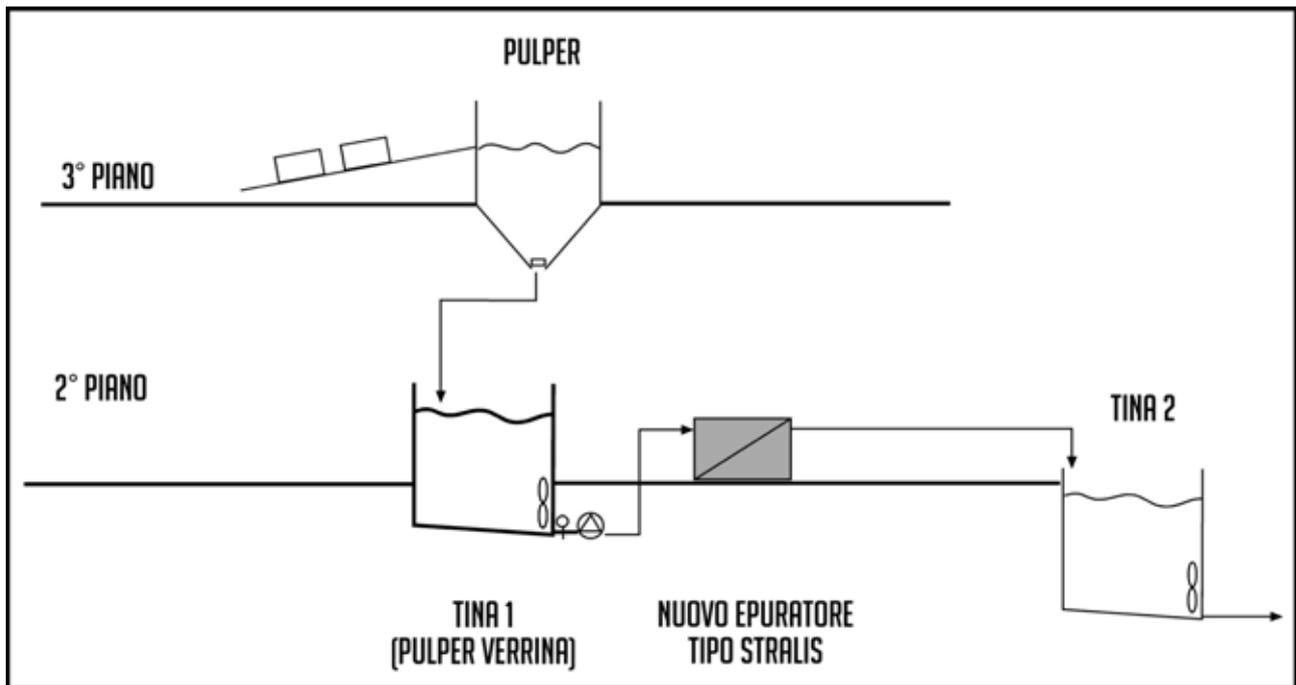


Figura 18: possibile layout del sistema “stralis” in cartiera.

Come è stato dimostrato non sembrerebbe esserci una grande convenienza economica nel sostituire il macchinario attuale con uno di questi. Il costo di smaltimento attuale non è infatti molto elevato. Per contro può essere opportuno considerare che un sistema moderno è in grado di depurare un macero più sporco di quello oggi usato. Il tipo di impianto oggi in uso porta l'azienda a scegliere dei maceri molto puliti in ingresso con dei costi sicuramente superiori rispetto a maceri più contaminati. Un esempio è rappresentato dal cartone ondulato dove i ritagli provenienti dagli scatolifici costano 0,08 €/kg e sono molto puliti mentre le scatole di cartone costano 0,07 €/kg ma sono piene di contaminanti (nastri adesivi, plastiche, ecc.). Ovviamente nel costo delle scatole bisogna tenere conto del costo di smaltimento dei contaminanti che possono incidere molto.

Concludendo sembra quindi probabile che un sistema più moderno potrebbe portare ad un risparmio nel costo delle materie prime e sicuramente ad una maggiore flessibilità nella scelta delle stesse.

2. ANALISI DEI PROCESSI DI RAFFINAZIONE

2.1 SCOPO

L'obiettivo di questa seconda parte è quello di analizzare la raffinazione ad olandese considerandone i vantaggi e gli svantaggi rispetto alla raffinazione a doppio disco. La presenza di entrambe le raffinazioni nello stabilimento rende possibile confrontare i costi energetici e di manutenzione rispetto alle performance di raffinazione ottenibili con i due sistemi.

2.2 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

La Cartiera di Nebbiuno è dotata di due impianti per la raffinazione dell'impasto: la raffinazione a olandese e la raffinazione a doppio disco.

La raffinazione a olandese viene usata solo per alcuni tipi di impasti e con finalità differenti:

- *impasti contenenti nero di carbonio*: il pigmento messo nel pulper è in grani e gli olandesi dovrebbero disgregare queste particelle in parti più piccole;
- *impasti contenenti fogliacci umido-resistenti*: in questo caso la lavorazione ad olandese dovrebbe portare ad un ulteriore "spappolamento" dei fogliacci interni umido-resistenti che il pulper non riesce ad aprire completamente;
- *impasti per carte da filtro*: tali carte necessitano di una perfetta chiusura del foglio con dei valori di porosità molto bassi e gli olandesi dovrebbero lavorare la fibra per ottenere queste caratteristiche;
- *carte "rigide"*: ad alcune carte è richiesto che risultino poco flosce: caratteristica non banale trattandosi di carte crespate. La raffinazione a olandese dovrebbe conferire queste caratteristiche.

In ogni caso l'impasto viene poi raffinato anche in un sistema a doppio disco. E' necessario condurre una campagna di analisi per determinare se e in che misura sia la raffinazione a olandese a portare le caratteristiche richieste dalle varie carte e se sia o meno necessaria confrontata con quella a doppio disco. Per quando riguarda le carte "rigide" non è possibile condurre test al riguardo se non che confermare, campioni alla mano, un'effettiva rigidità che queste carte assumono.

La figura 19 schematizza lo schema generale dell'impianto.

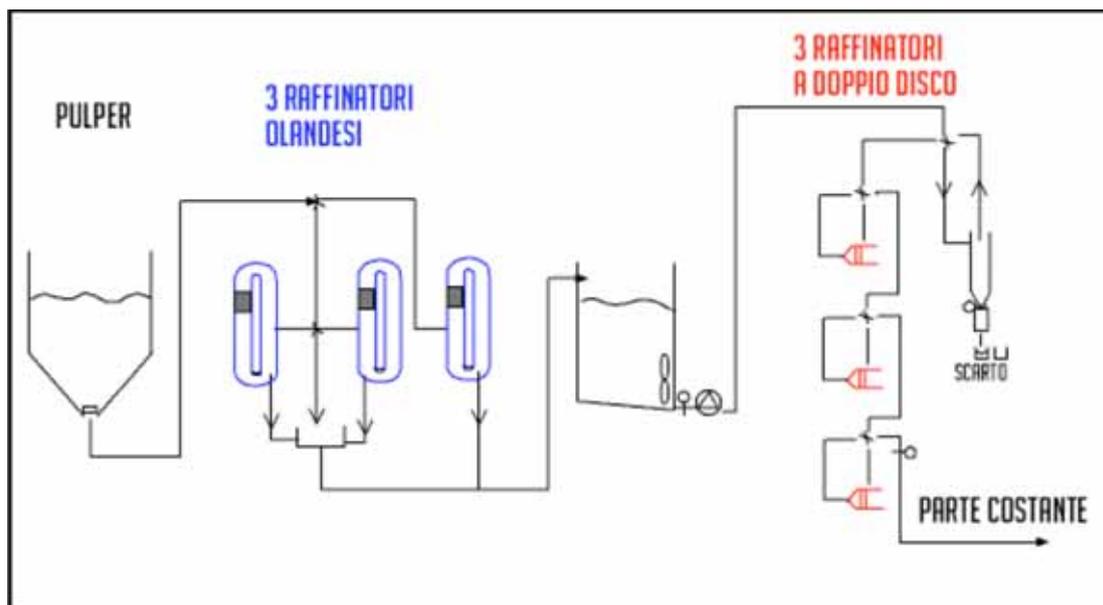


Figura 19: schema dell'impianto di raffinazione.

Come si nota dallo schema i tre raffinatori olandesi sono posti in parallelo; quando vengono utilizzati lavorano la fibra in un tempo variabile da 30 a 60 minuti con un consumo di 120 A. Il loro consumo a vuoto è invece di 75 A. L'impasto viene lavorato ad una consistenza del 4,5% circa.

I tre raffinatori a doppio disco sono invece posti in serie con un cleaner posto a monte di essi; lavorano dopo la tina di macchina e fanno quindi parte della zona costante della macchina continua. Usualmente la fibra viene lavorata unicamente da uno di essi con un consumo che varia da 150 A (quasi a vuoto) a 300 A ad una consistenza del 3,5% circa.

2.3 ANALISI DELLE EFFICIENZE DI RAFFINAZIONE

2.3.1 CARTE CONTENENTI NERO DI CARBONIO

In data 22/05/06 è stata condotta una serie di analisi sulla raffinazione in presenza di impasto "sei A". Tale impasto è composto dalla totalità di fibra lunga vergine di due tipi diversi insieme a del nero di carbonio. Ogni tanto vengono messi nell'impasto 70 kg di fogliacci interni che sostituiscono la cellulosa. Tale impasto viene lavorato nel pulper per venti minuti ad una consistenza del 4,5% circa. Successivamente la lavorazione prevede il passaggio nei raffinatori olandesi per 40 minuti a 120 A. Segue una raffinazione a doppio disco con un carico di 210 A.

Si sono fatte delle misure di gradi Schopper-Riegler sull'impasto dopo lo spapolamento, dopo la lavorazione a olandese e dopo i raffinatori a doppio disco. I campioni prelevati sono stati in seguito analizzati. La media dei dati ottenuti è riportata nella tabella 2.

Tabella 2: °SR rilevati sull'impasto "sei A".

	°SR dopo il pulper	°SR dopo gli olandesi	°SR dopo doppio disco
impasto "sei A"	16,5	17,25 (+ 4,54%)	22,33 (+29,45%)

Come si nota dai dati rinvenuti il passaggio negli olandesi non sembrerebbe avere un grande effetto sulla fibra con un modesto aumento dei °SR. Il passaggio successivo, invece, porta a un deciso aumento del grado di raffinazione.

L'analisi dei campioni di carta ottenuti dalle misure fa rilevare un altro dato interessante. Come si vede dalla figura 20 i campioni prelevati dai differenti stadi hanno gradi di nero differenti.



Figura 20: i campioni di carta provenienti da (da sinistra a destra) pulper, olandesi e raffinatori a doppio disco.

Il fatto è solo parzialmente spiegabile considerando che il nero di carbonio utilizzato è in polvere e costituito da "perle" che vengono macinate con la raffinazione. Se la raffinazione non riesce a disgregare questi granelli in parti più piccole, il pigmento ha un potere colorante limitato e la carta appare solo parzialmente nera e quindi grigia. Dall'analisi del colore dei campioni dei raffinatori olandesi e doppio disco si nota come i primi siano di colore grigio mentre gli ultimi siano di un nero più intenso. Questa spiegazione però non

giustifica il fatto che i campioni non raffinati provenienti da pulper abbiano un tono di nero del tutto simile a quello dei raffinatori a doppio disco. Inoltre dei quattro campioni prelevati dopo la raffinazione olandese tre hanno un tono di nero ben inferiore a quello del pulper e dei doppi dischi mentre uno presenta un tono di nero più intenso.

Un'analisi approfondita dei campioni fa però notare come sia quelli provenienti dal pulper che quelli degli olandesi presentino dei granelli di pigmento intrappolati sulla superficie della carta. Tale dettaglio è mostrato nelle figure 21 e 22.

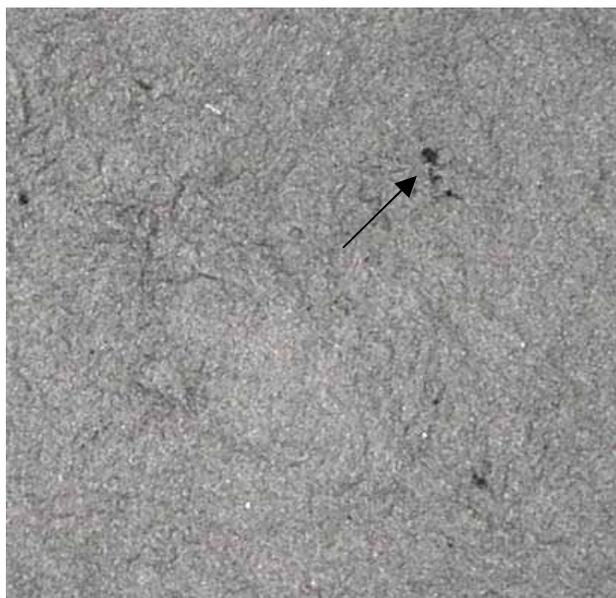


Figura 21: campione preso dopo il pulper; la freccia indica i grani di carbon black presenti nel campione.

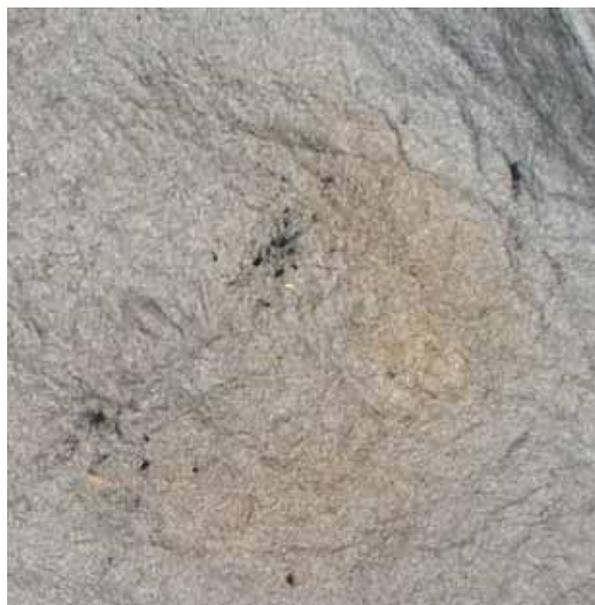


Figura 22: campione dopo gli olandesi; sono ben evidenti i grani di carbon black.

Questi granelli sono del tutto assenti nei campioni presi dopo i raffinatori a doppio disco. Questo particolare mostra chiaramente che il nero di carbonio dopo lo spappolamento e dopo la prima raffinazione non è stato disgregato del tutto ma che solo la raffinazione più intensa del doppio disco riesce a macinare del tutto il nero di carbonio.

In data 26/05/06 è stato compiuto un secondo ciclo di prove in presenza di impasto “sei B”. Tale impasto è composto dal 87,5% di macero velino kraft e solo dal 12,5% di cellulosa bianchita. Risulta quindi interessante analizzare l’efficienza di raffinazione in presenza di un impasto costituito prevalentemente da macero anziché da cellulosa come il precedente. I risultati ottenuti dalle misure dei gradi Schopper-Riegler sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 3: °SR rilevati sull’impasto “sei B”

	°SR dopo il pulper	°SR dopo gli olandesi	°SR dopo doppio disco
impasto “sei B”	22,25	26 (+16,85%)	33,66 (+29,46%)

In questo caso si è fatta anche una misura dei °SR in cassa d'afflusso che ha dato valore 59 °SR. Come si nota dalla figura 23 c'è una notevole differenza di colore tra l'impasto prelevato dopo il pulper che è uguale a quello dopo gli olandesi e l'impasto preso dopo i doppio disco che risulta di una tinta molto più scura.



Figura 23: da sinistra a destra campioni presi dal pulper, dopo gli olandesi, dopo i doppi dischi e in cassa d'afflusso dell'impasto "sei B".



Figura 24: campione preso dal pulper; particolare della presenza di grani di carbon black.



Figura 25: campione preso dopo gli olandesi; sono ben visibili i grani di carbon black non macinati.

Per cercare di comprendere meglio quale raffinazione portasse alla disgregazione del nero di carbonio sono stati osservati al microscopio alcuni campioni di impasto. Purtroppo questa analisi non è riuscita a fare chiarezza in quanto, a livello microscopico, non si notano particolari differenze tra i vari campioni.

Per quanto riguarda i valori di °SR ottenuti sembra che gli olandesi riescano a dare un apporto al grado di raffinazione maggiore nel caso di impasto composto da macero rispetto a quanto non riescano a fare con la cellulosa. Altre prove fatte su altri impasti indicano che i dati ottenibili sono molto variabili anche all'interno dello stesso impasto rendendo poco significative le prove svolte. Rimangono comunque valide le osservazioni fatte sul colore dei provini.

2.3.2 CARTE CONTENENTI MATERIALE UMIDO-RESISTENTE

Nei casi in cui l'impasto contenga fogliacci interni umido resistenti (u.r.) nel pulper viene montata una girante particolare combinata ad una piastra con fori da 40 mm al posto dei 10 mm standard. L'impasto viene spappolato e poi scaricato direttamente nei raffinatori olandesi; i grossi pezzi di carta u.r. non spappolata passano attraverso i fori larghi della piastra. L'analisi dell'impasto prima e dopo il passaggio negli olandesi porterà a determinare quanto questi siano efficaci.

La prova è stata condotta sull'impasto "tre" composto da circa 100 kg di refili interni di carta u.r. e da velino bianco. L'analisi al setaccio dopo il pulper ha fatto rilevare che la totalità della carta u.r. non viene spappolata. Nel setaccio, infatti, rimanevano grossi pezzi di carta. Dopo 30 minuti nell'olandese l'impasto è risultato presentare solo il 2% di piccole pastiglie che non passavano il setaccio (figura 26).



Figura 26: residui umido resistenti dopo e prima gli olandesi.

L'utilizzo del raffinatore olandese per questo scopo sembra quindi portare i risultati sperati. Oltre che per lavorare il materiale umido resistente, questo tipo di processo è usato spesso anche per quei maceri che risultano “duri” da spappolare come alcuni tipi di kraft sacco. Per valutare la convenienza economica di questa soluzione si possono fare le seguenti considerazioni:

- se i refili u.r. non venissero riutilizzati ma venduti occorrerebbero ulteriori 100 kg di kraft velino bianco da acquistare ($0,32 \text{ €/kg} * 100 \text{ kg} = 32 \text{ €}$);
- se venduti si potrebbe ipotizzare un ricavo di 10 € ($0,10 \text{ €/kg} * 100 \text{ kg}$);
- il tempo di spappolamento potrebbe scendere da 30 a 15 minuti con un risparmio di 3,38 € nel costo dell'energia;
- gli olandesi non verrebbero utilizzati con un risparmio di 2,46 € di energia.

Considerato questo la somma indica un costo supplementare di 16 € per pulperata. L'attuale sistema sembra pertanto economicamente preferibile.

2.3.3 CARTE DA FILTRO

Le carte da filtro sono fatte dal 100% di cellulosa. La loro lavorazione normale prevede la doppia raffinazione olandesi-doppio disco al fine di conferire alla fibra le caratteristiche di porosità e meccaniche adeguate al loro utilizzo. Tra queste ce n'è però una che viene lavorata unicamente con i raffinatori a doppio disco. Si cercherà quindi di paragonare le caratteristiche di queste carte per vedere quanto siano determinanti gli olandesi.

La tabella 4 indica i valori di °SR rilevati nelle due carte.

Tabella 4: °SR rilevati sugli impasti “sette A” e “sette B”.

	°SR dopo il pulper	°SR dopo gli olandesi	°SR dopo doppio disco
impasto “sette A”	14,75	16,75 (+13,6%)	20,25 (+20,9%)

impasto “sette B”	12	-	15,25 (+27,08%)
-------------------	----	---	-----------------

Per confrontare l’efficienza dei due processi di raffinazione si sono effettuate le stesse prove meccaniche sia sulla “sette A” che sulla “sette B” per determinare se l’olandese è necessario per le caratteristiche di formazione del foglio. I risultati delle prove sono riportati nella tabella 5.

Tabella 5: caratteristiche meccaniche rilevate negli impasti “sette A” e “sette B”.

	all. %	c.r. N/15mm	poro (μm)	porosità aria (cc/60s)
“sette B” 110 g/m ²	17	45	8	470
“sette A” 90 g/m ²	12	43	9	750

Purtroppo la differenza di grammatura rende difficile trarre delle conclusioni; il dato più significativo è comunque quello relativo alla porosità all’aria. Per la carta “sette A” tale valore è richiesto essere maggiore di 700 cc/60; per l’altra non è richiesto alcun valore. Il dato rilevato indica come la carta lavorata nell’olandese abbia una porosità all’aria molto più bassa.

2.4 CONCLUSIONI

Per quanto riguarda le carte nere le prove svolte hanno dimostrato che:

- il passaggio negli olandesi non è in grado, da solo, di macinare il nero di carbonio;
- i raffinatori a doppio disco portano ad un notevole contributo alla dispersione del pigmento.

Per questi motivi sarebbe estremamente interessante provare a non utilizzare gli olandesi per questo tipo di carte.

Per l’utilizzo dell’olandese come spappolatore/depastigliatore le prove hanno dimostrato l’effettiva efficienza di tale processo. Questo anche perché l’alternativa potrebbe essere quella di utilizzare un pulper per carte u.r. (trattamento a caldo con soda) che risulterebbe essere molto più costoso.

L’analisi sulle carte da filtro meriterebbe ulteriori indagini ma apparentemente l’olandese dà le caratteristiche richieste.

3. ANALISI DEL PROCESSO DI EPURAZIONE A BASSA CONSISTENZA

3.1 SCOPO

Lo scopo di questa terza parte della tesi è quello di valutare l'efficienza dell'impianto di epurazione a bassa consistenza in quanto esso sembra scartare molta fibra. Tale fatto può essere dovuto ad un'inadeguatezza dell'impianto e potrebbe essere necessario apportare qualche modifica allo stesso.

3.2 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

L'impianto è composto da un primo stadio di 6 cleaner alimentati a 3 bar con accettato da 0.4 bar. Il secondo stadio consta di un solo cleaner con acqua di contro-lavaggio a 2,8 bar alimentato a 3 bar con accettato di 0,4 bar. Lo scarto finale viene leggermente disidratato passando su uno scivolo a fessure e raccolto in gabbie di scarico. Tali gabbie vengono ripulperate per impasti di minor pregio o conferite in discarica. Lo schema dell'impianto è riportato nella figura 27.

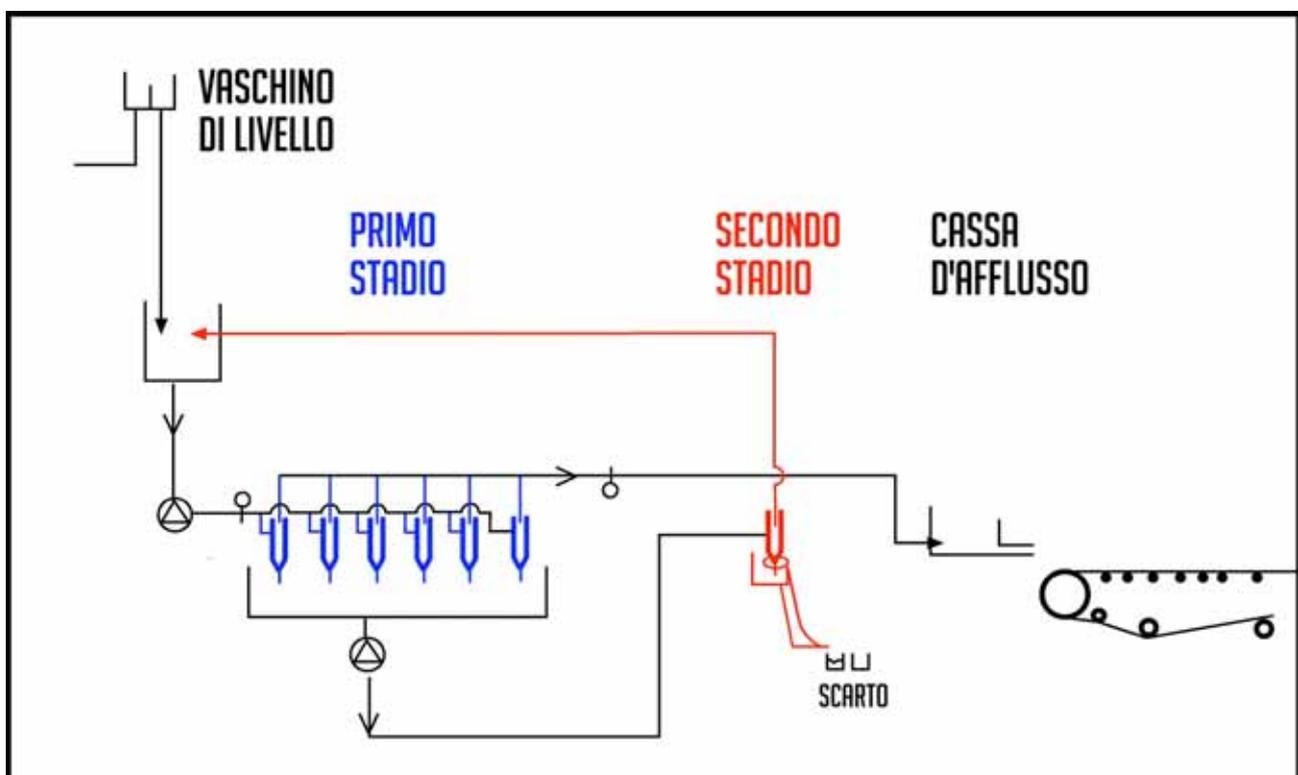


Figura 27: schema della epurazione a bassa consistenza.

3.3 ANALISI DEGLI SCARTI

Per verificare il corretto dimensionamento del circuito di cleaner è stata condotta una campagna di rilevamenti sulle diverse nostre produzioni.

Per ogni tipo di produzione è stato prelevato un litro di pasta dalla cassa di afflusso, un litro dallo scarto del primo stadio di cleaner e uno dal secondo stadio di cleaner che rappresenta lo scarto finale. I campioni sono stati filtrati ed essiccati per determinare il peso secco e, per il secondo stadio, si è ricavato il contenuto delle ceneri. Si è quindi calcolato lo scarto in kg/h del secondo stadio considerando che l'efflusso volumetrico è di 18,5 l/min. Allo stesso modo si è calcolato il contenuto in ceneri di tale scarto.

I risultati ottenuti sono riportati nella tabella 6.

Tabella 6: dati del circuito di cleaner per ogni tipo di impasto.

IMPASTO	data	produzione kg/h	c. afflusso g/l	1°stadio g/l	2°stadio g/l	ceneri %	kg/h scarto pasta	kg/h ceneri
UNO	10017	19/05/05 ?	4,3	11,17	2,48	3	2,75	0,08
DUE	10018	20/05/05 572	5,29	16,39	17,46	30	19,38	5,81
OTTO A	10019	23/05/05 479	4,34	12,5	3,94	2	4,37	0,09
OTTO B	10020	27/05/05 350	4,25	10,28	2,37	5,5	2,63	0,14
SEI B	10021	08/06/05 277	2,28	4,4	4,78	4,4	5,31	0,23
NOVE	10034	27/06/05 438	3,79	11,72	2,86	1	3,17	0,03
TRE								
EXTRA	10038	04/07/05 627	5,74	11,43	3,35	12	3,72	0,45
TRE	10038	01/07/05 542	4,84	10,94	3,02	8	3,35	0,27
QUATTRO								
A	10044	11/07/05 663	6,08	24,24	64,73	42	71,85	30,18
QUATTRO								
B	10045	11/07/05 632	5,04	19,67	97,04	52	107,71	56,01

Gli impasti sopra elencati sono composti da:

impasto	
UNO	
DUE	
OTTO A	100% macero (kraft)
OTTO B	
SEI B	
NOVE	100% cellulosa
TRE EXTRA	100% macero (kraft)
QUATTRO A	100% macero (cartone)
QUATTRO B	ondulato)

Come già descritto nel capitolo uno, anche per gli scarti dei cleaner viene adottata la stessa politica di riutilizzo descritta per la epurazione in pasta densa. Gli scarti degli impasti migliori vengono reimmessi al pulper per impasti di minore qualità e solo gli scarti degli impasti “cucitrice/legatoria avana normale”, “cucitrici colorate” e “cucitrice grigia” vengono conferiti in discarica. Concentrando l’attenzione sui dati riferiti a questi impasti si può quantificare lo scarto e il costo annuale di smaltimento. Gli scarti di questi impasti sono di 31 T/a secchi che presumibilmente diventano 77,7 T/a al 40% di secco. Considerando il costo di smaltimento di 0,13 €/kg si ottiene un costo totale di 10.100 € per smaltire gli scarti del secondo stadio di cleaner ogni anno.

La percentuale di ceneri presente in questi impasti è di circa il 48%. Un sistema ideale in grado di scartare solo le ceneri porterebbe quindi a recuperare 16 T/a di fibra secca (40 T/a umida) con un risparmio nel costo di smaltimento di 5.200 €/a.

Come per la epurazione in pasta densa, anche in questo caso bisogna tenere in considerazione la quantità di tempo e di spazio necessari per gestire questi scarti. Attualmente disponiamo di più di 30 big bags per lo stoccaggio degli scarti che vengono accumulati per circa un mese prima che sia possibile rimetterli nel ciclo (figura 28). Con gli impasti che producono più scarto è necessario che l’operatore sostituisca il sacco fino a tre volte per turno. Tale sacco viene appeso a un paranco e fatto sgocciolare prima di essere stoccato. La gestione di questi sacchi richiede quindi molto tempo.



Figura 28: alcuni dei sacconi utilizzati per lo stoccaggio degli scarti dei cleaner in attesa di essere ripulperati.

3.4 CONCLUSIONI

La principale causa dello scarto elevato di fibra del nostro sistema sembra essere il grande salto di pressione tra ingresso e uscita (2,6 bar). I sistemi moderni di selezione lavorano con un ΔP di circa 1,2 bar e questo permette un miglior risultato in termini di scarto di fibra. Secondo alcuni tecnici del settore, inoltre, è necessario inserire un terzo stadio per poter avere la garanzia di risultati efficienti.

Il costo per sostituire l'impianto è di circa 30.000 €. Considerando che se si riuscisse a non scartare fibra si avrebbe un risparmio annuo di 5.000 € l'investimento risulta essere economicamente conveniente.

4. CONSIDERAZIONI FINALI

Questo lavoro di tesi è nato con lo scopo di portare alla mia azienda un contributo in termini di ricerca realmente spendibile per ottimizzarne i processi. Soprattutto, mi ha permesso di conoscere maggiormente molti dei nostri impianti e del perché del loro utilizzo. Ho potuto verificare come alcuni macchinari all'apparenza possono sembrare superati, ma sono in realtà molto flessibili e come altri, invece, avrebbero bisogno di una rapida sostituzione.

BIBLIOGRAFIA

- “Appunti di Tecnologia Cartaria” di Zaninelli Paolo edizione Scuola Interregionale di Tecnologia per Tecnici Cartari 2005 - 2006.
- “Prove sulle materie fibrose sulla carta e sul cartone” di Grandis E. edizione ATICELCA 1989.
- “La Tecnologia Cartaria” di Baumgarten H.L. edizione ATICELCA 2001.
- Sito COMER spa: www.comertech.com