



## Esame di fine corso

Cod. Progetto 4262/2/668/2015 - Cod. Intervento 4262/002/636/DEC/22  
Titolo: Tecnico per la gestione di impianti di produzione della carta  
Sede del corso: Verona - VR - 37138 - Via Don Giovanni Minzoni, 50

# Carbonato di Calcio: Polvere vs Slurry

*di Pighoni Michael*



Scuola Interregionale  
di tecnologia per tecnici Cartari

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



# INDICE

## **1. INTRODUZIONE**

1. - Storia del gruppo Fedrigoni

## **2. LE CARICHE MINERALI**

2.1. - Carbonato di Calcio

## **3. IMPIANTO DI MISCELAZIONE CARBONATO**

3.1 - Impianto polimero

## **4. CARBONATO IN POLVERE VS SLURRY**

4.1 - Prova PM1 Fedrigoni Varone

4.2 - Applicazione Carbonato

4.3 - Prove

## **5. CONCLUSIONI E RITORNO ECONOMICO**

## **6. RINGRAZIAMENTI**

## **7. BIBLIOGRAFIA**



# 1. INTRODUZIONE

## 1. STORIA DEL GRUPPO

È presente nel mondo cartario dal 1717, anno in cui fu avviata l'attività della Cartiera di San Colombano, ai piedi dell'omonimo eremo in Vallarsa nei pressi di Rovereto (TN). A seguito delle guerre napoleoniche la cartiera fu ceduta, nel 1814, alla famiglia Jacob. Giuseppe Antonio Fedrigoni, dopo un lungo periodo dedicato al commercio della carta, nel 1888 avviò una nuova struttura industriale di produzione cartaria di carte speciali a Verona; fu successivamente il figlio Antonio, nel 1910, ad ampliare lo stabilimento con l'installazione di una quarta macchina continua per la produzione di carta bianca per stampa e con l'acquisto di una quota di partecipazione al consorzio del canale Camuzzoni per produrre energia elettrica da utilizzare per il funzionamento delle macchine continue.

Dal 1931 Gianfranco Fedrigoni, con l'aiuto dei fratelli Renzo e Arrigo, diede nuovo impulso allo sviluppo dell'azienda acquistando, nel 1938, lo stabilimento di Varone presso Riva del Garda (TN) dove la tradizione cartaria risaliva già dal XV secolo; questo stabilimento fin da subito fu utilizzato per la produzione di carte ad alto contenuto tecnico come ad esempio per carte da legatoria, alta trasparenza per disegno tecnico e carte per il rivestimento dei cavi ad alta tensione. Nel 1945 fu ricostruito completamente lo stabilimento di Verona, distrutto durante la seconda guerra mondiale, che fu in grado già nei primi mesi del 1946 di riprendere la sua produzione di carta.

Nel 1948 fu fondata sempre da Gianfranco Fedrigoni la S.A. Adamas Fibreboard & Paper Company (P.T.Y.) Ltd in Sudafrica (ceduta poi alla Sappi nel 1964).

Il Gruppo Fedrigoni opera nei seguenti settori:

- produzione, trasformazione e distribuzione di carte grafiche patinate e naturali per i settori della stampa, editoria, legatoria, packaging, rivestimento e cartotecnica;
- produzione di carte e materiali adesivi e antiadesivi;
- commercializzazione di articoli regalo e cartoleria;
- produzione di prodotti speciali di sicurezza.

## 2. CARICHE MINERALI

La carta prodotta in cartiera deriva da un miscuglio non omogeneo, composto da cellulosa, acqua, coloranti e materiali di carica in proporzioni variabili a seconda dell'uso finale del prodotto. L'impiego di cariche, una pratica una volta vista come una forma di falsificazione, oggi rappresenta una componente essenziale del processo di produzione della carta.

Le cariche consentono di migliorare l'opacità, la capacità di assorbire l'inchiostro e la formazione del foglio. In passato, la preparazione delle cariche avveniva principalmente tramite mezzi meccanici, utilizzando minerali. Tuttavia, l'attuale produzione si basa su un approccio combinato di processi meccanici e chimici, che coinvolge anche materiali precipitati chimicamente. Ogni tipo di carica ha caratteristiche uniche che lo rendono più adatto a determinati tipi di carta.

È fondamentale che le cariche siano prive di impurità e che abbiano un alto indice di rifrazione per garantire un potere opacizzante ottimale. Le cariche, essendo sostanze inerti, non reagiscono con gli altri componenti della carta. Tuttavia, durante il processo di produzione, è essenziale utilizzare agenti ritentivi adeguati per evitare la dispersione delle cariche e assicurare una buona ritenzione.

Sebbene le cariche siano più economiche della cellulosa e offrano numerosi vantaggi, un'elevata percentuale di cariche nell'impasto può comportare svantaggi come fogli troppo morbidi, problemi di spolvero e una resistenza meccanica inferiore.

Le cariche possono essere aggiunte in diversi punti del ciclo produttivo, o in forma dispersa in acqua o come polvere secca, o direttamente sulla tela di formazione.

Negli ultimi anni, sono stati compiuti progressi significativi per migliorare la ritenzione delle cariche, essendo insolubili in acqua, ma l'uso di ritentivi rimane fondamentale per mantenere livelli di ritenzione adeguati.

Le cariche più utilizzate in cartiera sono:

- caolino, con caratteristiche buone di potere opacizzante, un grado di bianco fra il 75/85%, un costo basso ma anche una resa molto bassa;
- talco, avente un'ottima ritenzione e una bassa abrasività;
- biossido di titanio, con alto potere coprente, un grado di bianco elevato, alto potere opacizzante ma un costo elevato rispetto agli altri minerali (circa 10 volte più costoso);
- carbonato di calcio.

## 2.1 CARBONATO DI CALCIO

Il carbonato di calcio è noto soprattutto per il suo colore bianco, che è una delle sue proprietà fisiche più rilevanti e viene spesso confrontato con quello del caolino, suo principale concorrente. Tuttavia, il carbonato di calcio, come viene estratto e fornito, contiene tracce di ferro, manganese e altre sostanze derivanti dal processo di estrazione e lavorazione, che limitano il suo grado di bianchezza. Secondo vari standard, il grado di bianco del carbonato varia tra il 85% e il 93%. Le particelle di carbonato hanno dimensioni comprese tra 0,2 e 0,5 micron, e una dimensione più piccola può influenzare negativamente la ritenzione e favorire la formazione di doppio viso durante il processo di produzione della carta. Pertanto, si cerca di utilizzare carbonato con particelle il più uniformi possibile.

A differenza di altre cariche, il carbonato di calcio è meno abrasivo, riducendo l'usura delle attrezzature impiegate nella fabbricazione della carta.

Nella stampabilità delle carte caricate con carbonato, l'assorbimento dell'inchiostro dipende dal tipo di inchiostro utilizzato. Nei processi di stampa, possono essere impiegati inchiostri a base di olio o a base acqua, e il carbonato tende ad assorbire in modo più efficiente gli inchiostri a base di olio. Attualmente, l'uso del carbonato nel processo produttivo della carta ha raggiunto una percentuale significativa rispetto al peso totale del prodotto finito, con carte che possono contenere più del 20% di ceneri.

Il doppio viso è un aspetto da non trascurare, sul lato tela vi è un minor quantitativo di carica per effetto delle casse aspiranti e del cilindro aspirante. Il carbonato di calcio e la cellulosa hanno un grado di bianco molto diverso quindi il doppio viso diventa più evidente e causa una migliore formazione del foglio sul lato feltro.

Lo spolvero invece è un problema che insorge quando vi è la separazione di un eccesso di carica che non si è legata al foglio.

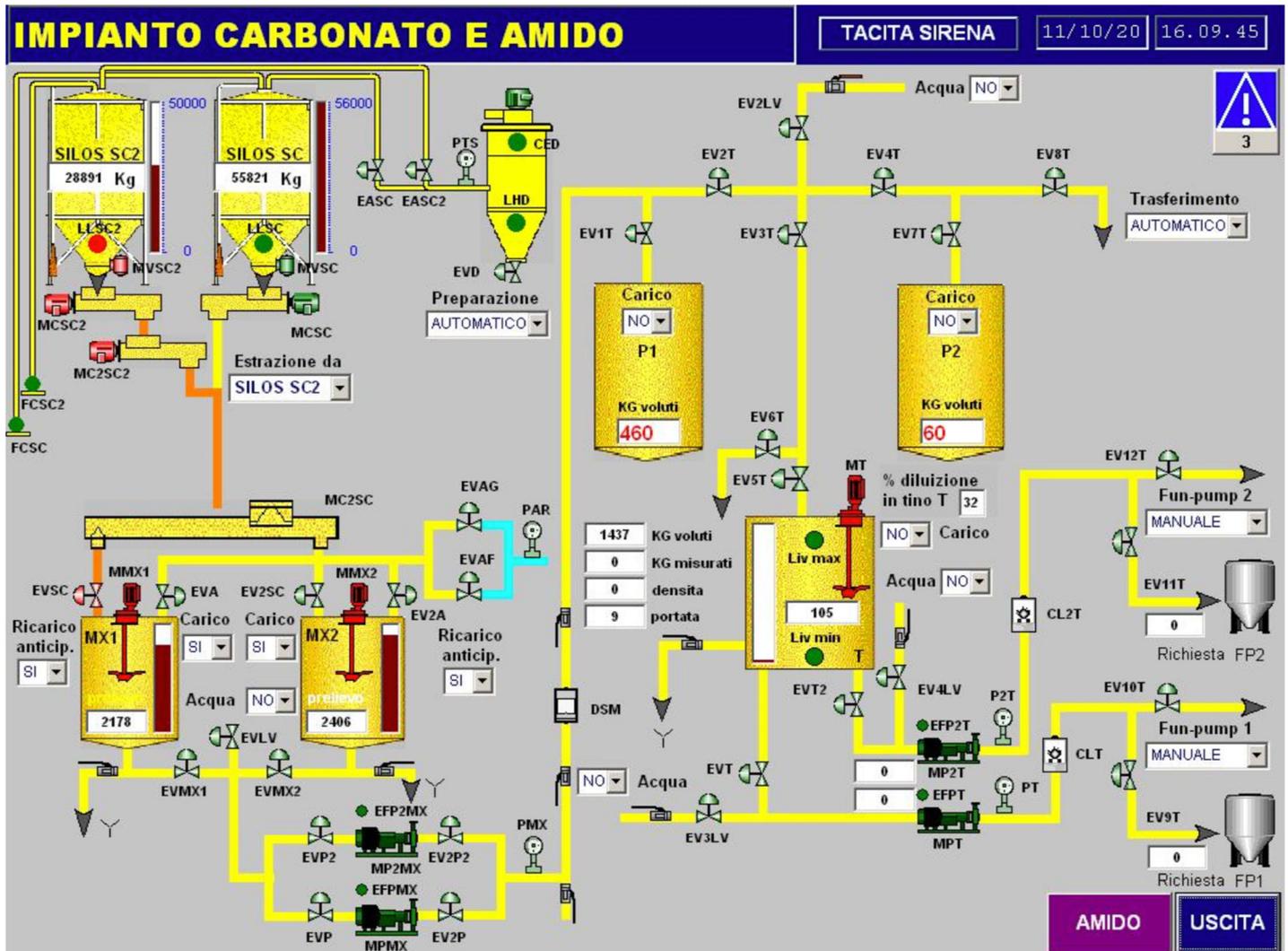
Il contenuto di carbonato nei vari tipi carta può essere così indicato:

- carte per periodici 23% a 28%
- carte da edizioni 12%
- carte da sigarette 20%
- supporto per patinate (fuori macchina) 12% a 15%
- supporto per patinate (in macchina) 5%
- giornale 4% a 5%

**TABELLA RIASSUNTIVA DELLE PRINCIPALI CARATTERISTICHE  
DELLE CARICHE MINERALI**

<b>CARICA</b>	<b>DENSITÀ</b>	<b>DIMENSIONE PARTICELLE</b>	<b>INDICE DI RIFRAZIONE</b>	<b>GRADO DI BIANCO</b>
<b>CAOLINO</b>	2,5 – 2,8	0,2 – 5,0	1,55 – 1,56	70 – 90
<b>TALCO</b>	2,7	0,5 – 50	1,57	70 – 90
<b>BIOSSIDO DI TITANIO</b>	3,9 – 4,2	0,2 – 0,5	2,56 – 2,76	95 – 98
<b>CARBONATO DI CALCIO</b>	2,7 – 3,0	0,2 – 0,5	1,56	85 – 93

### 3. IMPIANTO DI MISCELAZIONE CARBONATO



Sinottico impianto miscelazione carbonato

Nel sinottico sopra si può osservare la configurazione dell'impianto di miscelazione del carbonato.

Due silos di stoccaggio del carbonato in polvere sono collocati all'ingresso dell'impianto, con una capacità di 56 tonnellate per il primo e 50 tonnellate per il secondo. L'utilizzo del carbonato in polvere offre vantaggi economici rispetto a quello disperso in acqua, in quanto

consente un trasporto più efficiente e presenta un costo inferiore grazie all'eliminazione della fase di lavorazione del carbonato liquido. I silos sono disposti in coppia per garantire un funzionamento continuo dell'impianto; durante la manutenzione o il riempimento di uno, l'altro può fungere da riserva per mantenere costante l'apporto di carbonato al processo produttivo.

Il carbonato, al momento dell'arrivo, deve essere disperso in acqua prima dell'utilizzo e viene quindi convogliato verso il sistema di miscelazione costituito da due mixer. Anche in questo caso, la presenza di due mixer assicura la continuità del processo. Questi due mixer sono recipienti con una capacità massima di circa 2400 litri, dove avviene la miscelazione della polvere di carbonato con l'acqua. Un'agitazione continua impedisce la sedimentazione del carbonato, mentre il contenuto secco, di solito fissato al 30%, indica la percentuale di carbonato disperso in acqua. Una volta impostato il valore desiderato sul pannello di controllo, il sistema opera in modalità automatica tramite una cella di carico.

Completata questa fase, il carbonato è pronto per essere introdotto nel processo produttivo. Può essere aggiunto al pulper della prima o della seconda macchina continua o stoccato in un serbatoio. Il serbatoio viene utilizzato quando si desidera aggiungere il carbonato al circuito di testa macchina, fungendo da sistema di stoccaggio per garantire il funzionamento continuo dell'impianto. In uscita, il carbonato viene condotto all'ingresso della pompa di diluizione (fan pump).

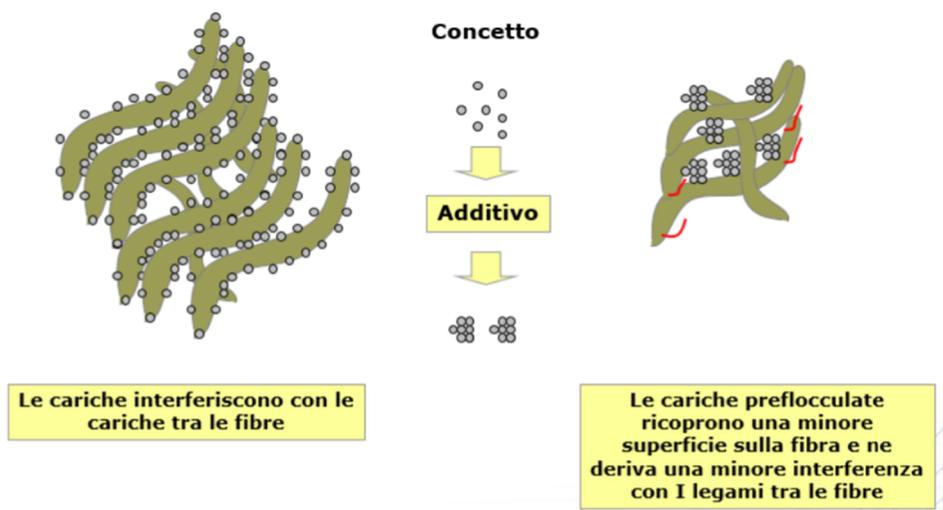
L'impianto è stato progettato per consentire l'aggiunta del carbonato al circuito di testa macchina, tuttavia, le problematiche legate alla sedimentazione del carbonato nelle vasche, questo fenomeno era molto importante visto che non si aveva una corretta ritenzione della carica sulla tavola piana, il fenomeno creava non pochi problemi nei momenti di cambi, quando le acque venivano smosse e portavano a galla i residui di carbonato.

### 3.1 IMPIANTO POLIMERO

Nel circuito è presente una soluzione studiata internamente, per ottenere livelli più alti di ceneri nel foglio, conservando però allo stesso tempo la resistenza critica e gli attributi ottici del foglio finale.

Questa soluzione prevede, mediante l'uso di uno o più prodotti, di coagulare e microfloculare le particelle del carbonato.

#### Preflocculazione delle cariche Concetto di funzionamento



L'immagine sopra riportata illustra visivamente il concetto base della tecnologia.

L'aumento della dimensione del carbonato di calcio consente una migliore auto-ritenzione meccanica perché le particelle vanno ad occupare un minor numero di legami a "ponte idrogeno" (fibra- fibra).

In cartiera nello stabilimento di Varone il carbonato viene acquistato ad una granulometria vicina ad  $1\mu\text{m}$ .

Con questa tecnologia è possibile ottenere fiocchi di dimensioni varie a seconda dell'utilizzo che ne deve essere fatto. Tutto ciò è reso possibile grazie ad una serie di parametri che è possibile modificare manualmente agendo sul sinottico dell'impianto.

I vantaggi dell'impiego di questa nuova tecnologia sono indubbiamente interessanti e fra i tanti i più importanti sono:

- minor abrasione delle lamature dei raffinatori;
- minor consumo energetico;
- una distribuzione più omogenea del carbonato nell'asse Z;
- una ritenzione ceneri e totale più elevata e più stabile o al contrario un minor utilizzo di prodotti chimici per ottenere valori standard di ritenzione;
- una carta con caratteristiche meccaniche migliori a parità di ceneri;
- un possibile incremento del contenuto di ceneri della carta senza pregiudicare la macchinabilità della continua.

## 4. CARBONATO IN POLVERE VS SLURRY

L'introduzione di nuove metodologie nel processo produttivo della carta è cruciale per migliorarne l'efficienza e ridurre i costi. In questo contesto, lo studio si propone di valutare l'utilizzo del carbonato di calcio, un materiale ampiamente impiegato come carica in questo settore. In particolare, l'attenzione sarà focalizzata sulla comparazione tra l'impiego del carbonato di calcio in polvere e della sua forma in sospensione (slurry), discutendo i vantaggi e gli svantaggi di entrambe le modalità. Questo approccio consentirà di determinare quale tra le due opzioni sia più vantaggiosa dal punto di vista economico e qualitativo, fornendo preziose indicazioni per ottimizzare il processo produttivo della carta.

### 4.1 PROVA PM1 FEDRIGONI VARONE

Nel processo di produzione della cartiera Fedrigoni di Varone, viene condotta una prova di modifica dell'impasto su un tipo di supporto bianco con una grammatura consolidata di 90 grammi, già ben radicata all'interno del gruppo. In particolare, si prevede di sostituire il carbonato di calcio, utilizzato attualmente come carica minerale aggiunta.

Questo minerale viene attualmente introdotto in forma di polvere direttamente nel pulper e successivamente corretto in testa macchina, dove viene anche aggiunto il polimero per migliorare la flocculazione della carica sulle fibre e prevenire la dispersione durante il processo.

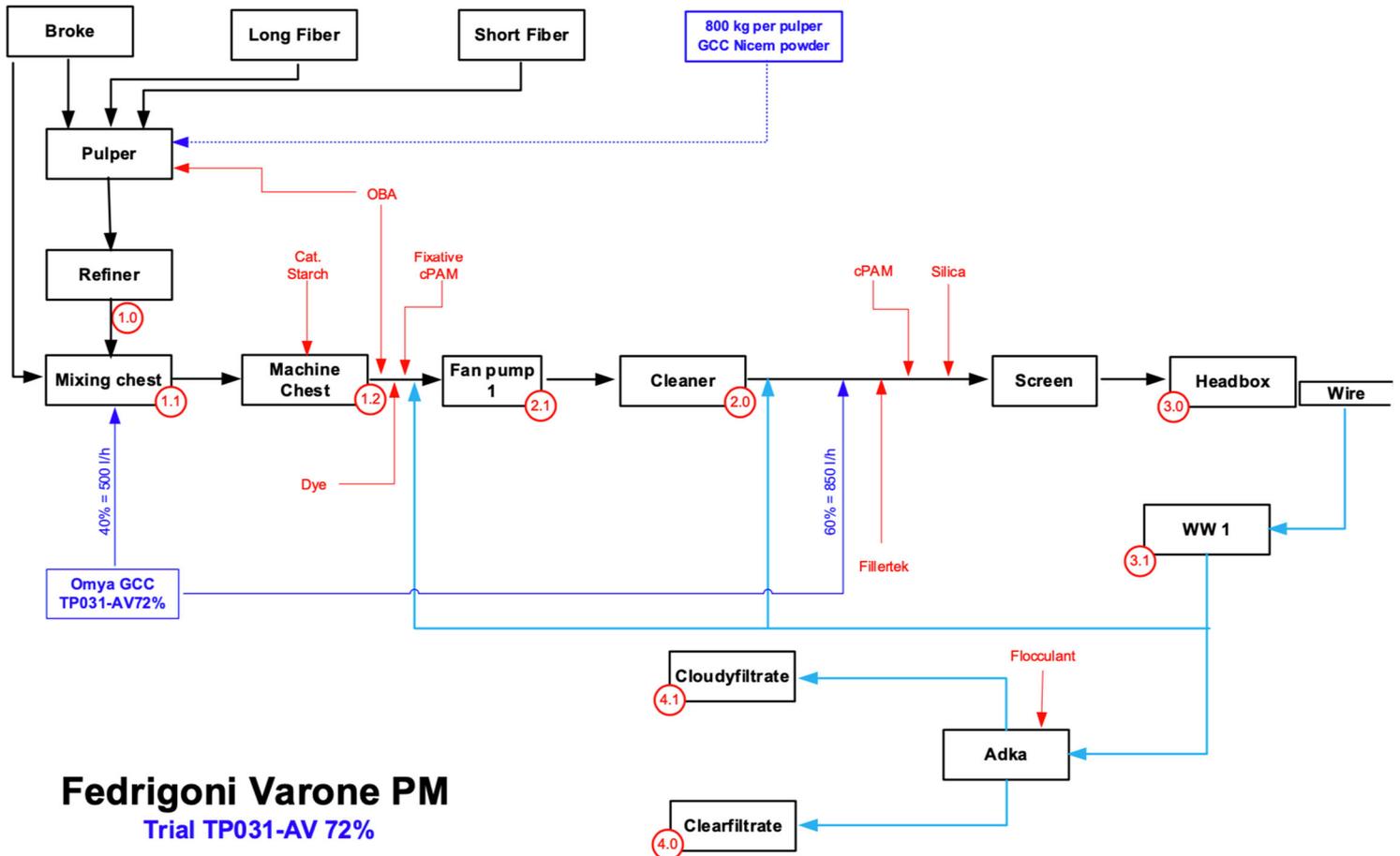
Nell'ambito di questo studio, verrà sperimentato l'uso di carbonato di calcio in forma di slurry già pronto all'uso (TP 031 AV 72%), che sarà dosato direttamente nella tina di scorta e in testa macchina. Lo scopo principale di questa ricerca è valutare i possibili miglioramenti e le potenziali riduzioni dei costi di lavorazione all'interno del processo produttivo.

Tale approccio mirato rappresenta un passo significativo verso l'ottimizzazione dei processi e l'efficienza globale dell'impianto, con un occhio attento sia alla qualità del prodotto finale che alla sostenibilità economica dell'intero ciclo produttivo.

Le caratteristiche interessanti di questo prodotto sono principalmente 3, servono a migliorare il nostro prodotto finito, cioè: la granulometria più uniforme ci può aiutare sicuramente per aumentare la ritenzione del foglio, il grado di bianco più elevato e la maggior opacità rispetto alla polvere.

## 4.2 APPLICAZIONE CARBONATO

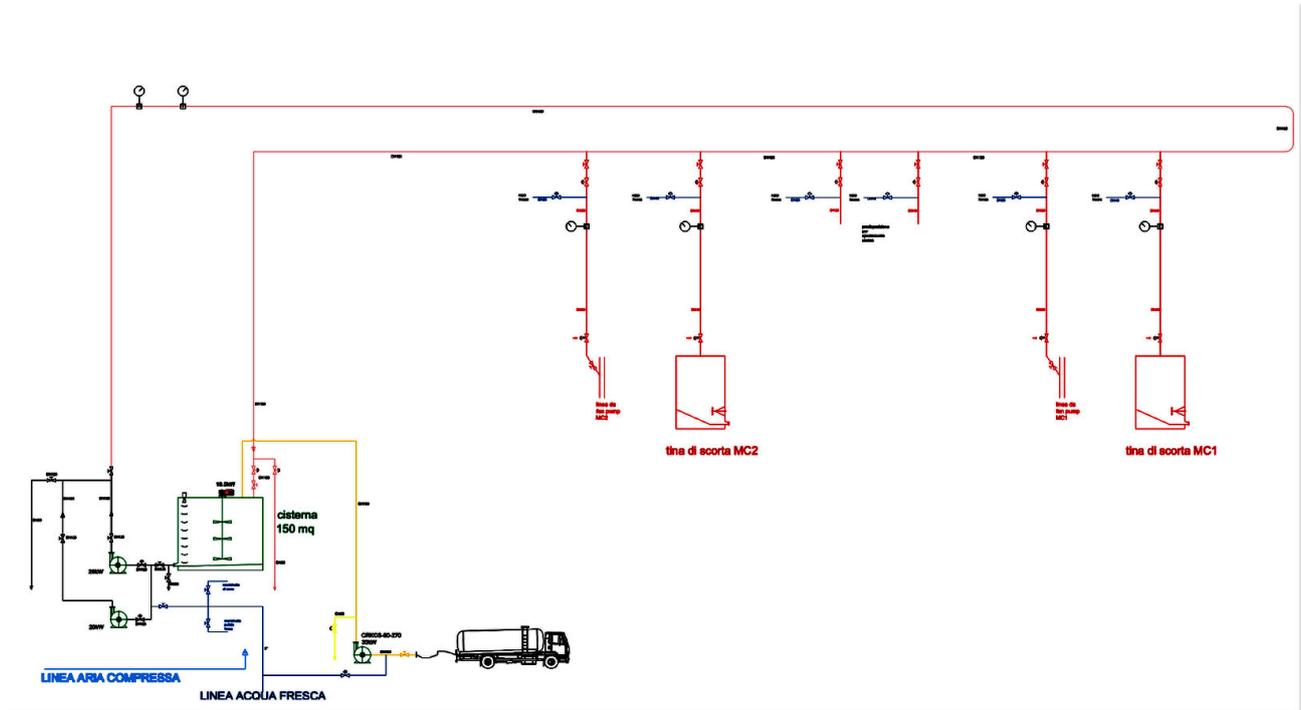
### FLWSHEET PM 1



*In questo schema si può osservare l'impianto dai pulper alla cassa d'afflusso con i punti di dosaggio dei vari prodotti e del carbonato.*

Nella normalità viene messo il carbonato in polvere al pulper, mentre tramite l'impianto del carbonato descritto prima viene disciolto nell'acqua e poi dosato in testa macchina.

Con la nuova soluzione basterebbe avere un silos di stoccaggio dello stesso carbonato già sotto forma slurry e dosare direttamente il carbonato in Tina di scorta e in testa macchina, come in questo schema del nuovo impianto del carbonato.

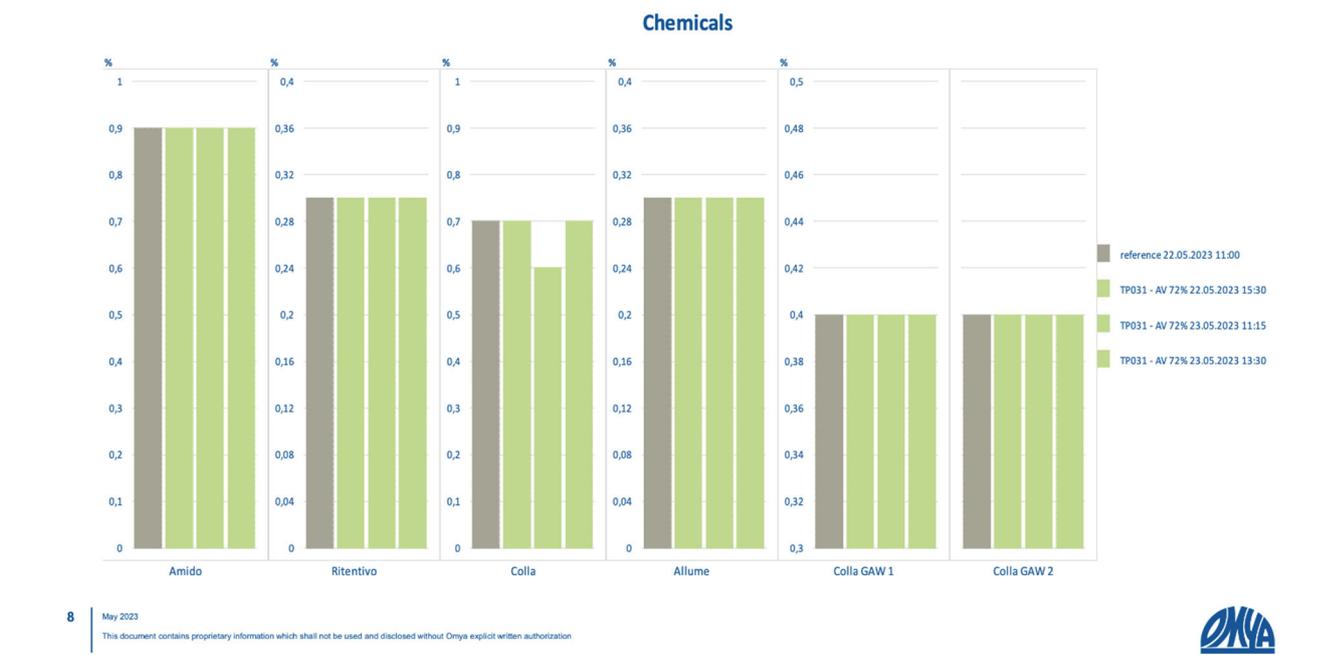
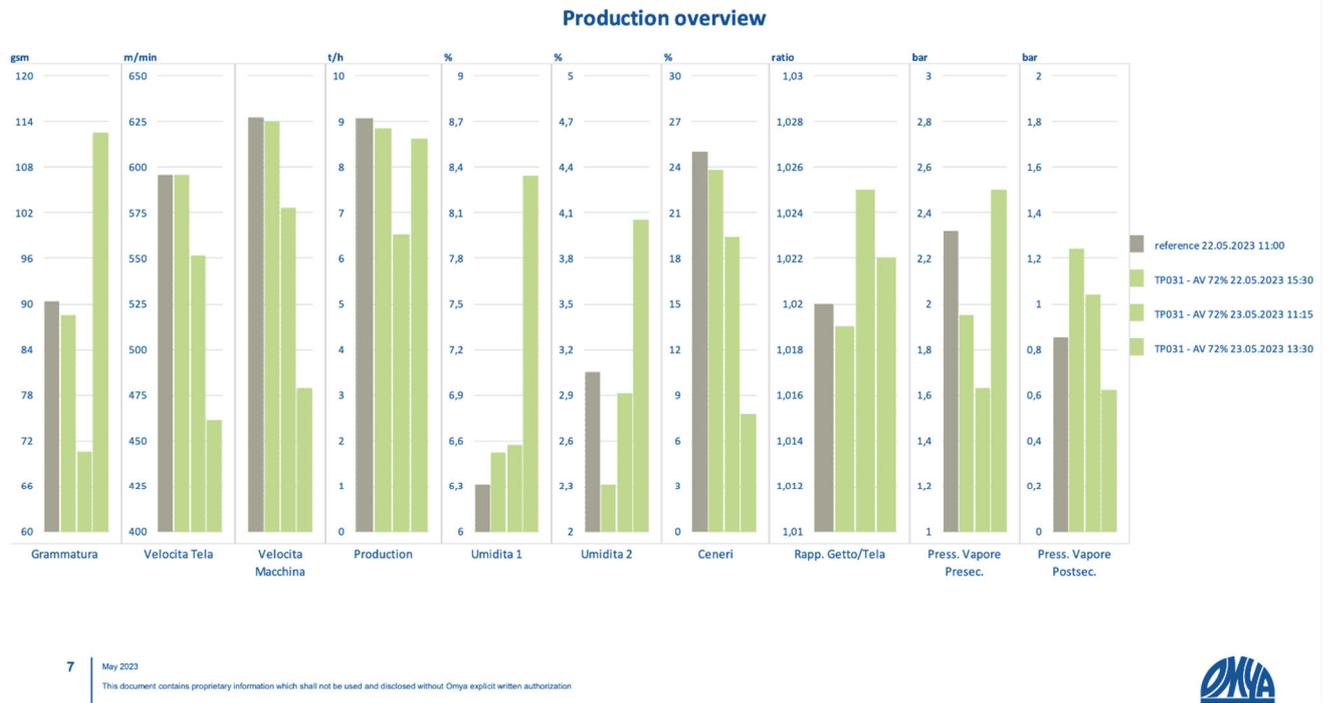


### 4.3 PROVE

<b>Misure, sondaggio del sistema.</b>	<b>Prove di Laboratorio</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Ritenzione</b></li><li>• <b>PH</b></li><li>• <b>Temperatura</b></li><li>• <b>Conduttività</b></li><li>• <b>Alcalinità</b></li><li>• <b>Durezza dell'Acqua (°dh)</b></li><li>• <b>Torbidità (carico dovuto a materiale fine / colloidale)</b></li><li>• <b>SCD (domanda cationica)</b></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Ritenzione, testa macchina, WW 1</b></li><li>• <b>Contenuto di CaCO<sub>3</sub> e argilla</b></li><li>• <b>Consistenza</b></li><li>• <b>Campioni di carta</b></li><li>• <b>Contenuto di ceneri</b></li><li>• <b>Proprietà della carta</b></li></ul>

**IMPORTANTE: NEI GRAFICI A SEGUIRE CI CONCENTREREMO SOLO SULLA PRIMA PARTE (SINISTRA) DI OGNI GRAFICO, ESSENDO RIFERIMENTI DI ALTRE GRAMMATURE I DATI DELLA PARTE DESTRA DEI GRAFICI.**

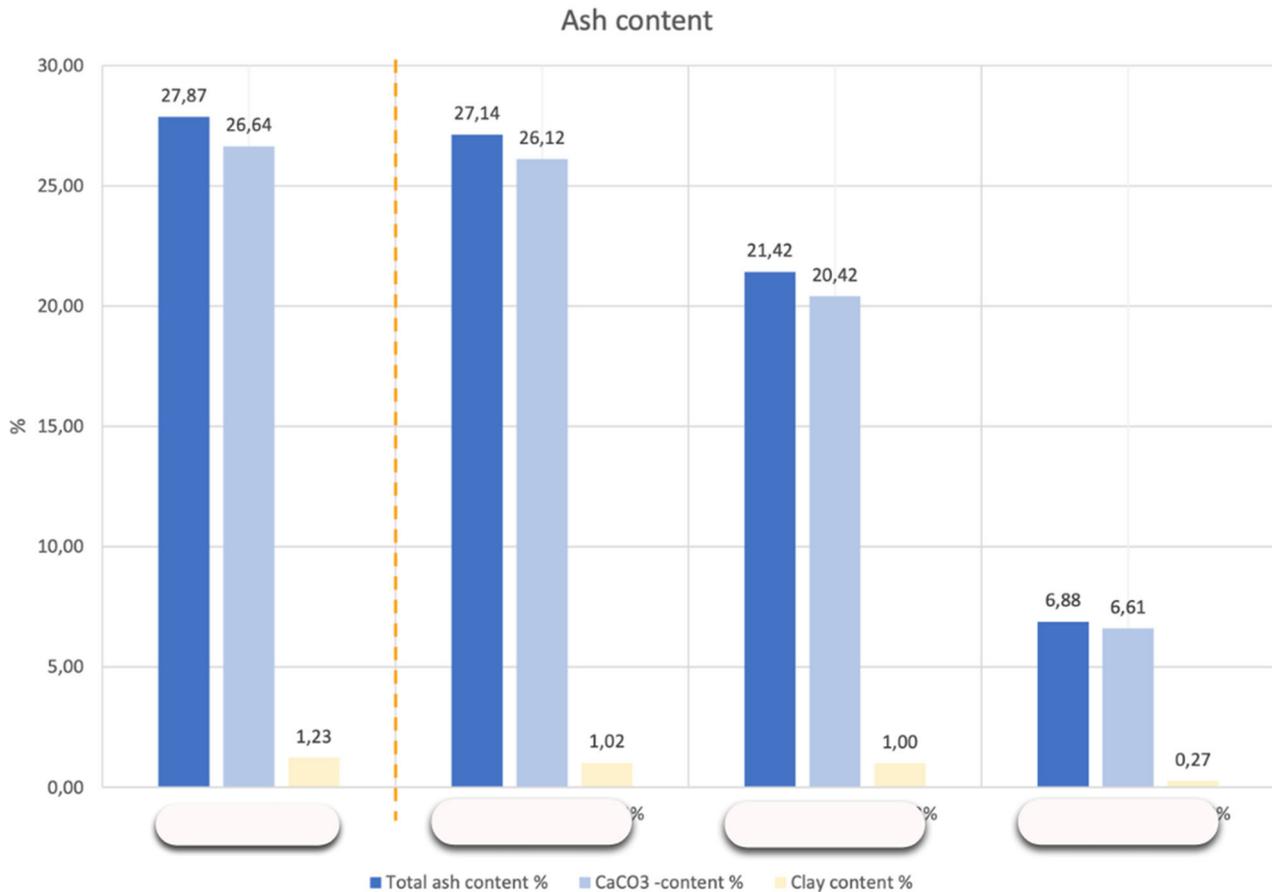
# Dati di Produzione:



## Dosaggio Filler e Contenuto di Ceneri:

CARTIERA FEDRIGONI VARONE

# Total ash content



May 2023

This document contains proprietary information which shall not be used and disclosed without Omya explicit written authorization

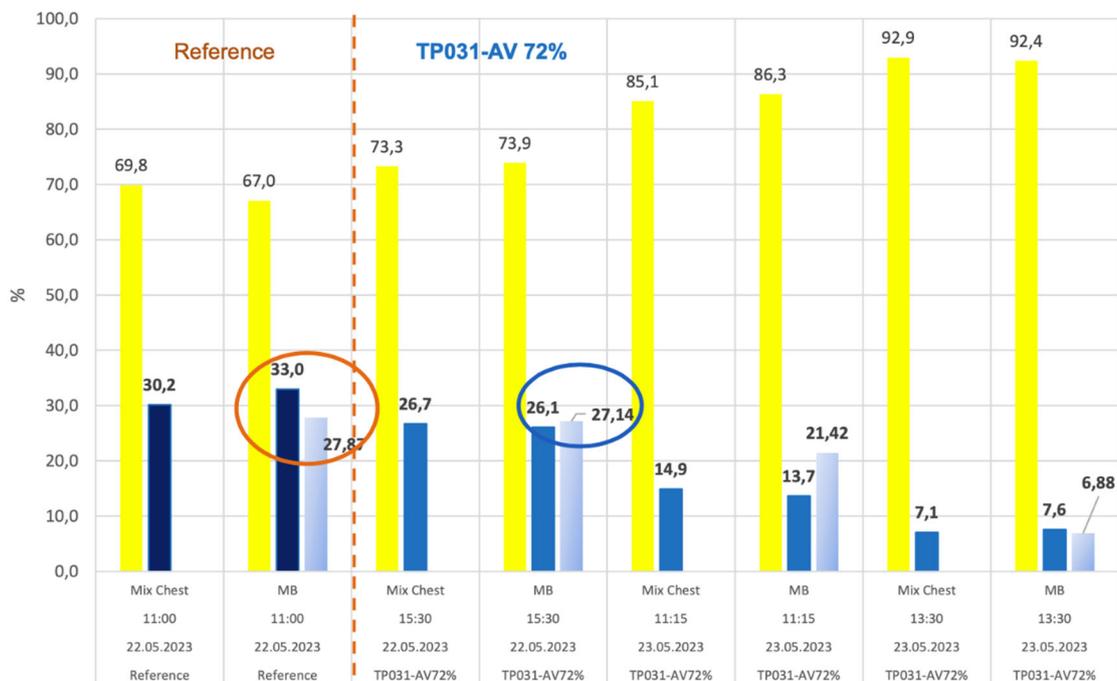
**Contenuto totale di ceneri circa 27% una piccola differenza del 0.5% in meno tra il riferimento e TP031-AV72% Il contenuto di ceneri è stato ottenuto con il dosaggio calcolato di TP031-AV 72%**

# Tina Macchina ash content vs. paper

CARTIERA  
FEDRIGONI  
VARONE

Macchina tina

■ % Fiber content ■ % Filler content ■ Ash content PM %



12

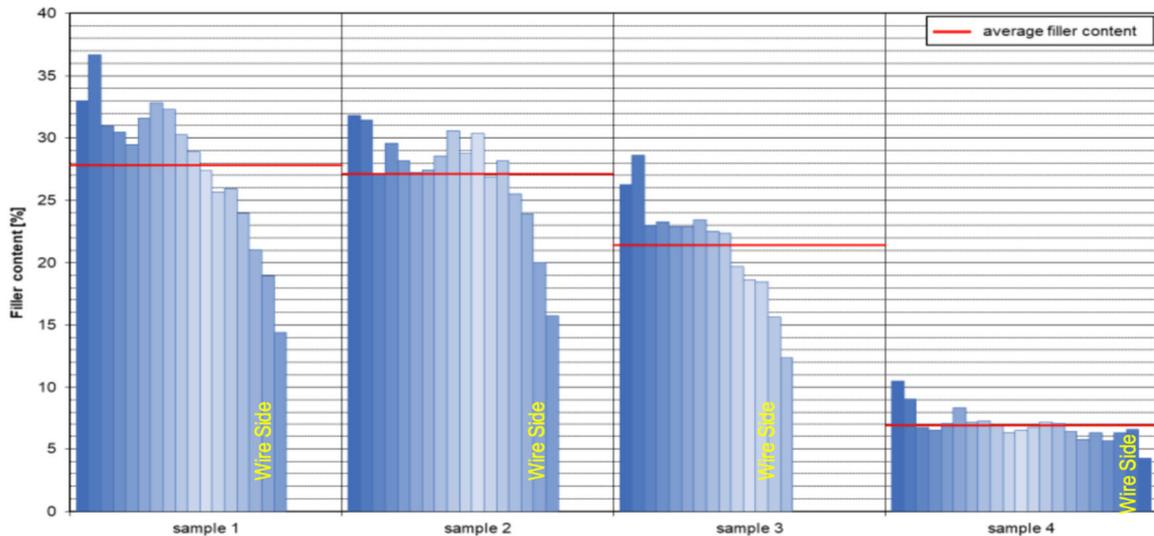
May 2023

This document contains proprietary information which shall not be used and disclosed without Omya explicit written authorization

**Con TP031-AV 72%, è stato riscontrato lo stesso contenuto di ceneri nella Tina Macchina come nella carta - il che corrisponde a una buona ritenzione del filler. Il contenuto di ceneri è stato ottenuto con il dosaggio calcolato di TP031-AV 72%. Questo grazie soprattutto alla uniformità della dimensione delle particelle, quindi più ritenzione.**

## Filler distribution

Filler distribution in z-direction



Filler content %	27,9	27,1	21,4	6,9
Average layer thickness [µm]	5.5 ± 0.4	5.6 ± 0.4	5.7 ± 0.5	6.0 ± 0.5

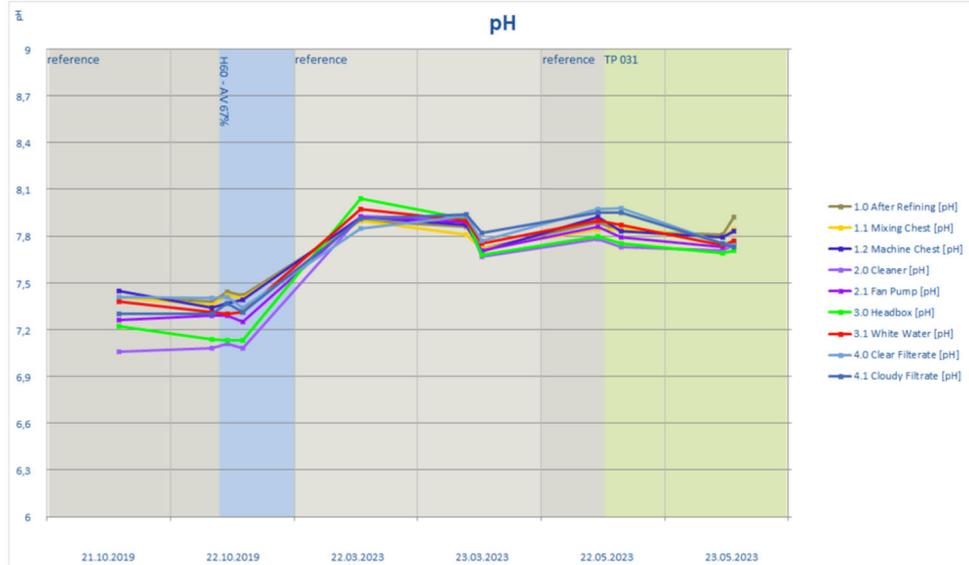
**Il contenuto di filler più basso si trova sul lato tela (primi elementi di disidratazione).**

**Questo è un profilo tipico per una macchina continua Fourdrinier.**

**Il campione 4, con un basso contenuto di ceneri, mostra un profilo uniforme.**

## RISULTATI RILEVAMENTO DELLA PARTE UMIDA:

TRIAL TP031-AV72%



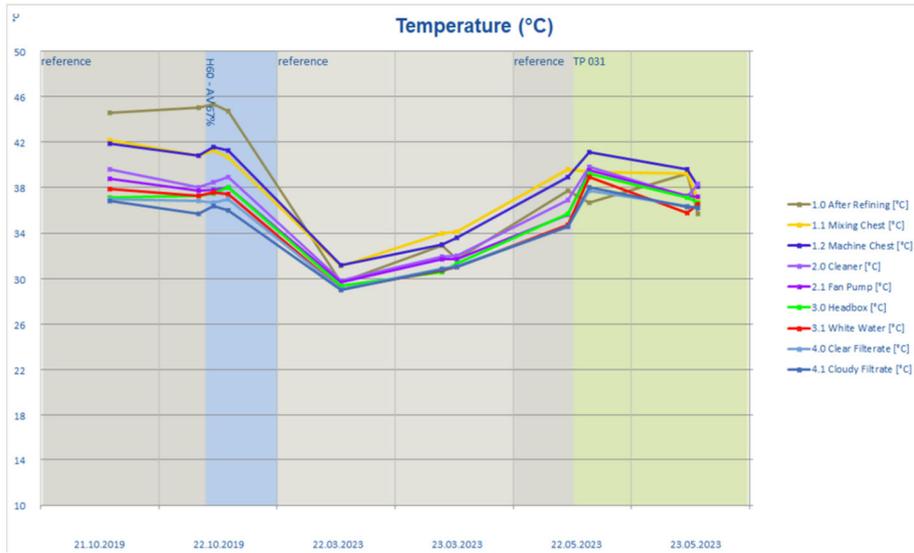
17 pH in unchanged

May 2023

This document contains proprietary information which shall not be used and disclosed without Onya explicit written authorization



**Ph Invariato.**



Seasonal temperature change

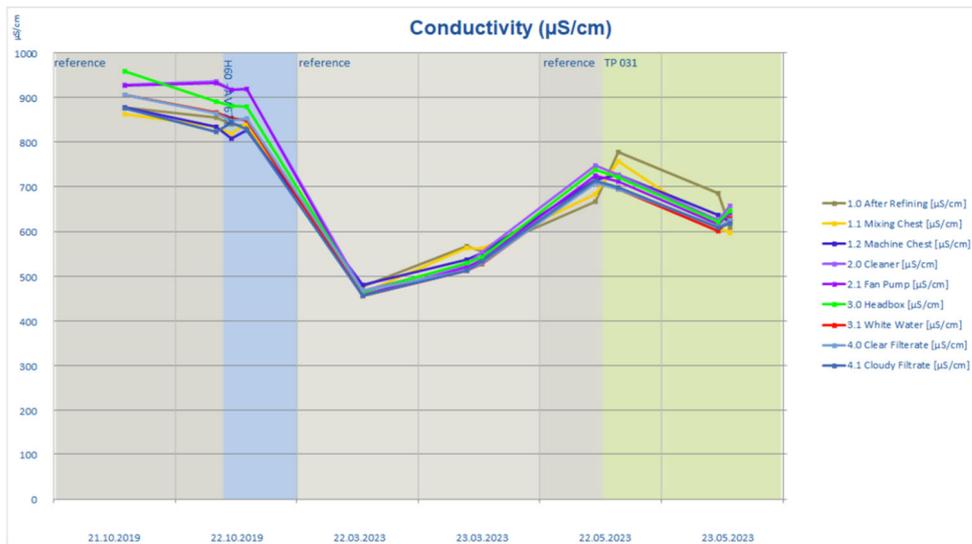
18

May 2023

This document contains proprietary information which shall not be used and disclosed without Omnia explicit written authorization



## Variazione di temperatura stagionale.



Slightly lower with TP031-AV 72%

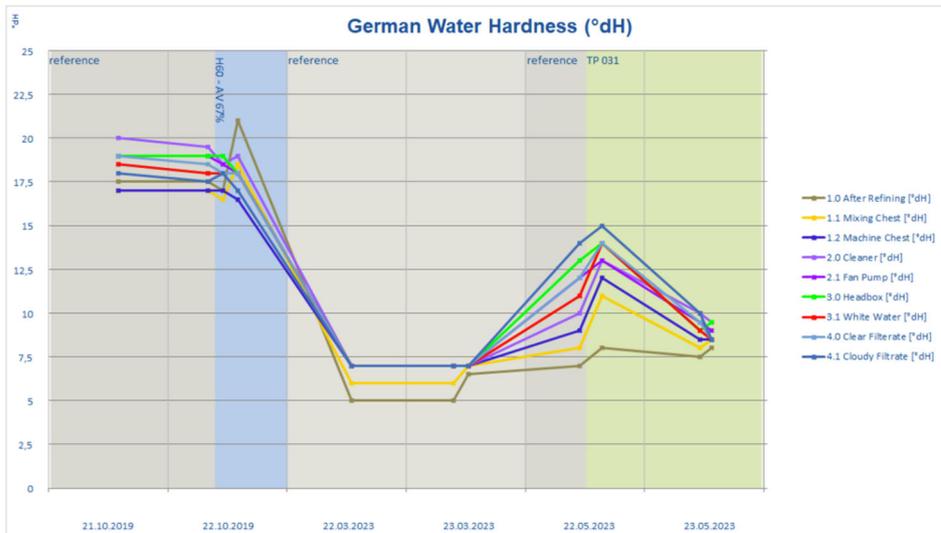
19

May 2023

This document contains proprietary information which shall not be used and disclosed without Omnia explicit written authorization



## Leggermente più bassa con TP031-AV 72%.



After start-up, the hardness increased, but with the saturation of the system, the hardness decreased again

20

May 2023

This document contains proprietary information which shall not be used and disclosed without Onys explicit written authorization



**Dopo l'avvio, la durezza è aumentata, ma con la saturazione del sistema, la durezza è nuovamente diminuita. Alcalinità: flocculazione normale.**



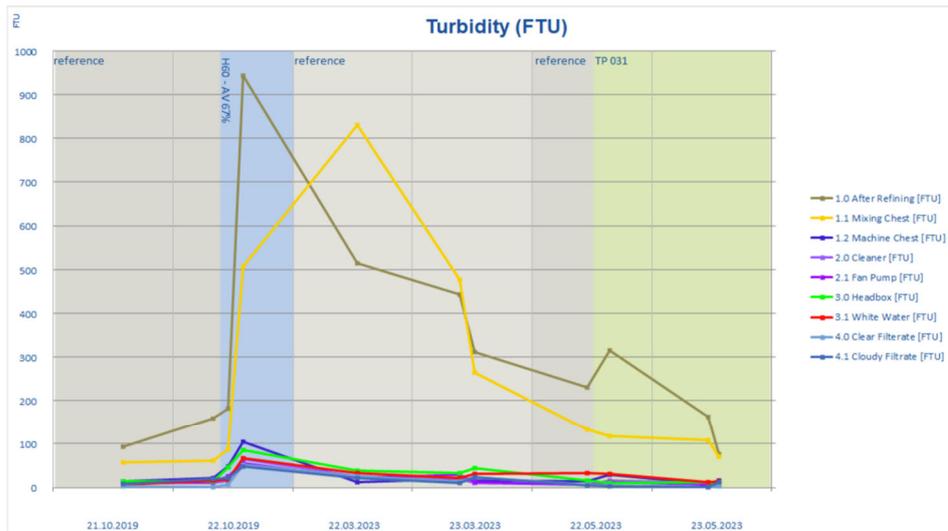
Normal fluctuations

22

May 2023

This document contains proprietary information which shall not be used and disclosed without Onys explicit written authorization





■ **Unchanged**

23

May 2023

This document contains proprietary information which shall not be used and disclosed without Onya explicit written authorization



### Torbidity Invariata - Carica anionica invariata.



■ **Unchanged - the anionic charge is very close to zero, only some deviation in the pulp.**

25

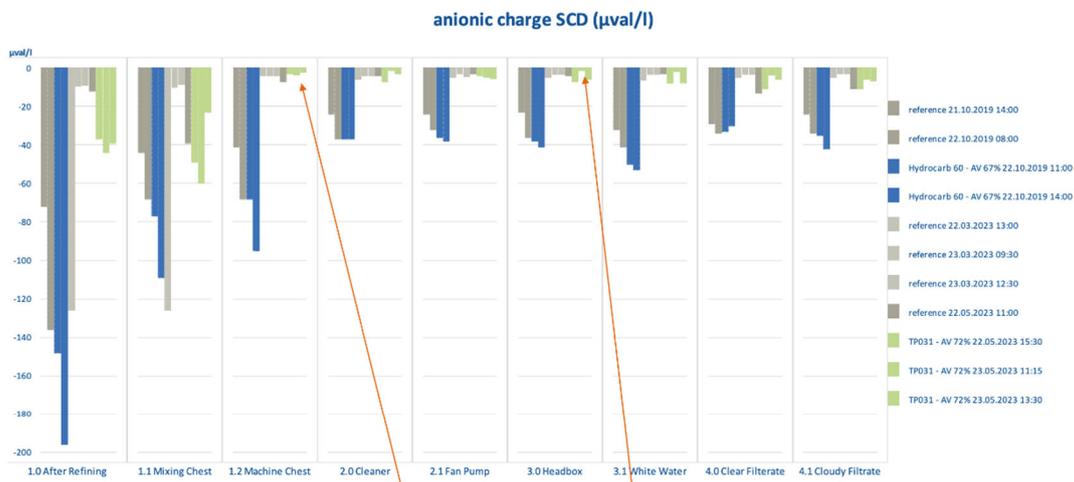
This document contains proprietary information which shall not be used and disclosed without Onya explicit written authorization



Questo grafico mostra che l'amido cationico e il sistema di ritenzione funzionano bene.



■ The retention and filler retention with TP031-AV72% and without FillerTek application is unchanged and stable.



■ This graphic show that the cat. starch and that the retention system works well.

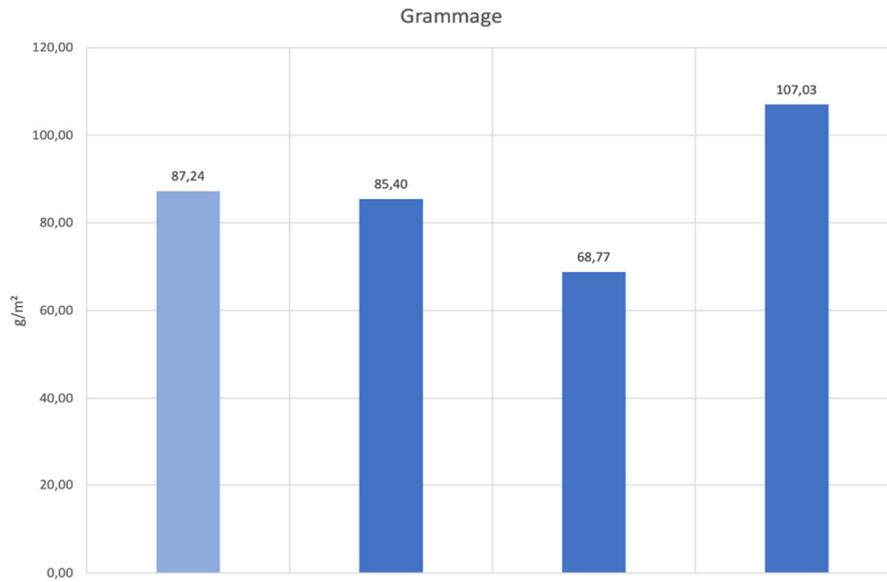


La ritenzione del Filler con TP031-AV72% e senza applicazione di FillerTek è invariata e stabile.

## Risultati qualità della carta:

CARTIERA FEDRIGONI VARONE

### Grammage [gsm]

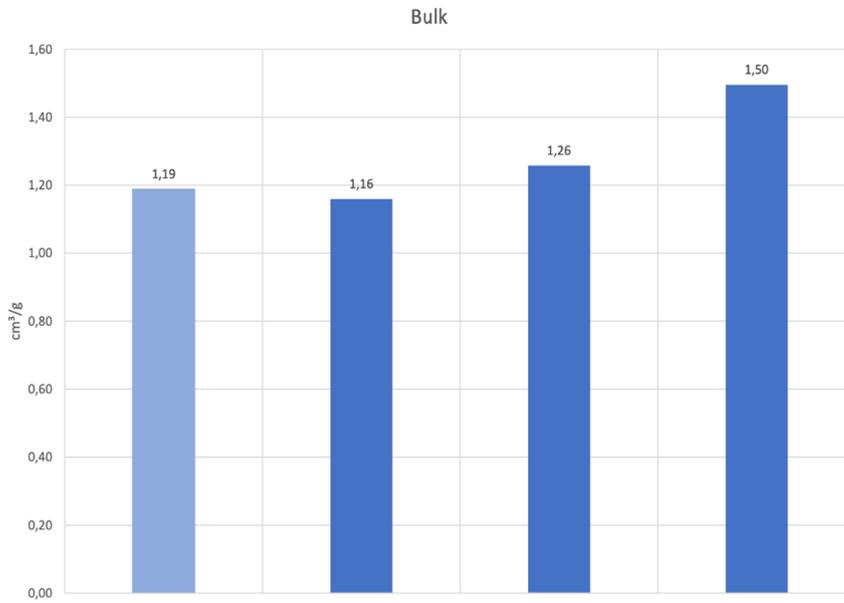


**Grammatura dipende dal target, ma rimane molto costante.**

## Bulk ed Opacità rimangono quasi invariati.

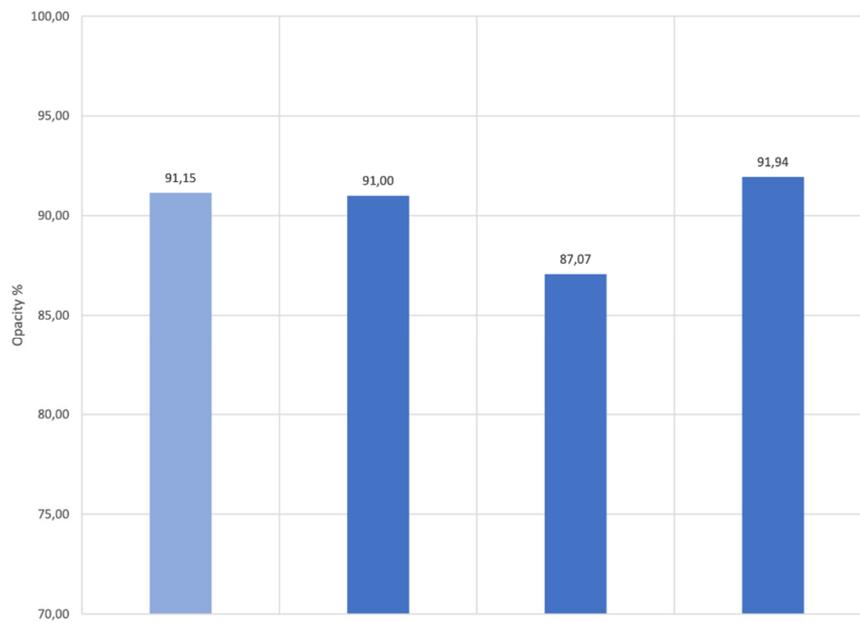
CARTIERA FEDRIGONI VARONE

### Bulk



CARTIERA FEDRIGONI VARONE

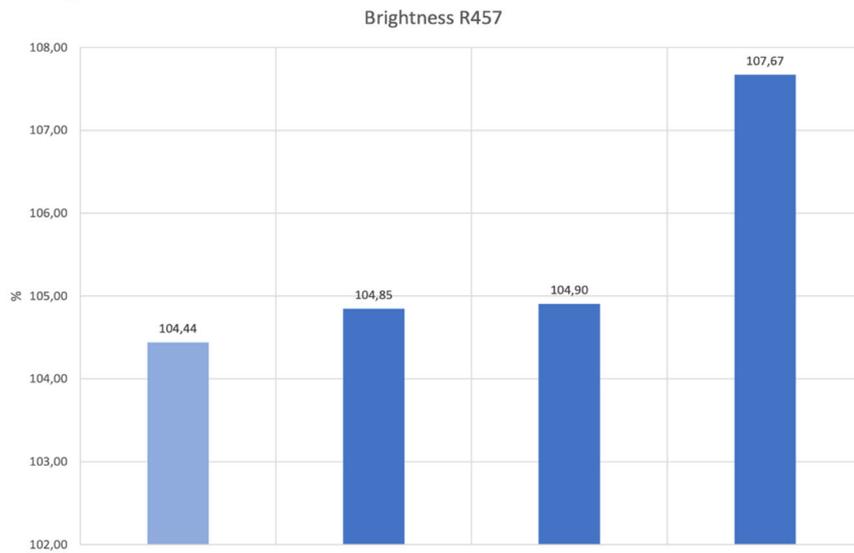
### Calculated opacity



## Stessa luminosità con minore consumo di OBA.

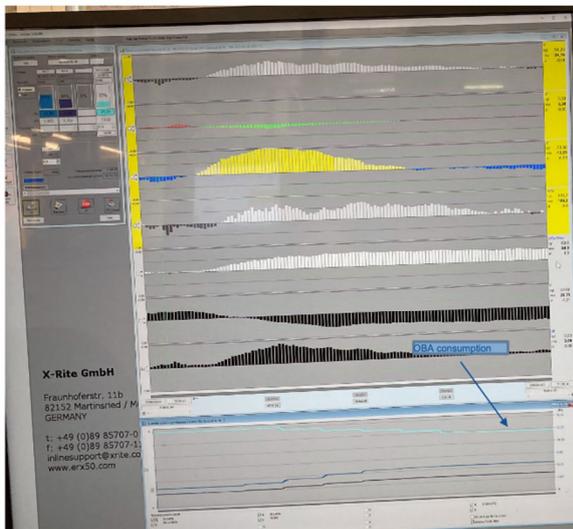
CARTIERA FEDRIGONI VARONE

### Brightness R457

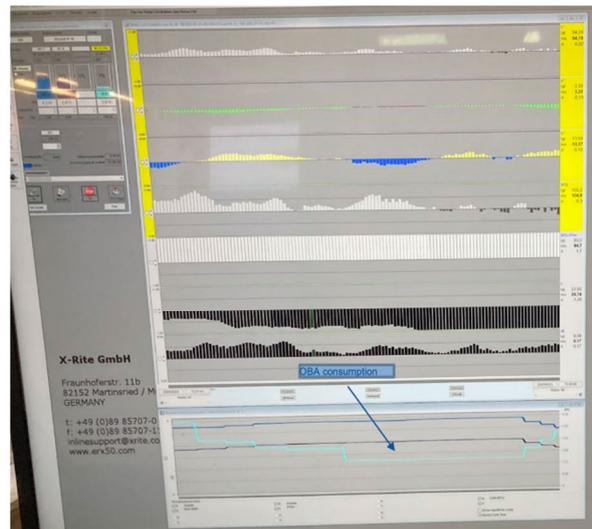


CARTIERA FEDRIGONI VARONE

### Brightness data



Reference

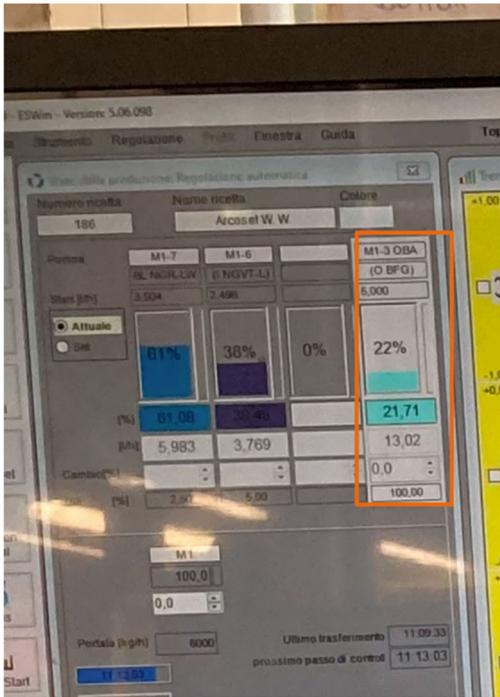


TP031-AV72%

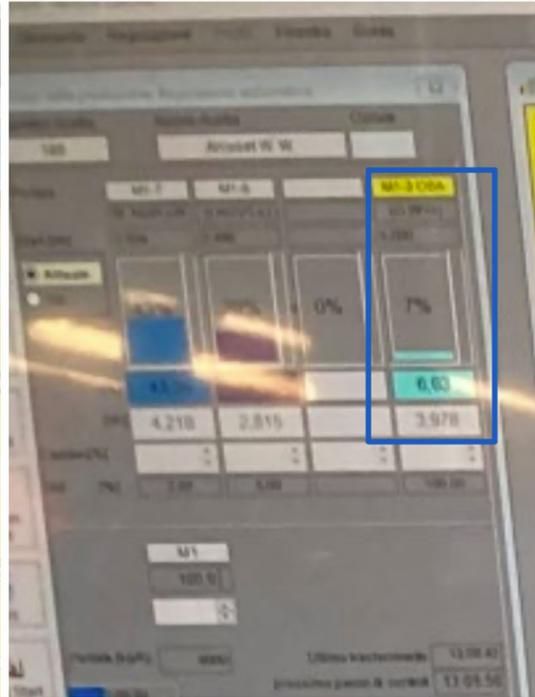
# Differenza consumo OBA.

CARTIERA FEDRIGONI VARONE

## OBA consumption



Reference

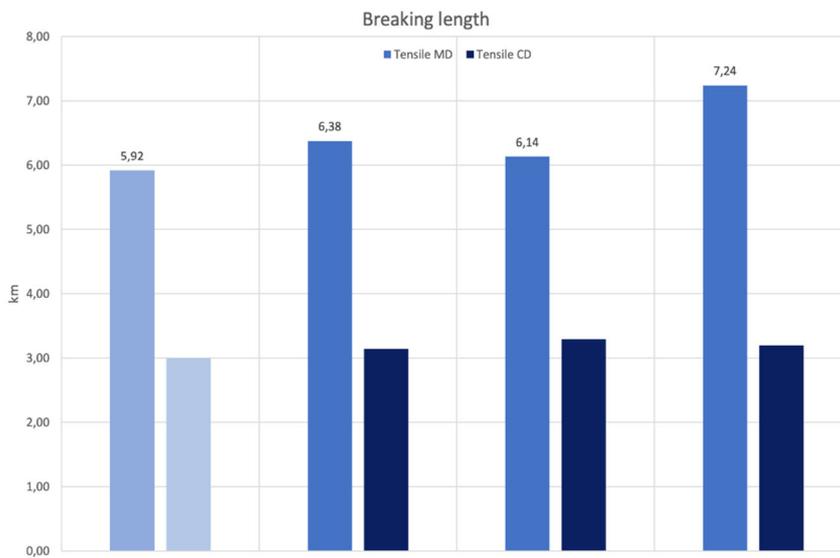


TP031-AV72%

**Proprietà meccaniche leggermente superiori.  
Nessuna differenza nel liscio, bassa bilateralità.**

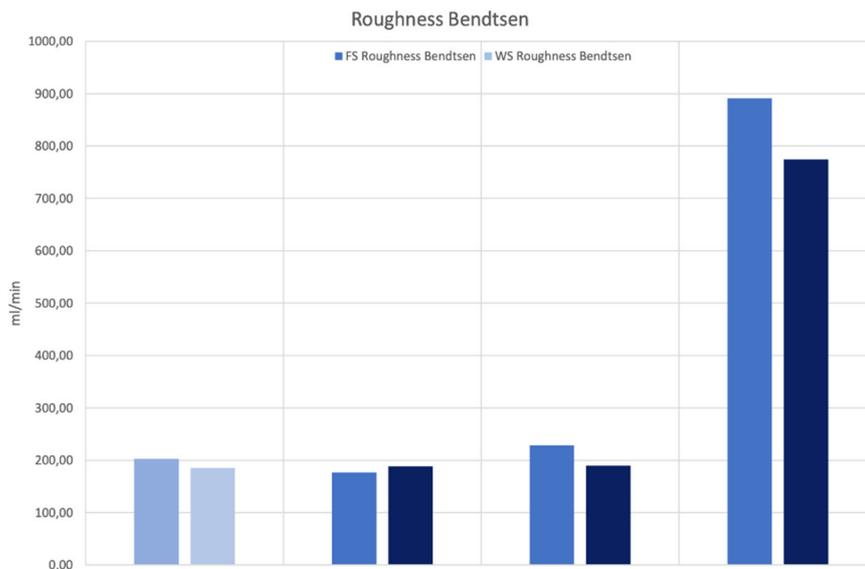
CARTIERA FEDRIGONI VARONE

## Breaking length



CARTIERA FEDRIGONI VARONE

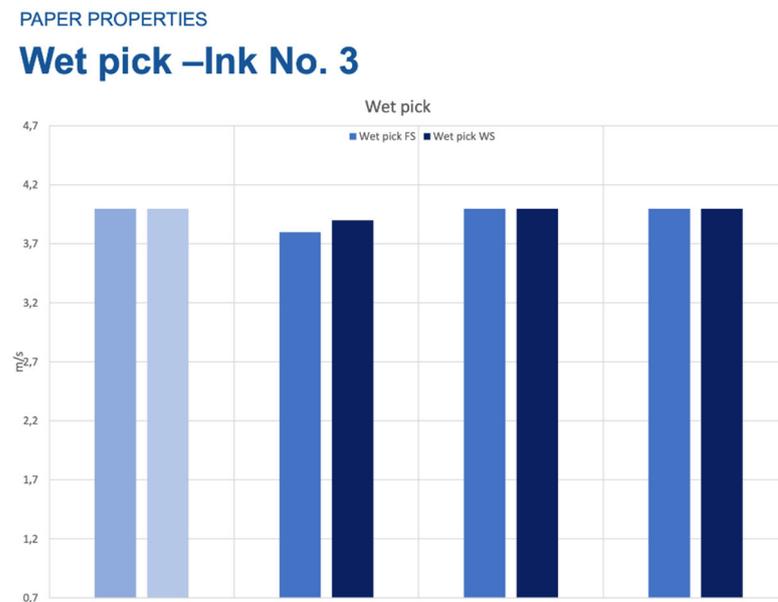
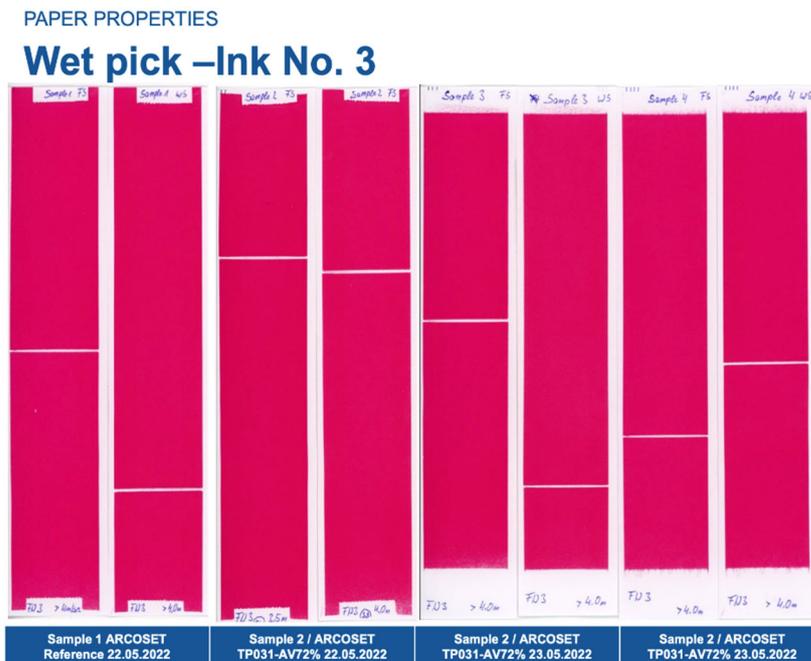
## Roughness Bendtsen [ml/min]



Proprietà di stampa:

Valori molto alti misurati, l'inchiostro NO. 3 ha elevata adesione.

Nessuna differenza significativa tra i campioni, tutti campioni ad un livello elevato.



## 5. CONCLUSIONI E RITORNO ECONOMICO

### Conclusioni:

Ricapitolando, da questa tesi si possono trarre queste molteplici conclusioni positive riguardo l'esito di questa prova:

- TP031-AV72% si è dimostrato di essere equivalente alla polvere.
- TP 031-AV 72% ha migliorato la qualità della carta finale (ad esempio, luminosità, opacità, proprietà meccaniche), allineandosi ad altri prodotti simili, per allinearsi ad altri tipi di carte all'interno di Fedrigoni.
- Il punto di aggiunta della carica è stato spostato dal pulper alla Tina di scorta della macchina e sulla fun-pump per una regolazione più fine, ci consente anche in caso di rottura di passare la coda in modo più semplice regolando al momento la portata di carbonato.
- Questo migliora la flessibilità del processo per contenuti di carica più elevati, che offre un potenziale risparmio sui costi grazie alla sostituzione della pasta di cellulosa.
- Si è ottenuta la stessa ritenzione senza uso di additivi (polimero)
- Grazie allo spostamento del punto di aggiunta delle cariche, si può prospettare un ulteriore allungamento della vita dei dischi di raffinazione di almeno il 15%.
- Aumento del contenuto di ceneri Questo migliora la flessibilità del processo per un contenuto di cariche più elevato che offre un potenziale risparmio sui costi grazie alla sostituzione della pasta, aumento del riempimento fino al 3% = Sostituzione fino al 3% delle fibre. Vista la ottima ritenzione si può aumentare il contenuto di ceneri, con conseguente riduzione di cellulosa e minor consumo di vapore.
- Riduzione del 50% di consumo di OBA e maggior solidità alla luce del prodotto.
- Aumento di produzione.

## Ritorno Economico:

La sostituzione del filler tradizionale con alternative più economiche e sostenibili nell'impasto per la produzione di carta rappresenta un'opportunità significativa per migliorare l'efficienza economica del processo. Attraverso una prova di sostituzione mirata, è possibile valutare non solo l'impatto sulla qualità del prodotto finale, ma anche i vantaggi finanziari derivanti da questa transizione. Nel seguente paragrafo, esploreremo il ritorno economico emerso da tale prova, analizzando i costi e i benefici associati a questa strategia innovativa.

Analizzando un supporto bianco di grammatura 90gr e una produzione di 8,4 T/h. Nell'impasto di queste 8,4 T, il 30% (2,5 T) è costituito dalla carica minerale, l'utilizzo di questa alternativa può portare i seguenti vantaggi:

- **Costo carbonato:** polvere - slurry                      Euro 95,50 / T - euro 119 / T = - **23,50 euro**
- **Costo Polimero:** non utilizzato                      Euro 5,70 / Kg = **48 euro**
- **Costo Fibra Lunga:** risparmio 1,5%                      Euro 805 / T = **12,07 euro**
- **Costo Fibra Corta:** risparmio 1,5%                      Euro 780 / T = **11,70 euro**
- **Costo OBA:** riduzione del 50%                      Euro 3,30 / L = **29,80 euro**

**Totale Risparmiato su 8,4 T/h                                      Euro 78,07**

Supponendo per fare un esempio una giornata lavorativa intera di produzione, si può vanteggiare di un importante risparmio economico di **1873,68 Euro**.

Supponiamo ancora che questo prodotto venga fatto per 30 giorni consecutivi, il risparmio sarà di circa già **56.210,40 Euro**.

Affiancandoci il fatto che la vita dei dischi di raffinazione si allungherà di circa il **15%**, possiamo a logica che in poco meno di 2 anni si potrà già risparmiare su un cambio dei dischi dovuto all'usura, e constatando il costo dell'utensile si ricava un buon ritorno economico.

## **6. RINGRAZIAMENTI**

Desidero esprimere la mia profonda gratitudine alla Fedrigoni, in particolare Clauser Nicola, capo reparto della fabbricazione di Varone, per aver reso possibile la mia partecipazione a questo corso, che ha ampliato significativamente le mie conoscenze nel vasto mondo della carta. Un ringraziamento speciale va al docente Paolo Zaninelli, la cui competenza e dedizione hanno reso ogni lezione preziosa e stimolante. Vorrei inoltre ringraziare calorosamente tutti i miei compagni di corso, con i quali ho condiviso idee, esperienze e sfide, contribuendo così alla mia crescita professionale e personale. Infine, desidero esprimere la mia gratitudine alla Omya per aver reso disponibili le loro ricerche, che hanno arricchito ulteriormente il mio apprendimento e la mia comprensione del settore, oltre che a permettermi di impostare questa tesi nel migliore dei modi.

## **7. BIBLIOGRAFIA**

Materiale 29° corso cartari  
Ricerche prova Omya