

XXVI corso di Tecnologia per Tecnici Cartari  
edizione 2019/2020

# **Essiccatoio a tappeto mobile**

***di Rovatti Luca***



**Scuola Interregionale  
di tecnologia per tecnici Cartari**

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

# INDICE

## **1 - INTRODUZIONE**

1.1 - Stabilimento PM3 (SACI S.P.A.)

## **2 - DEPURAZIONE ACQUE IN PM3**

2.1 - COD, BOD ed inquinanti

2.2 - Parametri di legge

2.3 - Fasi trattamento del refluo

- *Sgrigliatore*

- *Cono sedimentatore*

- *Equalizzatore*

- *Trattamento biologico*

- *Chiarificatore*

- *Pressa fanghi*

## **3 - ESSICCATOIO**

3.1 - Alimentazione

3.2 - Corpo essiccatoio e flusso d'aria

3.3 - Sistema di scarico

3.4 - Abbattimento a due stadi

## **4 - SMALTIMENTO FANGHI**

## **5 - VANTAGGI ESSICCATOIO**

5.1 - Risparmio economico smaltimento

## **6 - BIBLIOGRAFIA**



# 1. INTRODUZIONE

In questo elaborato verrà spiegato il funzionamento dell'essiccatoio a tappeto mobile della ditta Scolari Srl ed il vantaggio che un'essiccazione molto spinta ha portato nel trattamento dei fanghi di cartiera.

Per una panoramica completa sarà inoltre necessario esporre brevemente come viene gestito l'impianto di depurazione delle acque nella cartiera PM3.

Per ultimo, ma non meno importante, si analizzerà l'effettivo risparmio economico ottenuto nello smaltimento dei fanghi.

## 1.1 STABILIMENTO PM3



Lo stabilimento PM3, con sede a Carmignano di Brenta (PD), venne costruito a metà del secolo scorso dal “Gruppo Cariolaro” per la produzione di carta bianca da stampa disinchiostrata. Questo gruppo, era specializzato nella produzione di carte ecologiche riciclate per stampa offset e roto-offset. Con il passare degli anni, per necessità del mercato, si cominciò a produrre anche carte kraft riciclate, studiate per la produzione di shopper.

Nel 2012, a seguito della crisi economica, la cartiera passa di mano diventando la “Cartiera Carmenta”; il cambio di proprietà lascia, però, inalterata la tipologia di carte prodotte.

Dal 2014 la cartiera ritorna ad avere un periodo di crescita grazie al subentro del “Gruppo SACI” di Verona. Con l'arrivo del nuovo proprietario la cartiera cambia nuovamente nome diventando “PM3”, ma cambia anche la tipologia di produzione che diventa principalmente per carte packaging, che vanno dal fluting, allo shopper fino ad arrivare alle carte speciali.

Lo stabilimento può attualmente contare su una macchina continua avente una lunghezza di 100 m, una larghezza (intesa come formato utile) di 240 cm e velocità massime, per determinati tipologie di grammature, che superano gli 850 m/min. Inoltre, la conformazione della macchina, permette la produzione di grammature che variano dai 40 g/m<sup>2</sup> ai 140 g/m<sup>2</sup>.

## 2. DEPURAZIONE ACQUE IN PM3

All'interno di una cartiera l'acqua è la materia principale in tutti i processi di lavorazione attraverso i quali subisce delle continue modifiche tra cui l'eliminazione dell'ossigeno, apporto di sostanze tossiche e batteri, variazioni continue di temperatura.

Il compito di un impianto di depurazione è quello di trattare le acque reflue portandole alle caratteristiche qualitative richieste dai parametri della legge visto che queste verranno poi rimesse nel territorio.

### 2.1 COD, BOD ED INQUINANTI

Le sostanze da eliminare si possono dividere in sedimentabili e non sedimentabili.

Le prime sono solide e più pesanti dell'acqua e perciò vanno facilmente a fondo.

Le sostanze non sedimentabili invece in parte galleggiano e in parte restano nel liquido disciolte o allo stato colloidale.

Affinché le sostanze organiche ed inorganiche possano essere ossidate è necessario conoscere la quantità di ossigeno da fornire all'acqua.

Sono stati creati pertanto dei parametri tra i quali:

- BOD (Domanda biochimica di ossigeno). Misuratore dell'ossigeno che viene consumato in numero giorni dai microrganismi per decomporre tramite l'ossidazione biologica le sostanze organiche presenti in un litro di acqua.  
La sua determinazione avviene in condizioni operative standardizzate pertanto assume validità principalmente come contributo di informazioni da integrarsi a quelle provenienti da altri parametri.
- COD (Domanda chimica di ossigeno). Il suo valore, espresso in milligrammi di ossigeno per litro, rappresenta la quantità di ossigeno necessaria per la completa ossidazione dei composti organici ed inorganici presenti in un campione di acqua. Rappresenta quindi un indice che misura il grado di inquinamento dell'acqua da parte di sostanze ossidabili principalmente organiche. Anche in questo caso il processo naturale di ossidazione viene simulato in laboratorio in condizioni standardizzate, facendo uso di ossidanti energici che risultino attivi sulla maggior parte delle sostanze organiche ed inorganiche.

## 2.2 PARAMETRI DI LEGGE

<b>Portata</b>	15 m <sup>3</sup> /giorno
<b>pH</b>	5,5 ÷ 9,5
<b>Temperatura</b>	30°C
<b>Colore</b>	Non percettibile con diluizione
<b>Materiali grossolani</b>	Assenti
<b>Solidi sospesi totali</b>	80 mg/l
<b>BOD</b>	40 mg/l
<b>COD</b>	160 mg/l
<b>Fosforo totale</b>	10 mg/l
<b>Azoto nitrico</b>	10 mg/l
<b>Azoto ammoniacale</b>	15 mg/l
<b>Azoto nitroso</b>	0,6 mg/l

## 2.3 FASI TRATTAMENTO DEL REFLUO

### *SGRIGLIATORE*

È il primo trattamento che si applica all'impianto di depurazione; viene utilizzato per l'eliminazione di solidi quali carta, plastiche, pezzi di legno ecc.

La grigliatura si ottiene facendo passare l'acqua attraverso una parte fissa composta da una serie di sbarre che ostacolano il passaggio a questi materiali.

La pulizia della griglia avviene mediante l'utilizzo di un rastrello dentato che va ad eliminare i materiali sopra elencati.

Gli scarti di grigliatura vengono così raccolti per essere smaltiti.

### *CONO SEDIMENTATORE*

La sedimentazione primaria consiste in una vasca nella quale si attua la decantazione per la separazione dei solidi sospesi sedimentabili.

Per aiutare questo si aggiunge un flocculante per creare il "fiocco", unire fibre e colloidali in modo da appesantirli e permettere che si depositino sul fondo.

Dal processo di coagulazione si ottengono coaguli caratterizzati da peso e dimensioni insufficienti per ottenere una sedimentazione rapida e completa; per questo motivo si rende necessaria l'aggiunta di un agente flocculante.

Questa sostanza permette, mediante assorbimento, la creazione di fiocchi di dimensioni e peso molto elevati che sedimentano facilmente.

L'acqua che alimenta il cono sedimentatore dovrà avere una portata molto controllata poiché, qualora esca troppo in fretta, gli inquinanti non avranno il tempo di depositarsi ma proseguirebbero con l'acqua.

L'eccesso di portata viene inviato ad un sedimentatore adiacente e rimessa in circolo all'inizio del ciclo cioè prima dello sgrigliatore.

Dal cono sedimentatore principale una piccola quantità d'acqua viene già inviata alla vasca di trattamento biologico, mentre la maggior parte avanza sino ad un trommel che elimina i residui fini ancora presenti.

## *EQUALIZZATORE*

L'equalizzatore è collocato a valle degli altri pretrattamenti ed è alimentato dall'intera portata da trattare. In questa vasca vengono aggiunti urea ed acido fosforico.

Il fine è quello di garantire ai successivi trattamenti di depurazione una portata e un carico organico sufficientemente costanti.

Durante lo stazionamento nella vasca il refluo subisce un energico trattamento di agitazione che garantisce l'omogeneizzazione del liquame.

In questa fase avviene inoltre anche un processo di aerazione per impedire l'instaurarsi di condizioni settiche.

## *TRATTAMENTO BIOLOGICO*

Nel trattamento biologico si utilizzano culture di microrganismi, in prevalenza batteri di diversa specie, la cui funzione è quella di decomporre le sostanze organiche in prodotti finali non nocivi.

Queste trasformazioni possono avvenire sia in ambiente aerobico che anaerobico.

Quelli aerobici utilizzano l'ossigeno disciolto nell'acqua o fornito artificialmente, in maniera tale da ottenere condizioni favorevoli a mantenere in vita i microrganismi ed a garantire anche la migliore attività degli stessi.

I processi anaerobici, invece, hanno la particolarità di avvenire in ambienti privi di ossigeno, utilizzando l'energia liberata dall'ossidazione di prodotti inorganici.

Nella cartiera PM3 il trattamento biologico avviene in un ambiente aerobico.

Inizialmente venivano utilizzate due vasche in parallelo, ma in seguito a varie prove e valutazioni si è giunti alla conclusione che per ottimizzarlo era necessario porle in serie.

La scelta di lavorare in questo modo è da ricercarsi principalmente nella diversa conformazione e dimensione delle vasche a disposizione.

Questi processi producono una quantità di materiale biologico flocculato che rimane disperso nel liquido da trattare (fanghi) che deve essere il più omogeneo possibile per essere in seguito smaltito adeguatamente.

Per mantenere questa massa sempre attiva ed utilizzabile è inoltre molto importante che il livello di ossigeno non scenda mai sotto determinati parametri che altrimenti comprometterebbe il corretto funzionamento del sistema di depurazione.

## *CHIARIFICATORE*

È un impianto che serve per separare le parti sedimentali contenute nell'acqua facendole precipitare sul fondo.

Viene dosato del policloruro di alluminio (PAC) che ha lo scopo di coagulare i solidi contenuti formando dei microflocchi.

Inoltre viene dosato anche un polimero anionico con lo scopo di raccogliere i flocchi formati dal PAC formando dei grossi flocchi pesanti che tenderanno ad andare a fondo.

Da qui una parte viene estratta ed inviata alla pressa fanghi ed una parte viene recuperata per essere inviata nuovamente all'equalizzatore.

L'acqua invece, privata dalle parti pesanti, stramazza sul bordo esterno e per gravità va al pozzetto di raccolta.

## *PRESSA FANGHI*

I fanghi arrivano alla pressa fanghi da diversi punti dell'impianto:

- cono sedimentatore
- chiarificatore
- superficie del chiarificatore
- sedimentatore ausiliario

Si tratta di una pressa a vite che schiaccia il fango disidratandolo e riducendolo ad un valore di secco di 13-20%. L'additivo di un polimero cationico, migliora la funzione di flocculazione durante tutto il processo.

L'acqua in eccesso eliminata nella lavorazione viene poi rimessa in circolo ad inizio ciclo prima dello sgrigliatore.

Sino al 2019 i fanghi in uscita dalla pressa venivano trasportati direttamente alla zona di stoccaggio prima di essere prelevati per lo smaltimento.

Attualmente vengono invece inviati ad un essiccatoio permettendo di raggiungere percentuali di secco fino al 98%.

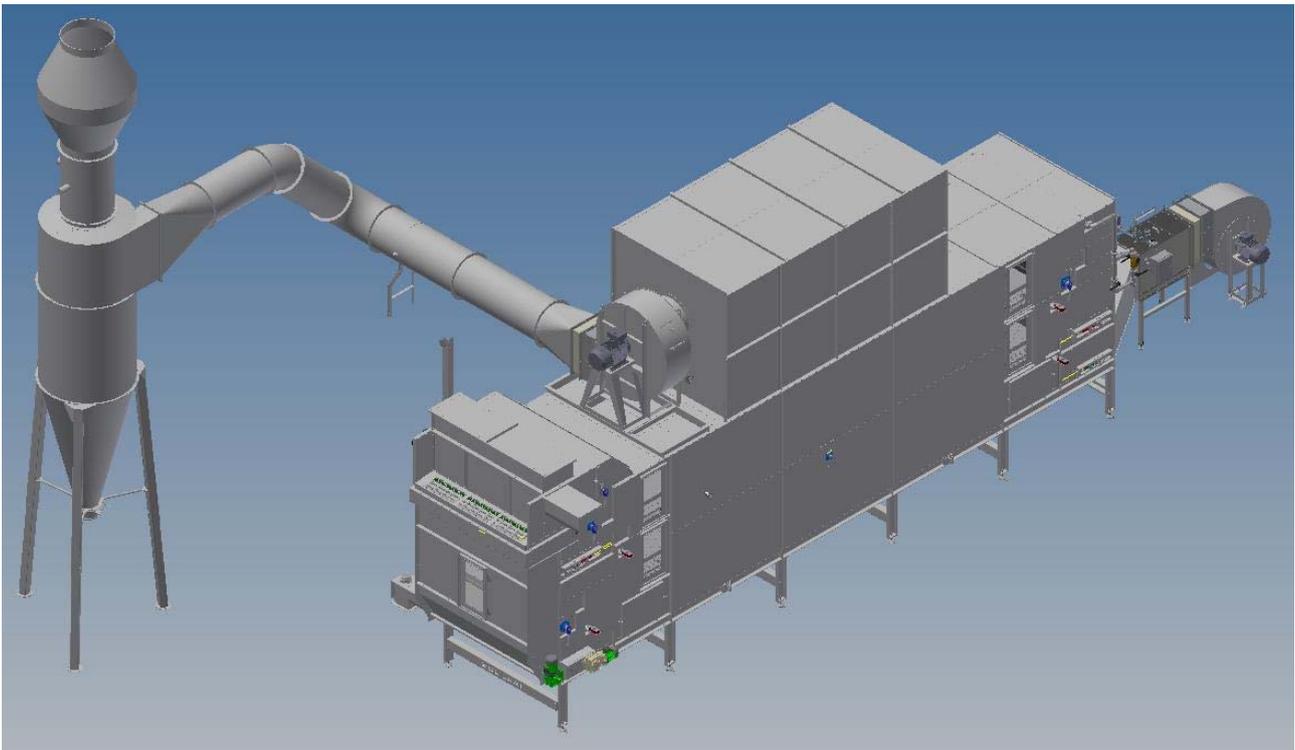
### 3. ESSICCATOIO

Nel 2019 viene installato a valle dell'impianto di depurazione delle acque un essiccatoio a tappeto mobile in modo da alzare sensibilmente la percentuale di secco dei fanghi in uscita. L'obiettivo principale dell'investimento è quello di ottenere benefici nello stoccaggio e nello smaltimento del materiale di scarto.

La macchina realizza un processo produttivo di tipo industriale per l'essiccazione di materiali solidi umidi.

Essenzialmente è composta da:

- sistema di alimentazione
- corpo essiccatoio
- sistema di scarico
- abbattimento doppio stadio

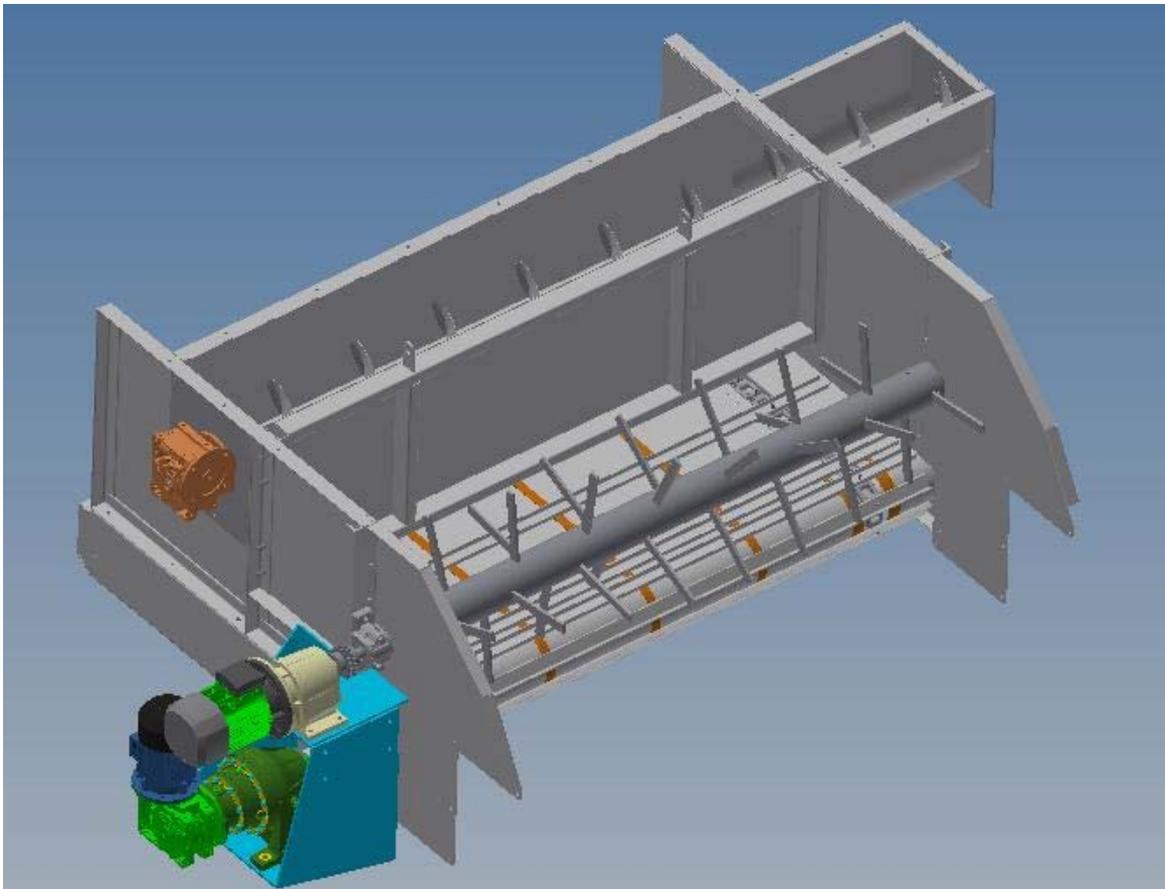


*Visione d'insieme dell'impianto*

### 3.1 - SISTEMA DI ALIMENTAZIONE

Il **sistema di alimentazione** è costituito da:

- un corpo tramoggia a sezione trapezoidale;
- una coclea livellatrice che favorisce la distribuzione del prodotto umido lungo tutta l'ampiezza della tramoggia;
- un sistema a ghigliottina, ovvero una lamiera verticale che permette di ottenere uno spessore di prodotto in entrata all'essiccatoio sempre costante;
- un aspo dosatore posto alla fine del nastro di carico, il quale permette una sfaldatura e una distribuzione più soffice del materiale sul tappeto di essiccazione.



*Impianto di caricamento con “aspo dosatore”*

Per un buon funzionamento è necessario che i fanghi caricati:

- abbiano contenuto massimo di umidità prossime a quelle progettuali di riferimento;
- non abbiano caratteristiche dimensionali molto diverse tra loro.

Una variazione delle caratteristiche dimensionali (pezzatura e forma) del materiale da essiccare può gravemente compromettere il funzionamento generale della macchina in termini di:

- effettiva essiccazione dei materiali;
- regime fluidodinamico interno;
- controllo delle emissioni di polveri.

Il materiale viene caricato nella tramoggia e la coclea livellatrice provvede a distribuirli sulla larghezza della stessa.

I fanghi distribuiti sulla sua sezione vengono dosati dalla lamiera a ghigliottina che ne regola il flusso in uscita in modo da garantire una portata trasversalmente costante al nastro di carico. Lo scarico dalla tramoggia è mantenuto costante grazie alla rimozione del materiale mediante avanzamento del tappeto di carico stesso.

E' molto importante mantenere un livello costante in modo da rilasciare sempre lo stesso spessore di fanghi all'impianto a valle.

Allo scopo di evitare un eccessivo riempimento della tramoggia e la possibile successiva tracimazione sono disposti sensori di livello per solidi che segnalano livelli massimo e minimo raggiunto ai sistemi di controllo degli impianti.

Il sistema di controllo dell'impianto servito dal sistema di alimentazione attua i comandi di funzionamento dell'aspo e del nastro trasportatore e i segnali di allarme per avvio e arresto dei flussi di materiali.

### 3.2 - CORPO ESSICCATOIO E FLUSSO D'ARIA

Il **corpo essiccatoio** è costituito da

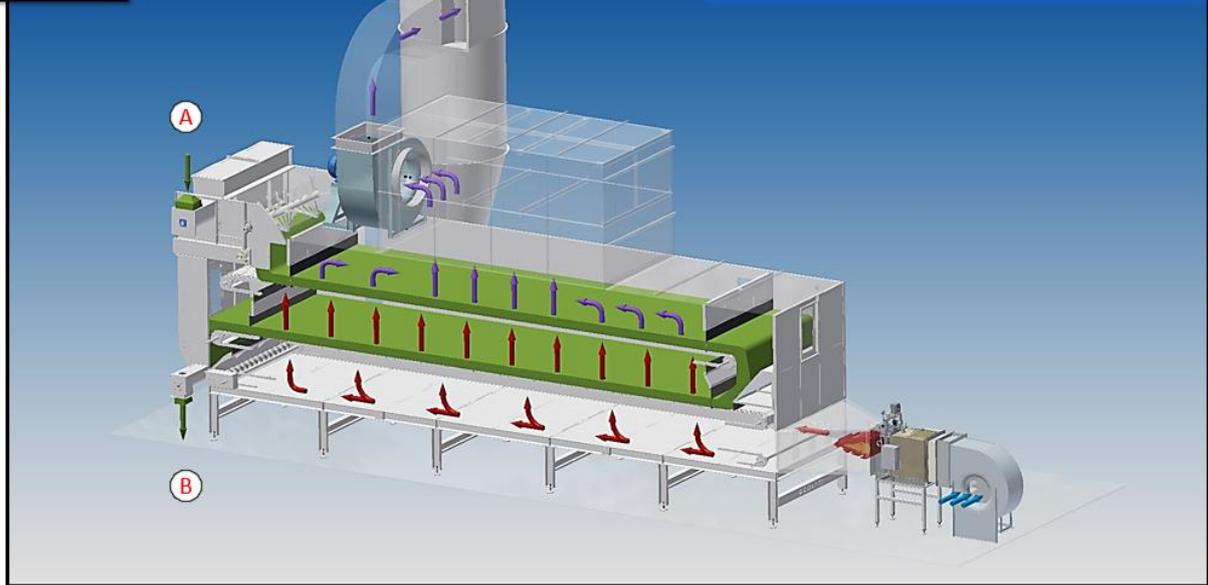
- una struttura portante in laminati di adeguato spessore atti a supportare:
  - i motori e gli organi di trasmissione e di tensionamento
  - le pareti fisse e mobili atti a guidare e deviare il flusso dei materiali da essiccare e l'aria di essiccamento
  - le pannellature esterne
- un tappeto di trasporto per trasferire il materiale da essiccare dalla tramoggia ai tappeti di essiccazione;
- due tappeti forati di essiccazione;
- un tappeto disposto sul piano inferiore di appoggio per la pulizia del piano di fondo dell'essiccatoio con rimozione di polveri o frammenti caduti dal tappeto di trasporto.

Il materiale rimosso da tale tappeto viene scaricato, mediante una coclea orizzontale.

Ogni tappeto è munito di un aspo che ruotando provoca la frantumazione dei grumi che possono formarsi nelle zone di accumulo.

Il **sistema di preriscaldamento e insufflaggio** è costituito da:

- una bocca di aspirazione e presa d'aria (protetta da una rete grossolana che impedisce l'ingresso nell'essiccatoio di corpi solidi e animali);
- un gruppo generatore di calore: è costituito da un sistema di riscaldamento che riscalda l'aria in ingresso alla bocca di aspirazione d'aria dell'essiccatoio in modo da mantenere costanti le condizioni di temperatura al di sotto del tappeto inferiore di essiccazione;
- un ventilatore di aspirazione: aspira l'aria esausta dal corpo dell'essiccatoio in modo da mantenervi un regime costante di depressione ed è intercettato da serranda on-off;
- un ventilatore di mandata: introduce l'aria calda all'interno del corpo dell'essiccatoio in modo da mantenervi un regime costante di depressione.



A	Entrata prodotto umido	Moisture material entrance	Entrée digestat liquide
B	Uscita prodotto secco	Dried material exit	Sortie du produit humide

	Aria depurata	Clean air	Air purifié
	Aria ambiente	Room air	Air ambiante
	Aria satura	Saturated air	Air saturée
	Aria essiccazione	Drying air	Air de séchage

## FLUSSO DEL MATERIALE

L'impianto è realizzato in modo da controllare l'effettiva essiccazione dei prodotti caricati solo mediante variazione della velocità di avanzamento del tappeto di essiccazione.

Il materiale caricato dalla tramoggia viene dosato dalla ghigliottina che ne regola lo spessore sopra il tappeto di essiccazione. Esso è costituito da bandelle forate unite trasversalmente rispetto alla direzione di movimento.

L'aria di essiccazione, proveniente dal sistema di riscaldamento, fluisce attraverso dei fori realizzati sulla superficie delle bandelle ed entra in contatto con il materiale.

## *FLUSSO D'ARIA*

Nella cartiera PM3 viene sfruttata l'energia termica della turbogas per riscaldare l'aria utilizzata nell'impianto di essiccazione.

La linea dell'alta pressione (10 bar) viene rimodulata a 4.5 bar prima di arrivare ad uno scambiatore di calore. Le condense formati in questo processo vengono poi recuperate ed inviate alla macchina continua.

La temperatura e la portata d'aria sono stabilite in modo da mantenere sotto costante controllo la massima temperatura a cui viene sottoposto il materiale.

Il flusso dell'aria è mantenuto da ventilatori centrifughi a valle del tappeto di essiccazione.

L'aria aspirata dai ventilatori di mandata viene riscaldata alla bocca di aspirazione dell'aria dall'esterno.

Su di essa è disposta una griglia per impedire l'accesso all'essiccatoio di corpi estranei di grandi dimensioni.

Eventuali polveri o ceneri trascinate o formate nell'aria di essiccazione da eventuale riscaldamento per combustione e altre polveri provenienti dai materiali in corso di essiccazione vengono comunque rimosse dal tappeto raschiante che pulisce il piano di appoggio dell'essiccatore.

All'interno dell'essiccatore l'aria viene guidata da paratie che:

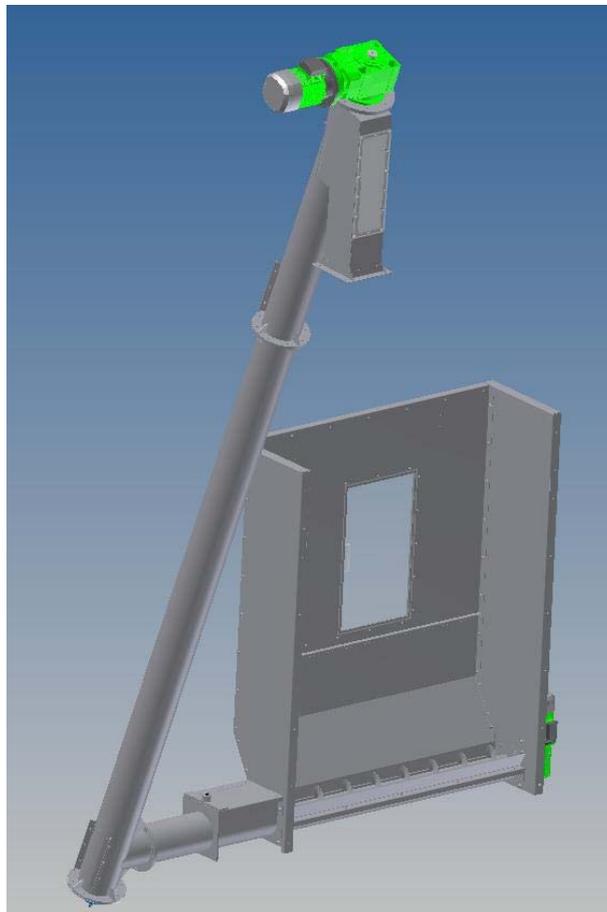
- indirizzano il flusso dal condotto di ingresso al plenum al disotto del tappeto di essiccazione;
- realizzano una camera di aspirazione del secondo ventilatore.

L'aria aspirata dai ventilatori di aspirazione viene infine inviata tramite canalizzazioni al sistema di separazione polveri a ciclone e quindi ai camini di scarico.

### 3.3 - SISTEMA DI SCARICO

Per lo scarico del materiale si adotta un **sistema di scarico** costituito da:

- un cofano di contenimento rigidamente fissato alla struttura della macchina dotato di un oblò di ispezione
- uno scivolo atto a convogliare i materiali in uscita dall'impianto di trattamento verso il fondo del cofano.
- una coclea trasportatrice orizzontale che trasferisce il materiale verso un lato della macchina.
- una coclea inclinata di ripresa secco che convoglia il prodotto in quota e lo scarica all'esterno.



*Coclee per lo scarico dei fanghi*

Il materiale proveniente dal sistema trattamento viene scaricato mediante lo scivolo su tutta la larghezza della coclea.

Da essa viene poi trasferito trasversalmente fino al punto in cui viene raccolto dalla coclea di ripresa secco che scarica il materiale dell'intero impianto.

Cade poi per gravità dalla coclea che muovendosi libera il cofano terminale dell'impianto di trattamento.

L'obiettivo del sistema di scarico è di rendere costante il flusso di materiale trattato in uscita dall'impianto. Il dimensionamento della sezione della coclea e la scelta della velocità di rotazione determinano la costante evacuazione del materiale.

Per un buon funzionamento dell'attrezzatura è necessario che i materiali scaricati:

- vengano costantemente rimossi dal punto di scarico;
- non abbiano caratteristiche dimensionali (pezzatura e forma) molto diverse.

I comandi di avviamento e arresto della coclea del sistema di scarico vengono attuati direttamente dal quadro di comando e controllo dell'impianto.

### 3.4 - ABBATTIMENTO DUE STADI

Ogni stadio ha le seguenti caratteristiche:

- 2 torri in esercizio Ø 1.600 x h. 6.950 mm
- altezza riempimento 2.200 mm.
- riempimento a sfere cave in PeHD da Ø 45 mm
- separatore di gocce in PVC
- camino in PP da Ø 900

Alla base del sistema è posizionata una vasca di accumulo per la soluzione di ricircolo.

La torre è prolungata fino sul fondo della vasca allo scopo di creare una “guardia idraulica”.



*Impianto di abbattimento delle esalazioni*

Il sistema di abbattimento è progettato per assorbire le esalazioni di acido solfidrico prodotto dalla fermentazione spontanea dei fanghi.

Il gas acido viene abbattuto utilizzando un trattamento ad acqua con acido e soda:

- la prima colonna utilizza soluzione con acqua di rete + acido cloridrico (1° stadio);
- la seconda colonna utilizza soluzione con acqua di rete + soda (2° stadio).

L'aria viene immessa nella parte inferiore della colonna mentre il liquido viene introdotto nella parte superiore attraverso rampe di spruzzatori.

Durante il funzionamento dell'impianto l'aria da trattare inizialmente gorgoglierà nella soluzione di abbattimento e attraverserà poi lo stadio, alimentato in controcorrente.

La portata del liquido di ricircolo nella colonna è regolata mediante l'apposita valvola.

L'aria attraversa il separatore di gocce posto in cima al sistema (avente lo scopo di trattenere le particelle di liquido di ricircolo eventualmente trascinate dal flusso dell'aria in uscita dalla colonna) e fuoriesce poi in atmosfera dal camino di espulsione.

## 4 - SMALTIMENTO FANGHI

L'industria nazionale cartaria produce ridotte tipologie di rifiuti.

Il principale residuo generato dalla produzione della carta si presenta sotto forma di fanghi classificati come non pericolosi, mentre il processo produttivo della carta vero e proprio, sostanzialmente non produce rifiuti: normalmente gli scarti di lavorazione, come i fogliacci, possono essere direttamente riutilizzati all'interno del processo produttivo.

Se adeguatamente trattati, i fanghi, sono invece idonei ad essere riutilizzati:

- in discariche controllate mediante interrimento dei fanghi in zone appositamente destinate;
- in attività produttive per la creazione di pannelli per l'edilizia o come riempitivo isolante per i mattoni da costruzione;
- per copertura di discariche o vecchie cave;
- incenerimento in termovalorizzatori per recupero energetico.

Minore incidenza hanno i rifiuti quali gli scarti di ferro, legno e plastica provenienti dalla gestione degli imballaggi, gli oli esausti e i rifiuti assimilabili agli urbani.

Negli ultimi anni si è potuto osservare un incremento nella generazione di fanghi dovuto in gran parte al miglioramento delle capacità di trattamento degli impianti di depurazione delle acque e al maggiore impiego del macero.

Questo può creare problemi nella gestione degli spazi dediti allo stoccaggio e per l'alto costo della movimentazione dei mezzi quando dovranno essere smaltiti.

## 5. VANTAGGI ESSICCATOIO

L'aggiornamento dell'impianto di depurazione delle acque con l'installazione dell'essiccatoio a fine ciclo ha portato diversi benefici nel trattamento, nello stoccaggio e nello smaltimento dei fanghi.

La combinazione della pressa fanghi con l'essiccatoio ha permesso di ottenere una percentuale di secco maggiore del 70% rispetto all'utilizzo della sola pressa.

Il primo vantaggio derivante da un'essiccazione maggiore è l'enorme risparmio di spazio nelle zone di stoccaggio degli scarti.



*Secco in uscita pressa fanghi < 20%*



*Secco in uscita essiccatoio > 90%*

Un'umidità inferiore al 10% ha portato ad un volume e ad un peso di gran lunga minore, ripercuotendosi favorevolmente anche nel numero di mezzi di trasporto necessari per lo smaltimento.

N° di carichi medi settimanali di fanghi senza essiccatoio: 3-4

N° di carichi medi settimanali di fanghi con essiccatoio: 1

## 5.1 – RISPARMIO ECONOMICO SMALTIMENTO

Costo medio smaltimento fanghi: 150 €/ton + 550 €trasporto

Quantità media smaltita con un carico camion: 28 ton

- fanghi 2018 (senza essiccatoio)
- fanghi 2020 (con essiccatoio)

Anno	2018	2020
Fanghi	4.600 ton	1.300 ton
n° camion	160	45
Spesa	778.000 €	220.000 €

L'installazione dell'essiccatoio a tappeto mobile ha portato un significativo risparmio economico nell'ordine di circa 500.000 €/anno.

## **6. BIBLIOGRAFIA**

- Materiale tecnico specifico dello stabilimento PM3
- Documentazione da internet