



REGIONE DEL VENETO

Esame di fine corso

Cod. Progetto 4262/2/668/2015 - Cod. Intervento 4262/003/636/DEC/22

Titolo: Tecnico per la gestione di impianti di produzione della carta

Sede del corso: Verona - VR - 37138 - Via Don Giovanni Minzoni, 50

Il trattamento delle acque reflue presso lo stabilimento Fedrigoni di Verona

di Mazzi Raffaello



**Scuola Interregionale
di tecnologia per tecnici Cartari**

Istituto Salesiano «San Zeno» - Via Don Minzoni, 50 - 37138 Verona
fcs.istitutosalesianosanzeno.it - scuolacartaria@sanzeno.org

INDICE

1 - INTRODUZIONE

1.1 - Storia del gruppo Fedrigoni

2 - STABILIMENTO DI VERONA

2.1 - Panoramica

2.2 - La produzione

3 - IL TRATTAMENTO DELLE ACQUE REFLUE

3.1 - Riferimenti normativi

3.2 - Il trattamento delle acque nello stabilimento di Verona

3.3 - Gestione dei fanghi

3.4 - Progetti futuri

4 - CONCLUSIONI

5 - BIBLIOGRAFIA

1. INTRODUZIONE

1.1 STORIA DEL GRUPPO

Il gruppo Fedrigoni nacque ufficialmente nel 1888 ad opera di Giuseppe Antonio Fedrigoni, il quale avviò la prima cartiera a Verona. Egli proveniva da una famiglia di antica tradizione cartaria originaria del Trentino, e prima di dedicarsi alla produzione della carta si era occupato per lungo tempo di commercio di prodotti cartari.

Giuseppe Antonio, per il funzionamento della cartiera scaligera, intendeva sfruttare la forza motrice del canale artificiale Camuzzoni, che in quegli anni era appena stato ultimato. Fu infatti uno dei primi imprenditori a chiedere e a ottenere il permesso di utilizzare le acque del canale. Fedrigoni fece costruire lo stabilimento industriale su 10.000 metri quadrati di terreno in località Basso Acquar, nella zona meridionale del centro storico di Verona.

La nuova cartiera si sviluppò rapidamente, tanto che alla fine del XIX secolo possedeva già due macchine continue, sulle quali lavoravano circa 150 maestranze. Fin dalle origini, la produzione è stata orientata alle carte speciali.

Nel 1938 il gruppo vide una prima espansione con l'acquisizione della cartiera di Varone (Riva del Garda – TN), promossa da Gianfranco Fedrigoni, figlio di Giuseppe Antonio. Questo stabilimento venne dedicato da subito alla produzione di carte ad alta trasparenza per il disegno e carte destinate alla legatoria.

Nel 1945 la cartiera di Verona venne distrutta dai bombardamenti della Seconda Guerra Mondiale, e fu ricostruita nel dopoguerra soltanto con finanziamenti derivanti dai risparmi della famiglia Fedrigoni e di alcuni dipendenti dello stabilimento, senza ricevere fondi dallo Stato italiano o dal Piano Marshall.

Nel 1963 fu aperto il terzo stabilimento ad Arco (TN), dedicato alla produzione di schede forate destinate ai primi computer.

Nel 1987 il gruppo aprì le prime filiali estere, in Spagna, Francia, Germania e Regno Unito.

Nel 1989 venne creata Arconvert, la consociata destinata alla produzione di supporti autoadesivi per l'industria dell'etichettatura. Questa business area venne ulteriormente potenziata nel 1993 con l'acquisizione della compagnia spagnola Manter.

Un'altra fase significativa di sviluppo aziendale ebbe luogo nei primi anni 2000, con l'acquisizione delle cartiere Miliani di Fabriano (AN), utilizzate da Fedrigoni per la produzione di carte da cartoleria e, in un secondo momento, di carte di sicurezza. Nel 2006 fu aperto lo stabilimento di Castelraimondo (MC), dedicato alla cartotecnica.

Il 2018 si rivelò un anno cruciale per il gruppo: Alessandro Fedrigoni cedette la maggioranza delle azioni al fondo americano di private equity Bain Capital.

Nello stesso anno, il gruppo guidato dalla nuova proprietà acquisì le due cartiere del Gruppo Cordenons (una per l'appunto a Cordenons – Pordenone e l'altra a Scurelle – Trento).

Oggi il gruppo Fedrigoni ha la struttura di una vera e propria multinazionale, contando più di 4.500 dipendenti in 27 Paesi e 48 stabilimenti, comprendendo impianti di produzione, centri di taglio e di distribuzione. Il Gruppo distribuisce 25.000 prodotti in 132 Paesi, e ricopre una posizione di leader mondiale nel settore delle etichette per i vini e delle carte speciali per il packaging di lusso; inoltre, è il secondo operatore mondiale nelle carte da disegno e occupa la terza posizione nei materiali autoadesivi premium.

2. STABILIMENTO DI VERONA

2.1 PANORAMICA

Lo stabilimento Fedrigoni di Verona si trova a sud del centro storico di Verona, nel rione di Tombetta.

Esso venne aperto nel 1888, e a quell'epoca risalgono le zone della preparazione impasti e delle macchine continue.

In seguito, tra gli anni '50 e gli anni '70 la cartiera fu ampliata, dapprima con un reparto di allestimento e goffratura, poi con un reparto di patinatura (la cosiddetta "Trasformazione"). L'attuale impianto biologico di trattamento delle acque risale al 2021.

Oggigiorno, lo stabilimento occupa una superficie di 57 843 m², di cui 32 689 m² coperti; la produzione annua di carta si aggira attorno alle 80 000 tonnellate/anno.

Nella cartiera di Verona vengono prodotte carte bianche e avorio (con alcune eccezioni), ad alto lucido, opache, lisce, marcate, filigranate, carte per etichette, carte cast coated, carte perlescenti, carte con trattamenti superficiali che conferiscono caratteristiche estetiche o funzionali particolari, carte verniciate, carte per stampa digitale, per stampa di pregio, e carte per packaging di lusso.

2.2 LA PRODUZIONE

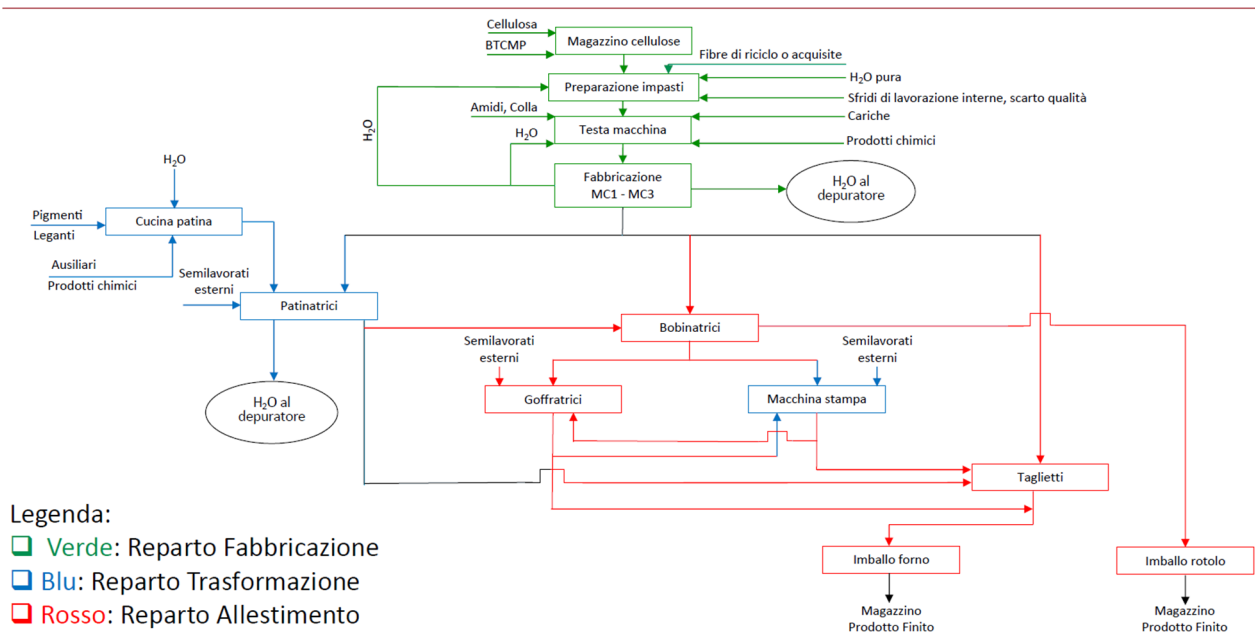
Attualmente, lo stabilimento Fedrigoni di Verona è suddiviso in tre reparti produttivi:

- **Fabbricazione:** costituito dalla preparazione impasti e dalle due macchine continue;
- **Trasformazione:** con la cucina patine, due patinatrici a lama d'aria e una macchina da stampa "Rotoflexo".
- **Allestimento:** dedicato al taglio e confezionamento della carta nei formati richiesti dai clienti.

L'intero stabilimento è alimentato elettricamente da una turbina a vapore che produce circa 7 MW. L'energia elettrica viene prodotta per mezzo della combustione di metano in un'apposita turbina che funge da motore a combustione interna. Inoltre, i fumi di scarico della turbina, a

temperatura molto elevata, vengono sfruttati per la generazione di vapore acqueo a cinque bar.

Un'ulteriore fonte di energia idroelettrica è il canale Camuzzoni, che affianca lo stabilimento. Di seguito, si riporta lo schema di flusso del ciclo produttivo dello stabilimento di Verona, evidenziando i tre reparti produttivi e le relazioni che intercorrono tra di loro; si tenga presente che l'impianto lavora anche carte prodotte in altri stabilimenti del Gruppo.



3. IL TRATTAMENTO DELLE ACQUE REFLUE

3.1 RIFERIMENTI NORMATIVI

L'attività produttiva della cartiera richiede l'utilizzo di grandi quantità di acqua, per i motivi più disparati; per questa ragione, è fondamentale che una cartiera si trovi in prossimità di una fonte di approvvigionamento idrico affidabile, tipicamente un corso d'acqua. Infatti, non solo l'acqua viene sfruttata per generare corrente elettrica, ma viene utilizzata anche per produrre il vapore che alimenta i cilindri riscaldati situati sulle macchine continue e sulle patinatrici. Soprattutto, l'acqua ha un ruolo fondamentale nella preparazione degli impasti di carta, essendo utilizzata come mezzo di trasporto della fibra di cellulosa; infatti, in testa macchina l'impasto è formato per il 99% da acqua, che lungo la macchina continua viene gradualmente rimossa, prima mediante processi meccanici, e poi per via termica. Un ulteriore motivo di utilizzo massiccio di acqua, di estrema importanza per la cartiera, sono i frequenti e abbondanti lavaggi a cui si devono sottoporre le tele e i feltri delle macchine continue, assieme ai cilindri delle patinatrici, necessari per evitare di contaminare le successive produzioni previste.

Tutta l'acqua di scarto che non può più essere utilizzata sugli impianti, definita "acqua reflua", deve essere reimpressa nell'ambiente. Naturalmente, l'acqua reflua non può essere scaricata tal quale, ma deve essere sottoposta a una serie di processi di depurazione, che garantiscano al refluo una serie di proprietà che lo rendano adatto al reinserimento in natura, senza costituire un potenziale pericolo per l'ecosistema.

Dal punto di vista legislativo, gli scarichi di ogni genere in ambiente, quindi inclusi anche quelli idrici provenienti da insediamenti produttivi, sono regolamentati dal Decreto Legislativo 152/2006, il quale impone dei limiti di emissione su molti parametri chimico-fisici, fornendo anche indicazioni sulle modalità di campionamento e analisi.

Di seguito, si riportano le tabelle con i limiti di emissione che compaiono nel D. Lgs. 152/06 (Parte terza, Allegato 5).

Numero parametro	PARAMETRI	unità di misura	Scarico in acque superficiali	Scarico in rete fognaria (*)
1	pH	5,5-9,5	5,5-9,5	
2	Temperatura	°C	[1]	[1]
3	colore		non percettibile con diluizione 1:20	non percettibile con diluizione 1:40
4	odore		non deve essere causa di molestie	non deve essere causa di molestie
5	materiali grossolani		assenti	assenti
6	Solidi speciali totali [2]	mg/L	≤80	≤200
7	BOD5 (come O2) [2]	mg/L	≤40	≤250
8	COD (come O2) [2]	mg/L	≤160	≤500

[1] Per i corsi d'acqua la variazione massima tra temperature medie di qualsiasi sezione del corso d'acqua a monte e a valle del punto di immissione non deve superare i 3°C. Su almeno metà di qualsiasi sezione a valle, tale variazione non deve superare 1°C. Per i laghi la temperatura dello scarico non deve superare i 30°C e l'incremento di temperatura del corpo recipiente non deve in nessun modo superare i 3°C oltre 50 metri di distanza dal punto di immissione.

Numero parametro	PARAMETRI	unità di misura	Scarico in acque superficiali	Scarico in rete fognaria (*)
9	Alluminio	mg/L	≤1	≤2,0
10	Arsenico	mg/L	≤0,5	≤0,5
11	Bario	mg/L	≤20	-
12	Boro	mg/L	≤2	≤4
13	Cadmio	mg/L	≤0,02	≤0,02
14	Cromo totale	mg/L	≤2	≤4
15	Cromo VI	mg/L	≤0,2	≤0,20
16	Ferro	mg/L	≤2	≤4
17	Manganese	mg/L	≤2	≤4
18	Mercurio	mg/L	≤0,005	≤0,005
19	Nichel	mg/L	≤2	≤4
20	Piombo	mg/L	≤0,2	≤0,3
21	Rame	mg/L	≤0,1	≤0,4
22	Selenio	mg/L	≤0,03	≤0,03
23	Stagno	mg/L	≤10	
24	Zinco	mg/L	≤0,5	≤1,0
25	Cianuri totali come (CN)	mg/L	≤0,5	≤1,0
26	Cloro attivo libero	mg/L	≤0,2	≤0,3
27	Solfuri (come H ₂ S)	mg/L	≤1	≤2
28	Solfiti (come SO ₃)	mg/L	≤1	≤2
29	Solfati (come SO ₄) [3]	mg/L	≤1000	≤1000
30	Cloruri [3]	mg/L	≤1200	≤1200
31	Fluoruri	mg/L	≤6	≤12
32	Fosforo totale (come P) [2]	mg/L	≤10	≤10
33	Azoto ammoniacale (come NH ₄) [2]	mg/L	≤15	≤30
34	Azoto nitroso (come N) [2]	mg/L	≤0,6	≤0,6
35	Azoto nitrico (come N) [2]	mg/L	≤20	≤30

Numero parametro	PARAMETRI	unità di misura	Scarico in acque superficiali	Scarico in rete fognaria (*)
36	Grassi e olii animali/vegetali	mg/L	≤20	≤40
37	Idrocarburi totali	mg/L	≤5	≤10
38	Fenoli	mg/L	≤0,5	≤1
39	Aldeidi	mg/L	≤1	≤2
40	Solventi organici aromatici	mg/L	≤0,2	≤0,4
41	Solventi organici azotati [4]	mg/L	≤0,1	≤0,2
42	Tensioattivi totali	mg/L	≤2	≤4
43	Pesticidi fosforati	mg/L	≤0,10	≤0,10
44	Pesticidi totali (esclusi i fosforati) [5]	mg/L	≤0,05	≤0,05
	tra cui:			
45	- aldrin	mg/L	≤0,01	≤0,01
46	- dieldrin	mg/L	≤0,01	≤0,01
47	- endrin	mg/L	≤0,002	≤0,002
48	- isodrin	mg/L	≤0,002	≤0,002
49	Solventi clorurati [5]	mg/L	≤1	≤2
50	Escherichia coli [4]	UFC/ 1 00mL	nota	
51	Saggio di tossicità acuta [5]		il campione non é accettabile quando dopo 24 ore il numero degli organismi immobili uguale o maggiore del 50% del totale	il campione non e accettabile quando dopo 24 ore il numero degli organismi immobili è uguale o maggiore: è del 80% del totale

Parametri di estrema rilevanza nella depurazione delle acque sono il COD (Chemical Oxygen Demand), e il BOD₅ (Biochemical Oxygen Demand).

Il COD esprime la quantità in mg/L di ossigeno necessario per ossidare tutte le sostanze ossidabili presenti nel refluo all'atto del prelievo.

Il BOD₅ esprime la quantità di ossigeno (in mg) consumato dai microorganismi aerobi nella degradazione ossidativa del materiale organico biodegradabile presente in 1 litro di refluo al momento del prelievo, riferita ad un intervallo di tempo di cinque giorni.

L'importanza di monitorare questi due parametri sulle acque di scarico è dovuta al fatto che l'immissione di eccessivi composti ossidabili sottrae ossigeno all'ambiente acquatico, con il rischio di creare squilibri nocivi all'ecosistema.

Nel caso specifico della cartiera di Verona, come di altre aziende, il piano di controllo e monitoraggio degli scarichi previsto dal D. Lgs. 152/06 è reso più completo e mirato da un'Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA), il provvedimento che autorizza l'esercizio dell'impianto industriale.

Circa il 93% dell'acqua prelevata viene reimpressa nel canale artificiale "Camuzzoni", il quale si ricongiunge al fiume Adige circa due chilometri più a valle.

Giornalmente, il personale del laboratorio della cartiera effettua i campionamenti delle acque in due punti del depuratore:

- In ingresso al comparto biologico dell'impianto di depurazione
- In uscita, immediatamente prima dello scarico a canale.

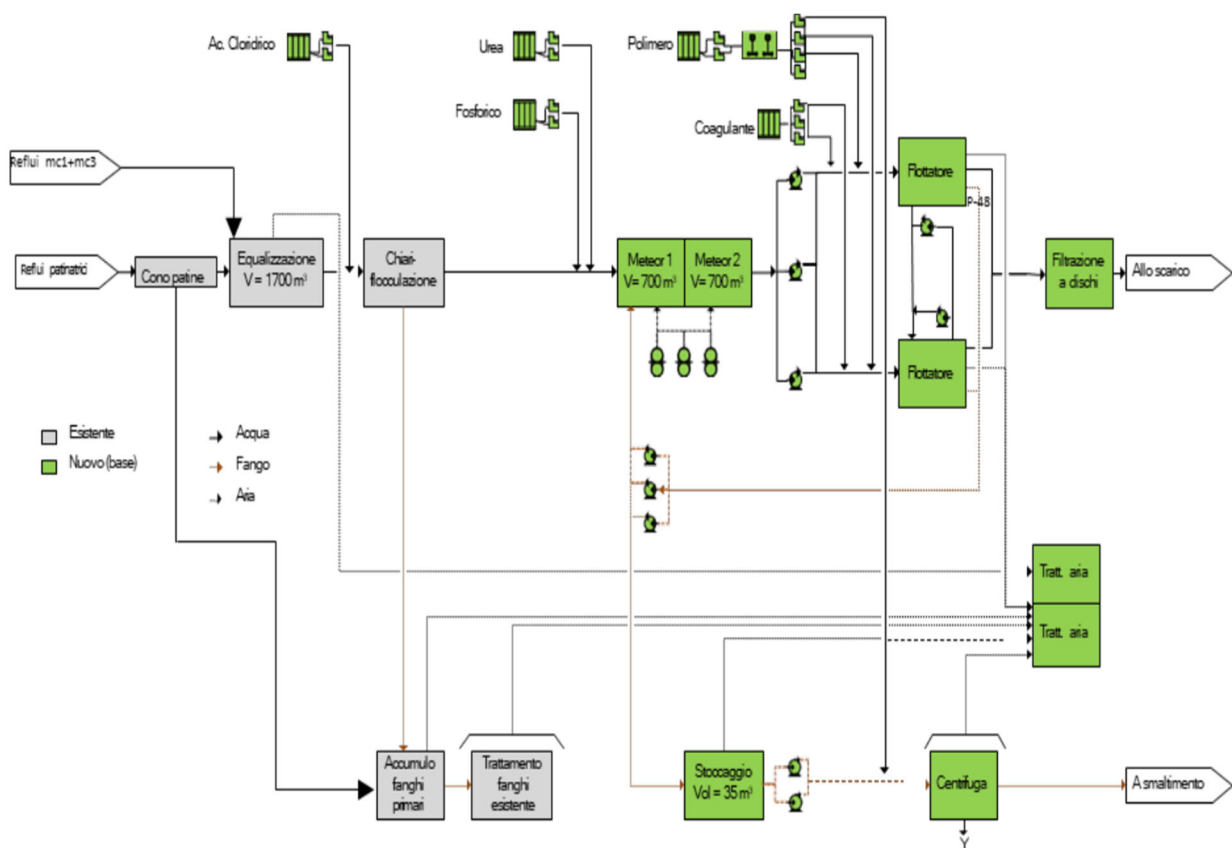
I parametri analizzati sono i seguenti:

IN ENTRATA	IN USCITA
Temperatura [°C]	Temperatura [°C]
pH	pH
Cloro totale [mg/L]	Cloro totale [mg/L]
Tensioattivi anionici [mg/L]	Tensioattivi anionici [mg/L]
Solfiti SO ₃ [mg/L]	Solfiti SO ₃ [mg/L]
Azoto nitroso [mg/L]	Azoto nitroso [mg/L]
Azoto nitrico [mg/L]	Azoto nitrico [mg/L]
Azoto ammoniacale [mg/L]	Azoto ammoniacale [mg/L]
COD [mg/L]	COD [mg/L]
COD solubile [mg/L]	COD solubile [mg/L]
COD amido [mg/L]	Amido [mg/L]
ORP [mV]	ORP [mV]
Fosforo totale [mg/L]	Fosforo totale [mg/L]
Azoto totale (somma) [mg/L]	Azoto totale (somma) [mg/L]
Concentrazione polimero [%]	BOD ₅ [mg/L]
Concentrazione fango uscita MBBR [%]	Torbidità
Concentrazione fango in centrifuga [%]	Anionicità/Cationicità solidi sospesi [mg/L]
/	Secco fanghi in uscita pressa [%]
/	Ceneri fanghi pressa a 575°C [%]

3.1 IL TRATTAMENTO DELLE ACQUE NELLO STABILIMENTO DI VERONA

L'impianto di depurazione dello stabilimento di Verona è progettato per trattare una portata idraulica variabile tra 400 m³/h e 550 m³/h, ed è destinato al trattamento dei reflui provenienti dal ciclo produttivo, sia dalle macchine continue che dal reparto di patinatura.

Nella seguente figura si può vedere lo schema funzionale del depuratore allo stato attuale: in grigio sono indicate le parti di impianto esistenti prima del 2020 e ancora in uso, mentre le parti in verde sono state aggiunte con i lavori del 2020.



Come si evince dalla figura, fino al 2020 l'impianto era costituito solo da un trattamento chimico-fisico di chiari-flocculazione e da un trattamento specifico di separazione per le patine (cono patine).

I reflui di patinatura che, per la grande varietà di carte prodotte e di trattamenti, presentano un carico inquinante estremamente variabile, vengono omogeneizzati in una tina e trattati con l'ausilio di prodotti chimici nel cono patine, dove avviene la separazione della parte solida

(fango) dall'acqua. Lo sfioro del cono patine si unisce alle acque provenienti dalle macchine continue e dalla preparazione impasti, ricche di fibra, in una vasca di omogeneizzazione da 1.700 m³, in cui vengono immessi degli agenti flocculanti.

Il trattamento chimico delle acque deve essere ottimizzato sia dal punto di vista qualitativo che quantitativo, in funzione delle caratteristiche del refluo da trattare, in modo da ottenere una buona flocculazione (fiocco pesante) e una altrettanto buona chiarificazione dell'acqua (bassa torbidità/opalescenza). Come ogni reazione chimica, anche la formazione del fiocco da sedimentare risente dell'ambiente in cui avviene, perciò è fondamentale che, una volta ottimizzato il processo, le condizioni chimiche del refluo in arrivo al sedimentatore siano il più possibile costanti; da qui nasce la necessità di attenuare i picchi dovuti agli scarichi in situazioni eccezionali, legati sia alla normale attività della cartiera (cambi di produzione, lavaggi, ecc.) sia a situazioni impreviste di natura accidentale (sversamenti di prodotti chimici, ecc....) con l'utilizzo della vasca di omogeneizzazione.

Dalla vasca di equalizzazione il refluo entra nel sedimentatore, una vasca circolare con volume 1200 m³, in cui gli inquinanti più grossolani (prevalentemente fibre, carbonato di calcio, ecc.) formano dei fiocchi con l'ausilio dei flocculanti, e, per effetto della gravità, precipitano sul fondo del sedimentatore sotto forma di fango, il quale viene rimosso dal fondo per poi essere essiccato (si veda il capitolo successivo). Il processo di flocculazione degli inquinanti viene favorito dalla mancanza di perturbazioni e da un maggiore tempo di residenza degli inquinanti nel sedimentatore; perciò, si può affermare che una bassa portata in ingresso al sedimentatore favorisce la separazione chimico-fisica tra inquinanti e acqua.

Fino al 2020, lo sfioro della vasca di sedimentazione andava direttamente a canale, venendo rilasciata nell'ambiente.

L'aumento della produzione avvenuto negli ultimi anni, i cambi di produzione sempre più frequenti e la quota sempre più alta di carte speciali hanno avuto due effetti di importanza cruciale per il trattamento delle acque: da un lato l'incremento progressivo del COD in uscita; dall'altro, si sono manifestati diversi limiti nel gestire i picchi di scarico e varie problematiche di natura manutentiva.

Per questi motivi l'impianto di depurazione ha subito un importante intervento di potenziamento, con la costruzione di un impianto biologico (parti in verde nella figura) entrato in servizio alla fine del 2020.

Le acque in uscita dalla sezione di trattamento chimico-fisico, che una volta venivano rilasciate nel canale, ora entrano in una sezione di trattamento biologico, effettuando i seguenti passaggi:

- 1) Due bioreattori MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor) in serie.
- 2) Un trattamento di flottazione.
- 3) Una fase di filtrazione mediante filtro a dischi.

Le popolazioni batteriche responsabili del trattamento depurativo si trovano in due vasche da 600 m³ ciascuna, che fungono da bioreattori. Tali colonie di microorganismi, responsabili del trattamento depurativo delle acque, si sviluppano su appositi supporti inerti in materiale plastico, chiamati *carrier*, formando una pellicola biologica, cioè uno strato mucillaginoso dello spessore di alcuni millimetri.



Tipologia di carrier utilizzati nella tecnologia MBBR

Caratteristiche *carriers*: nel caso specifico del depuratore della cartiera Fedrigoni di Verona, è stato selezionato un materiale di supporto in polietilene ad alta densità, con un peso specifico molto vicino a quello dell'acqua. I *carrier* hanno le seguenti dimensioni: un diametro di 35 mm ed una lunghezza di 45 mm, con una superficie specifica $> 250 \text{ m}^2/\text{m}^3$. La scelta di tale tipologia di *carrier* è frutto del compromesso tra l'elevata superficie specifica e la resistenza all'intasamento dovuto alle fibre che possono essere presenti nelle acque reflue di cartiera a causa di eventuali malfunzionamenti del trattamento chimico-fisico a monte.

I microorganismi adesi ai *carrier* degradano il carico organico presente nelle acque reflue mediante processi biologici aerobici, che ossidano e degradano le sostanze biodegradabili generando prodotti ossidati e CO₂ gassosa.

Oltre ai prodotti organici a base carbonio, le popolazioni batteriche necessitano di altri nutrimenti a base di azoto e fosforo per poter godere di condizioni ottimali di sopravvivenza; per questa ragione nelle vasche biologiche sono dosati opportunamente urea (da cui i microorganismi ricavano azoto) e acido fosforico (da cui deriva il fosforo). Inoltre, sul fondo delle vasche sono presenti delle soffianti che vi immettono aria, il cui ossigeno è necessario per la sopravvivenza dei microorganismi aerobici.

In condizioni ottimali, i batteri proliferano accrescendo lo strato presente sui *carrier*; superata una certa soglia, l'aumento di dimensioni della pellicola biologica impedisce l'arrivo dell'ossigeno ai batteri più interni, adesi al *carrier*. Questo fenomeno porta al distacco della pellicola dal *carrier*, producendo solidi sospesi.

Per questo motivo, in uscita dai reattori MBBR sono installati due flottatori in parallelo: in essi i fanghi biologici, costituiti dal materiale biologico distaccato dai *carrier* e dai prodotti della degradazione biologica degli inquinanti, vengono fatti flottare con l'ausilio di prodotti chimici, accumulandosi sulla superficie delle vasche di flottazione (essi hanno densità minore di quella dell'acqua). Degli scrematori spingono il fango in appositi canali che lo trasportano ad una fase di essiccamento (vedere capitolo successivo).

Sul fondo delle vasche di flottazione l'acqua viene convogliata ad un filtro a dischi, dove vengono rimossi i solidi sospesi residui, e si dirige verso lo scarico a canale.

Prima dello scarico, è posizionato un campionatore automatico che permette di effettuare dei prelievi programmati di una quantità prestabilita di liquido, conservando i campioni in appositi contenitori per un tempo definito. I campioni di liquido così prelevati possono essere sottoposti ad analisi chimico-fisiche nel laboratorio aziendale, e sono a disposizione degli enti e/o autorità competenti in caso di necessità.

3.3 GESTIONE DEI FANGHI

La gestione dei fanghi, cioè i rifiuti solidi derivanti dai processi di depurazione delle acque, costituisce un aspetto molto importante, da cui il processo depurativo non può prescindere.

I fanghi possono essere divisi in due categorie:

- Fanghi chimico-fisici
- Fanghi biologici.

I fanghi chimico-fisici, per l'appunto derivano dal processo di sedimentazione mediante flocculazione chimica all'interno del sedimentatore (fibra e carbonato di calcio) e del cono patine (residui di patinatura).

Come accennato nel capitolo precedente, i fanghi vengono trasferiti dal fondo del cono patine e del sedimentatore ad un pozzetto di raccolta, dove viene realizzata una miscela omogeneizzata. Tale miscela viene trasferita ad un filtro a dischi per poi passare attraverso una pressa a vite, subendo un'asciugatura meccanica. Questo trattamento garantisce un grado di secco attorno al 60%; anche il contenuto di ceneri presenta valori analoghi.

I fanghi biologici sono composti dai prodotti solidi delle reazioni aerobiche di ossidazione ad opera dei microorganismi presenti nei reattori MBBR, e anche da materiale biologico distaccatosi dai *carrier*.

Questi fanghi, separati dalla fase liquida per flottazione, e mediante un filtro a dischi a valle dei flottatori, vengono anch'essi convogliati in un'apposita tina di omogeneizzazione.

Da questo pozzo, i fanghi vengono inviati ad una centrifuga dove subiscono un primo processo di essiccazione meccanica; quindi, proseguono verso un apposito essiccatore che sfrutta l'energia termica dei fumi provenienti dall'impianto di patinatura, i quali si muovono controcorrente rispetto ai nastri trasportatori dei fanghi. Con questa tecnologia è possibile conferire ai fanghi biologici in uscita un tenore di secco attorno al 90%.

3.4 PROGETTI FUTURI

Dalla fine del 2020 allo stato attuale, aprile 2025, il personale addetto alla gestione del presente impianto di depurazione ha avuto modo di poter lavorare all'ottimizzazione delle prestazioni del depuratore. Infatti, nel tempo sono state effettuate piccole modifiche impiantistiche per migliorare alcuni parametri (ad esempio, la percentuale di secco del fango chimico-fisico in uscita); inoltre, con il loro lavoro quotidiano, gli addetti all'impianto hanno potuto incrementare la loro esperienza, migliorando la loro sensibilità alle variazioni delle condizioni operative dell'impianto, agendo su di esso con azioni sempre più mirate ed efficaci. Infine, si può affermare che il personale conduce un'autentica attività di ricerca e sviluppo per il miglioramento continuo della depurazione delle acque, sia mediante ricerca bibliografica sulla tecnologia alla base del presente impianto, sia mediante prove pratiche atte ad individuare nuovi parametri da sorvegliare per avere una comprensione più ampia dei processi che avvengono in esso.

Grazie a tutte le azioni sopra citate, si è arrivati ad ottenere un'ottima qualità delle acque in uscita.

Per il futuro si vorrebbe ridurre l'immissione a canale dei reflui in uscita dal depuratore, inviandoli nuovamente al reparto di preparazione impasti per essere utilizzati come acqua di trasporto della fibra. Con questa azione, si vuole ridurre la quantità di acqua prelevata dall'ambiente esterno, rendendo il processo ancora più ecosostenibile.

4. CONCLUSIONI

Senza dubbio, l'acqua è uno dei protagonisti del processo produttivo della carta: essa è un mezzo di trasporto sia di energia (vapore per i cilindri) sia di materia (fibre di cellulosa nella fase di preparazione impasti e in testa macchina).

L'impianto di depurazione delle acque reflue, pur non essendo parte attiva del processo produttivo della carta, non deve assolutamente mancare dentro una cartiera, viste le grandi quantità di acqua utilizzate.

Il depuratore garantisce la reimmissione dell'acqua in natura con i parametri chimico-fisici a livelli consoni per non causare danni ecologici. Se per qualche motivo il depuratore non dovesse funzionare correttamente, la cartiera deve essere fermata.

Nello stabilimento di Verona, negli ultimi anni, il gruppo Fedrigoni ha scelto di fare un grosso investimento per avere un impianto di depurazione all'avanguardia, funzionante in maniera eccellente. Il personale incaricato di gestirlo esegue questo compito con passione e determinazione, con la consapevolezza che il loro piccolo contributo è di estrema rilevanza per l'ambiente.

5. BIBLIOGRAFIA

- 1) <https://fedrigoni.com>
- 2) Zampieri N., *Studio del processo di produzione della carta e delle sue principali caratteristiche*, Università degli Studi di Padova, Padova
- 3) Burato A., Gurzoni F., *L'acqua in cartiera*, dispense per il Corso per Tecnici Cartari, Istituto San Zeno, Verona