

PROVINCIA DI BRESCIA  
**COMUNE DI BAGOLINO**

**NUOVO DEPURATORE A SERVIZIO  
 DEL COMUNE DI BAGOLINO**

**HEUREIN** - Ingegneria e Territorio  
 Studio Professionisti Associati  
 40133 Bologna - Via Emilia ponente, 88  
 Tel. 051.388744 - Fax. 051.388772  
 P.Iva 03864810373  
 e-mail: heurein.segreteria@gmail.com



5					
4					
3					
2					
1	12/2019	Seconda emissione	Ing. Francesco Gradilone	Ing. Francesco Gradilone	
0	02/2019	Prima emissione	Gradilone	Gradilone	-
Revisione	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato

**DESCRIZIONE**

**PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA**

**CONTENUTO**

**Allegato 1 alla Relazione Tecnica**

NOME FILE R0009 Cronoprogramma.docx			DISEGNO NUM.			
SCALA	COMMESSA	NUM. PROGETTO	TIPO DOC.	NUMERO	PARTI	REVISIONE
	ACI-3321-018-IE-60AF27AA	P0I81501	PRPR	R0003.1	All.1	00

Il presente documento non potrà essere copiato riprodotto o altrimenti duplicato in tutto o in parte senza autorizzazione scritta d A2A Ciclo Idrico S.p.A.

## SOMMARIO

<b>1</b>	<b>OVER VIEW DEL PROCESSO MBBR .....</b>	<b>3</b>
1.1	<b>DATI GENERALI.....</b>	<b>3</b>
1.1.1	L'ELEVATA ELASTICITA' DEL PROCESSO MBBR .....	4
1.1.1.1	L'esperienza del depuratore di Castelnuovo Magra .....	4
1.1.1	IL PROCESSO MBBR PER I TRATTAMENTO DI REFLUI INDUSTRIALI .....	6
1.2	<b>SCHEMA DI PROCESSO .....</b>	<b>8</b>
1.3	<b>CRITERI PROGETTUALI .....</b>	<b>9</b>
1.3.1	Mezzi di riempimento.....	9
1.3.2	Pretrattamento delle acque reflue .....	10
1.3.3	Aerazione dei liquami .....	10
1.3.4	Chiarificazione finale .....	10
1.4	<b>EFFICIENZA DEPURATIVA .....</b>	<b>10</b>
1.5	<b>LIMITI E VANTAGGI.....</b>	<b>10</b>
1.5.1	Vantaggi.....	10
1.5.2	Limiti .....	11
1.6	<b>CAMPO DI APPLICAZIONE.....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>FILIERE TIPO .....</b>	<b>11</b>
2.1	<b>CONSISTENZA AGGLOMERATO: &gt; 2.000 A.E. ....</b>	<b>11</b>
2.1.1	Scarico 2.000 – 5.000 Abitanti serviti .....	11

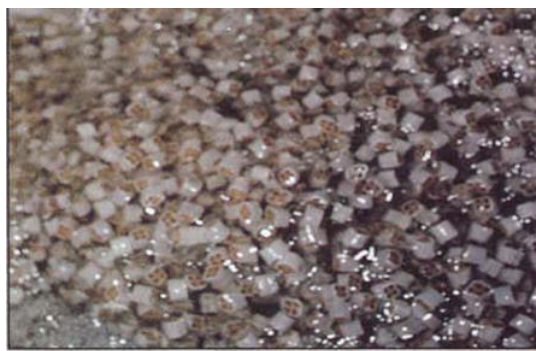
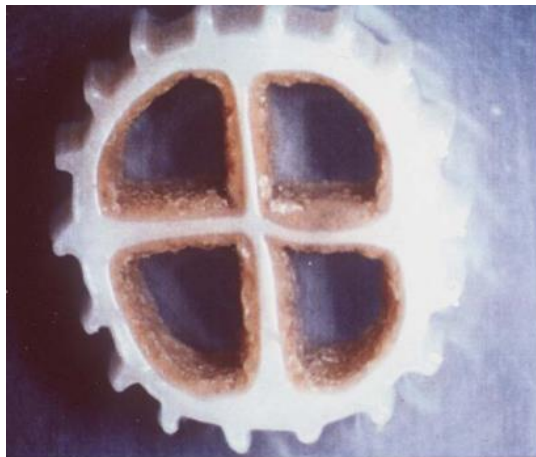
## 1 OVER VIEW DEL PROCESSO MBBR

### 1.1 DATI GENERALI

Si tratta di un processo biologico a massa adesa, dove i microrganismi attecchiscono alla superficie di speciali supporti presenti nel reattore attraverso lo sviluppo di una pellicola biologica di diverso spessore, a seconda del carico organico associato al refluo in ingresso. Il progressivo ispessirsi della pellicola, da una parte influenza la diffusione dei substrati organici e dell'ossigeno, dall'altra determina, in funzione delle caratteristiche idrodinamiche nel reattore, il parziale distacco delle pellicole dai supporti attraverso il fenomeno noto come "distacco delle pellicole di spoglio". Nei sistemi a massa adesa, la biomassa attiva presente nel reattore non deve essere reintegrata con il ricircolo dei fanghi, in quanto, essendo adesa ai supporti, non viene allontanata con l'uscita dell'effluente.

Il processo MBBR è costituito da bacini aerati o non, del tutto simili a quelli per fanghi attivi, contenenti in sospensione dei piccoli corpi di riempimento di forma cilindrica in polietilene (carrier), sui quali cresce la biomassa adesa. I supporti sono liberi di muoversi ed il movimento è garantito dal sistema d'insufflazione dell'aria nei reattori aerobici o da miscelatori meccanici nel caso di reattori anossici o anaerobici.

Le vasche devono essere dotate di griglie per evitare il trascinamento e la fuga dei supporti mobili con l'effluente.



Il sistema di miscelazione assicura la circolazione continua del riempimento all'interno del reattore, e quindi il contatto continuo di questo con il liquame da depurare. Il riempimento occupa un volume compreso tra il 40 ed il 60% del volume del reattore. L'effluente contiene il fango di spoglio e necessita pertanto di una fase di chiarificazione finale.

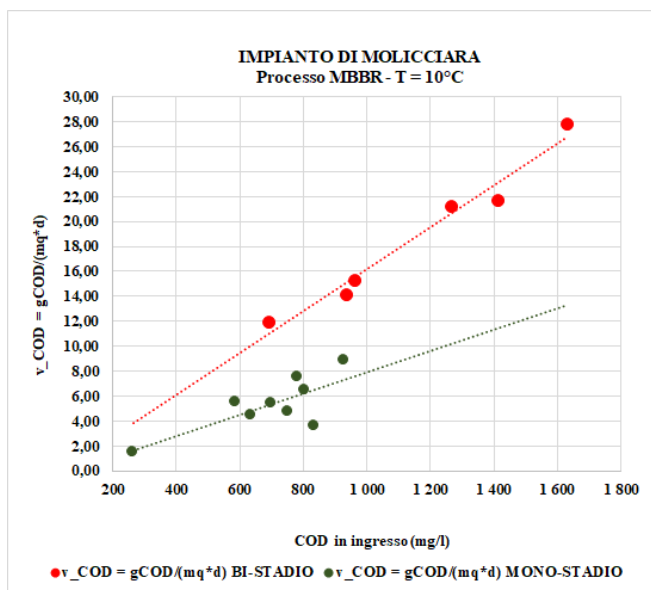
Rispetto ai processi a biomassa adesa fissa, i sistemi MBBR operano in continuo, come i fanghi attivi convenzionali, non sono soggetti ad intasamento, non richiedono contro lavaggi e non inducono la formazione di percorsi preferenziali tra i supporti, essendo mobili e sospesi nel liquame da depurare. I reattori a letto mobile risultano molto flessibili in quanto si prestano per qualsiasi geometria delle vasche e quindi sono adatti all'upgrading degli impianti, dei quali possono essere riutilizzate le vasche già esistenti.

### 1.1.1 L'ELEVATA ELASTICITA' DEL PROCESSO MBBR

Il processo MBBR è interessante nel caso del depuratore Fincantieri per l'intrinseca capacità di assorbire carichi organici puntuali molto elevati, come evidenziato nel grafico riportato sotto. In questo diagramma è riportato il tasso di utilizzo, normalizzato alla temperatura di 10 °C, del COD, dal suo esame si può evidenziare come esso aumenta all'aumentare della concentrazione di inquinante nel refluo da depurare. In effetti, in tutti i processi biologici ciò avviene, ma nei processi a biomassa adesa esso rappresenta un fenomeno più eclatante perché entrano in gioco i coefficienti di diffusione molecolare delle varie sostanze.

In altri termini, le sostanze devono penetrare la pellicola biologica che si forma sui supporti e questo avviene per ciascuna sostanza con legge proporzionale alla diffusività molecolare ed alla concentrazione presente nel mezzo che circonda la pellicola.

Pertanto, maggiore è la concentrazione e maggiore è la massa di sostanza che raggiunge le cellule posizionate nella parte interna della pellicola. Da cui la maggiore adattabilità del processo rispetto ad altri dove questo fenomeno è meno evidente.



#### 1.1.1.1 L'esperienza del depuratore di Castelnuovo Magra

L'impianto, originariamente del tipo a Fanghi Attivi, nel 2008 è stato ristrutturato prevedendovi un processo a biomassa adesa in letto Mobile (MBBR). La scelta è stata dettata dall'insufficienza dei volumi disponibili a sostenere un processo a biomassa sospesa.

L'impianto doveva trattare 72 – 88 m³/h di liquami. Le opere realizzate rappresentano un primo stralcio funzionale pari al 50% della potenzialità finale, su una delle due linee biologiche di trattamento previste. In termini sintetici l'impianto è così composto:

<b>Denitrificazione:</b>	<b>n.1 unità da 220 m³ con 120 m³ di carrier</b>
<b>Nitrificazione:</b>	<b>n.1 unità da 390 m³ con 240 m³ di carrier</b>
<b>Flottazione:</b>	<b>n.2 unità per un totale di 56,5 m²</b>
<b>Filtrazione:</b>	<b>n.1 unità con 13,85 m² di superficie</b>
<b>Sistema di aerazione:</b>	<b>in grado di erogare da 350 a 1.500 Nmc/h di aria.</b>

Nel secondo stralcio si sarebbero dovute costruire le opere per il processo biologico della seconda linea; mentre la chiarificazione finale e le altre opere erano già previste in questo primo stralcio.

Nel corso di un anno e mezzo di osservazioni si è potuto constatare che la potenzialità realizzata, seppure dimezzata rispetto a quanto previsto, era in grado di trattare i carichi inquinanti totali in arrivo, pari a quanto previsto per la configurazione finale, come è possibile rilevare dall'esame della tabella a lato testo.

Infatti, se le portate riscontrate in questo primo anno di osservazioni era pari al 16 % in meno dell'atteso, le concentrazioni di inquinanti viceversa era pari al 38 – 34 % in più (rispettivamente per COD ed Azoto), mentre il fosforo era 2,4 volte maggiore di quanto previsto.

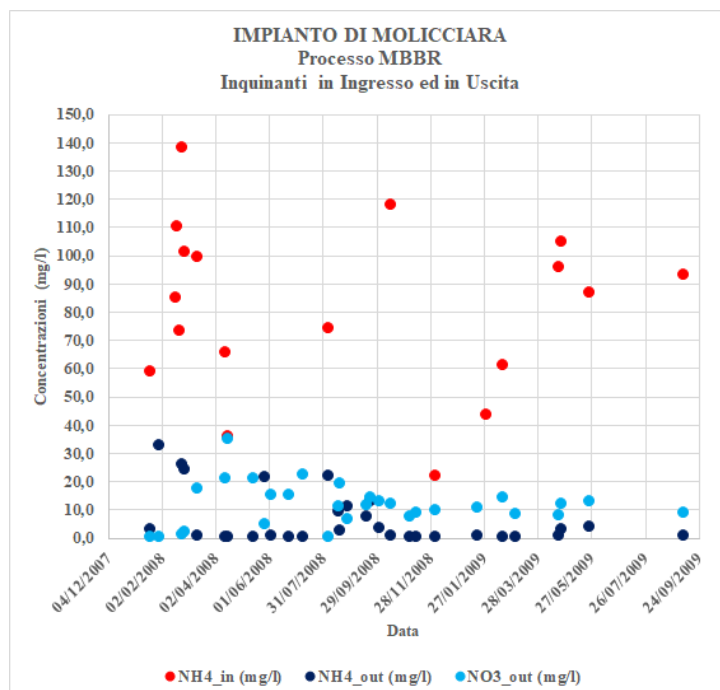
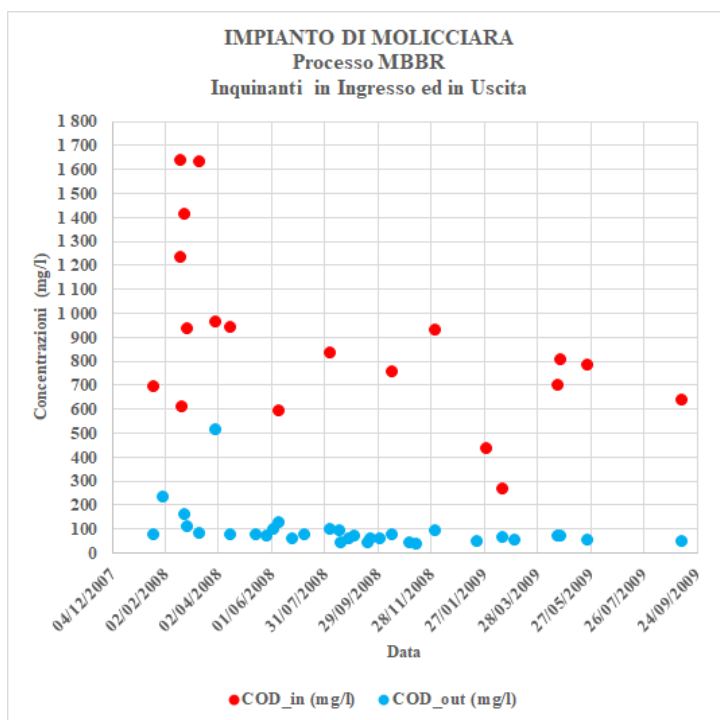
Nonostante questo, l'impianto è riuscito a trattare convenientemente i carichi inquinanti in arrivo, seppure con i volumi di processo dimezzati, dimostrando anche una elevata capacità di far fronte a punte di carico inquinante molto elevate e con probabile presenza anche di scarichi anomali in fognatura.

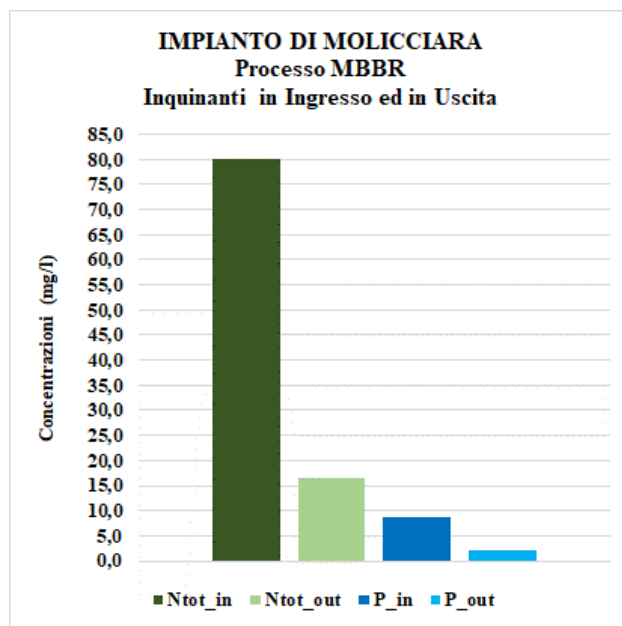
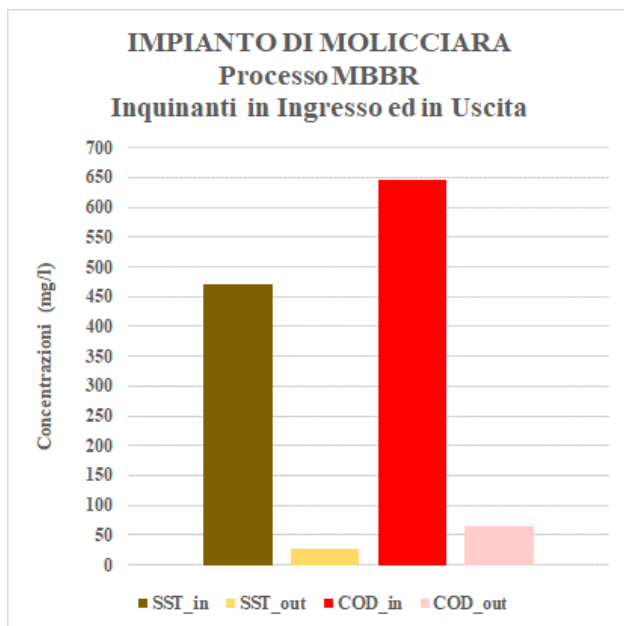
Per meglio illustrare le performans di questo processo si ritiene utile riferirsi a questo primo anno e mezzo di osservazioni, nel corso del quale l'impianto è stato avviato e messo a regime. A lato testo vengono allegati i grafici dei valori in ingresso ed in uscita dei principali parametri di inquinamento rilevati nell'impianto di Moliciara, gestito da ACAM Acque SpA, durante le fasi di avvio dell'impianto.

Si può osservare che malgrado gli alti carichi inquinanti in ingresso all'impianto, non previsti in progetto, trascorso il periodo iniziale di avvio e messa a punto dei processi, l'effluente ha sempre rispettato i limiti allo scarico.

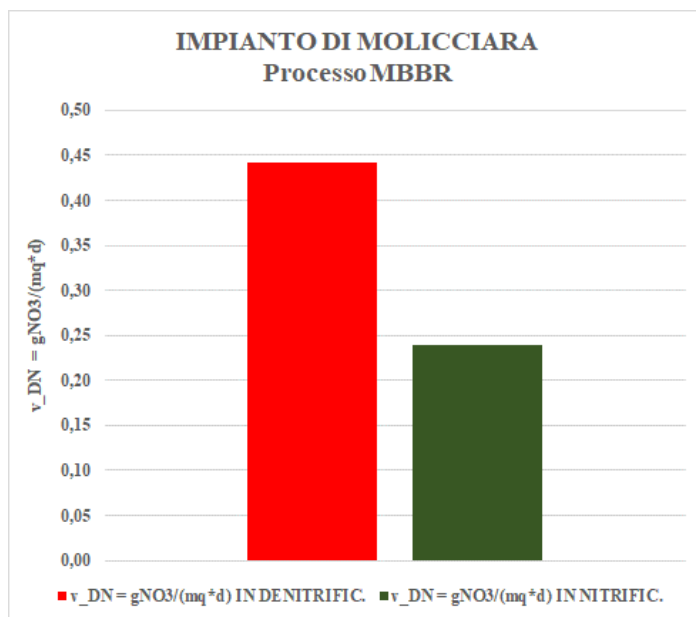
I grafici sotto riportati riepilogano i valori medi in ingresso ed in uscita registrati nell'impianto di Moliciara nel periodo compreso da 15/05/2008 al 29/5/2009.

Parametro	Progetto		Riscontrato	
	Valori medi	85 percentile	Valori medi	85 percentile
Portata (Q24) (m <sup>3</sup> /h)	72,3		60,7	
COD (mg/l)	685	1.087	942	1.413
BOD <sub>5</sub> (mg/l)	340	514	436	511
NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	61,0	78,5	81,6	107,0
Ptot (mg/l)	3,8	4,9	8,5	11,5





L'applicazione di questa impiantistica a biomassa adesa è anche interessante per il significativo processo di denitrificazione che si instaura anche in presenza di ossigeno, come evidenziato nel grafico a lato in cui sono state riscontrate le due velocità di denitrificazione, sia in ambiente aerobico che anossico. In questo caso il processo di denitrificazione, in analogia con quanto illustrato per l'ossidazione del carbonio, avviene in presenza di due substrati: ossigeno e nitrati, che fungono ambedue da accettori di elettroni per i processi biochimici sviluppati dalla massa batterica eterotrofa. Essendo la reazione con l'ossigeno energeticamente favorita, nei processi a fanghi attivi la denitrificazione avviene quasi esclusivamente in assenza o forte carenza di ossigeno.



Viceversa, nei processi a biomassa adesa prevale il fenomeno di penetrazione dei substrati negli strati della pellicola biologica, ovvero le diffusioni molecolari degli stessi e le concentrazioni con cui essi sono presenti nel mezzo liquido. Per cui in presenza di elevate concentrazioni di nitrati nel mezzo liquido a prevalere è la penetrazione della molecola del nitrato nella pellicola biologica a riscapito della molecola dell'ossigeno, da cui l'istaurarsi del processo di denitrificazione anche in presenza di un ambiente esterno alla pellicola di tipo aerobico.

L'esame dei grafici evidenzia anche l'elevata capacità del processo a far fronte a shock per elevate e non previste concentrazioni anomale di inquinanti.

### 1.1.1 IL PROCESSO MBBR PER I TRATTAMENTO DI REFLUI INDUSTRIALI

Inoltre, i processi a biomasse adese sono molto utilizzati per la depurazione di reflui industriali, perché non essendoci fango di ricircolo o limite idraulico alla selezione dei ceppi batterici, di fatto si selezionano ceppi adatti al substrato presente. Il Dipartimento di Ingegneria Chimica dell'Università di Bologna conduce tali studi da svariati anni e con risultati soddisfacenti.

Mentre nei F.A. ceppi batterici che non producono fiocchi che si aggregano e possono sedimentare vengono dilavati e non possono essere presenti in modo significativo nella biomassa presente.

È nota una vasta letteratura scientifica sull'affinità del processo MBBR a trattare efficacemente inquinanti specifici e recalcitranti ad altri trattamenti di tipo biologico. E solo per indicare alcuni studi effettuati si riportano alcune citazioni con relative fonti bibliografiche.

1. *“Aerobic bioreactors for monoaromatic removal from water usually use the fixed film approach with technologies already established with activated sludge reactors, such as moving bed biological reactor (MBBR)”* – da Development of an effective bioremediation technology for volatile monoaromatics removal from contaminated water - UNIVERSITE BLAISE PASCAL-CLERMONT II, Juillet 2008
2. *“The reactor was filled with 85% Polyurethane elements, occupying 3% of the reactor’s liquid volume. Pilot conditions are as follows, Temperature= 15 to 25 ° C, pH= 6.7 to 7.5, dissolved oxygen = 4 to 5 mg/lit, MLSS= 1400 to 1700 mg/L Hydraulic Retention Time (HRT) = 240 minutes and unlimited Solid Retention Time (SRT), after suspended oil removal by oil separation system, COD, NO<sub>3</sub>-N and PO<sub>4</sub>-P removal efficiencies for the MBBR, filtration and activated carbon was 99, 94 and 58%, respectively. The results of the average effluent from each reactor show that denitrification process in the preceding the aerobic MBBR, filtration and activated carbon occurred and in predenitrification system in filtration, consumed most of the biodegradable organic matter. In case of formaldehyde, phenol and total petroleum hydrocarbon (TPH) parameters, they were removed in the pilot up to 96, 79 and 94%, respectively. With the exception of Formaldehyde All parameters in the pilot output are within the standard and this method can be known as an optimal method for treatment of water contaminated with oil”* – da Treatment of Contaminated Waters with Petroleum by Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR)-2012 International Conference on Life Science and Engineering, Singapore
3. *“In this study, the performance of an aerobic moving bed biofilm reactor (MBBR) was assessed for the removal of phenol as the sole substrate from saline wastewater. The effect of several parameters namely inlet phenol concentration (200–1200 mg/L), hydraulic retention time (8–24 h), inlet salt content (10–70 g/L), phenol shock loading, hydraulic shock loading and salt shock loading on the performance of the 10 L MBBR inoculated with a mixed culture of active biomass gradually acclimated to phenol and salt were evaluated in terms of phenol and chemical oxygen demand (COD) removal efficiencies. The results indicated that phenol and COD removal efficiencies are affected by HRT, phenol and salt concentration in the bioreactor saline feed. The MBBR could remove up to 99% of phenol and COD from the feed saline wastewater at inlet phenol concentrations up to 800 mg/L, HRT of 18 h and inlet salt contents up to 40 g/L. The reactor could also resist strong shock loads. Furthermore, measuring biological quantitative parameters indicated that the biofilm plays a main role in phenol removal. Overall, the results of this investigation revealed that the developed MBBR system with high concentration of the active mixed biomass can play a prominent role in order to treat saline wastewaters containing phenol in industrial applications as a very efficient and flexible technology”* – da Biological removal of phenol from saline wastewater using a moving bed biofilm reactor containing acclimated mixed consortia – Nakhli et al. SpringerPlus 2014, 3:112
4. *“In this work, experiments were conducted to treat the pulp and paper mill effluent using moving bed biofilm reactor (MBBR). The wastewater generated by these industries contains high COD, BOD, colour, organic substances and toxic chemicals. This study was carried out on laboratory scale MBBR with proflex type biocarriers, where the biofilm grows on small, free floating plastic*

*elements with a large surface area and a density slightly less than 1.0 g/cm<sup>3</sup>. The reactor was operated continuously at different filling percentages of 40%, 50%, 60%, and 70%. During the different filling percentage, the removal efficiencies of COD & BOD were monitored at the HRT period of 2h, 4h, 6h and 8h. The result showed that the maximum COD and BOD removal of 87% were achieved for 50 percent filling of biocarriers at the HRT of 8 h. From the experimental results, the moving bed biofilm reactor could be used as an ideal and efficient option for the organic and inorganic removal from the wastewater of pulp and paper industry” – da National Conference on Industrial Pollution And Control Technology-2013*

5. *“The previous study showed that the MBBR, which is a hybrid attached growth system, was more stable under variable loading rates and conditions and was used in this study to treat the reduced sulfur compounds in the influent. Liquid phase characteristics and gas phase emissions were measured to evaluate mass balance of sulfide and COD in the system. Under steady state conditions sulfide was found to be nearly completely oxidized with less than 0.3% of the influent sulfide remaining in the MBBR effluent and less than 0.1% in the gas phase” - da IMPROVEMENT OF AN INDUSTRIAL WASTEWATER TREATMENT SYSTEM AT A FORMER VISCOSE RAYON PLANT – RESULTS FROM TWO-STAGE BIOLOGICAL LEACHATE TREATABILITY TESTING - 2006 Water Environment Foundation*
6. *“A new Waste Recycling Facility (WRF) was created at the Sasol coal to liquids facility in Secunda, South Africa with a wastewater treatment system that includes equipment to treat the wastewater and storm water through several steps including equalization, oil removal (gravity separation and dissolved air flotation), lime neutralization/metals precipitation, back-neutralization, fixed-film biological treatment, powdered carbon activated sludge biological treatment, sand filtration and chemical oxidation. It is a unique facility believed to be a first of kind. A pilot study was performed on the fixed film biological treatment unit using the AnoxKaldnes Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) technology for pre-treatment of the wastewater followed by powdered activated carbon (PAC) for additional removal of organic material & nitrification. The start up of the MBBR system was in August 2005 and the waste recycling facility has met beneficial operations since December 2005” da TREATMENT OF HIGH STRENGTH CHEMICAL INDUSTRY WASTEWATER USING MOVING BED BIOFILM REACTOR (MBBR) AND POWDERED ACTIVATED CARBON (PAC) TECHNOLOGY - 2006 Water Environment Foundation*

## 1.2 SCHEMA DI PROCESSO

I sistemi a letto mobile (MBBR) sono caratterizzati da un effluente con 100 – 200 mg/l di Solidi Sospesi totali, a differenza dei sistemi a Fanghi Attivi che presentano concentrazioni di 3.000 – 8.000 mgSST/l.

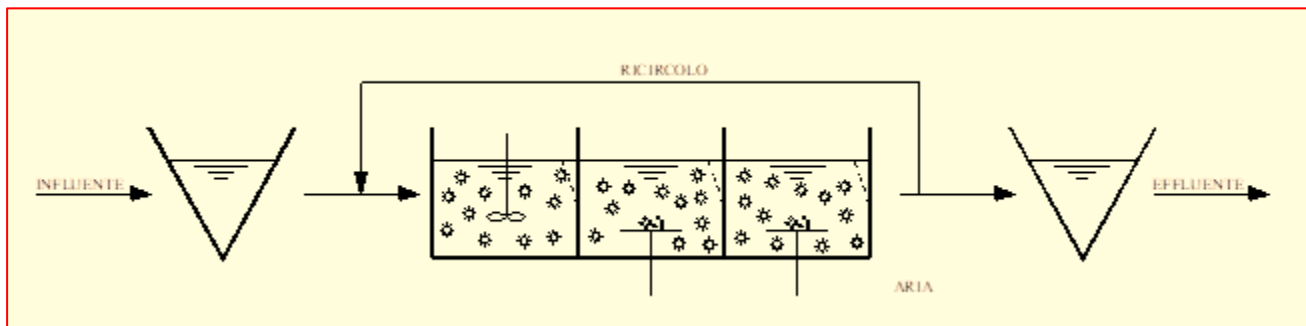
Nei sistemi a fanghi attivi, nello stesso reattore coesistono colonie batteriche non specializzate a trattare le varie fasi del processo (rimozione della componente carboniosa, nitrificazione e denitrificazione); nei processi MBBR si ha una specializzazione della biomassa, perché ogni stadio è un reattore sostanzialmente chiuso rispetto alla circolazione di biomassa (non essendoci ricircolo del fango).

Con una configurazione pluristadio si può raggiungere una efficace rimozione dell'azoto (nitrificazione e denitrificazione), operando con una successione di reattori a letto mobile, ciascuno con diverse condizioni di carico.

Per il trattamento delle acque reflue urbane sono stati studiati diversi schemi di processo, sia in combinazione con reattori a fanghi attivi, sia come processo a se stante; e inoltre senza ricircolo del fango (sistemi puri) che con ricircolo (sistemi ibridi).

Altri e diversi processi sono stati sviluppati per depurare prevalentemente la componente carboniosa (BOD e COD), per rimuovere l'azoto (Nitrificazione e Denitrificazione): pre-denitrificazione e nitrificazione, nitrificazione e post-denitrificazione con l'aggiunta di una sorgente esterna di carbonio, pre-denitrificazione con nitrificazione e post-denitrificazione, ecc.

In questo contesto, per la sua semplicità e per le opportunità applicative, si propone lo schema più semplice di pre-denitrificazione e nitrificazione.



È possibile che questo schema non sempre permetta di raggiungere elevati rendimenti di rimozione dell'azoto, poiché la quantità di sostanza organica rapidamente biodegradabile presente nel refluo, per la scarsa idrolisi dei substrati particolati, non è sufficiente a sostenere il processo di denitrificazione; inoltre le elevate portate di ricircolo dalla nitrificazione ostacolano il mantenimento del reattore di denitrificazione in condizioni anossiche. Infatti, assunto in 15 – 30 minuti il tempo di ritenzione idraulica dei processi MBBR, e considerando che l'idrolisi avviene in tempi non inferiori all'ora, il COD particolato e la frazione lentamente biodegradabile passerebbero pressoché inalterati. La tabella seguente, riassume in via indicativa, i valori tipici dei parametri di dimensionamento.

#### Parametri di dimensionamento

Parametro	Unità di misura	Intervallo di valori
Tempo di residenza idraulica in condizioni anossiche	h	1,0 – 1,2
Tempo di residenza idraulica in condizioni aerobiche	h	3,5 – 4,5
Superficie specifica per il biofilm (per mc di vasca)	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	200 - 250
Carico di BOD	Kg/m <sup>3</sup> *d	1,0 – 1,4
Carico idraulico superficiale applicato al sedimentatore secondario	m/h	0,5 – 0,8

### 1.3 CRITERI PROGETTUALI

#### 1.3.1 MEZZI DI RIEMPIMENTO

Si tratta generalmente di elementi in materiale plastico, di peso specifico poco diverso da quello dell'acqua, contraddistinti da una superficie specifica disponibile per l'attecchimento della biomassa e da un grado di riempimento massimo del volume della vasca.

La tabella seguente ne riporta alcuni tra i più comuni.

Tipo	Casa produttrice	Materiale	Densità (g/cm <sup>3</sup> )	Superficie specifica (m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> )	Grado di riempimento massimo (%)
Natrix	ANOX biosystem AB - Svezia	PEAD	1,02	200 - 300	65
Meteor	Ondeo Degrémont - Francia	PEAD	0,97	220 - 550	60
KTM	Kaldnes - Norvegia	PEAD	0,95	315 - 500	70

### 1.3.2 PRETRATTAMENTO DELLE ACQUE REFLUE

I pretrattamenti sono necessari per impedire l'intasamento delle griglie forate, installate nei reattori MBBR per trattenere gli elementi mobili. Si ritiene idonea una grigliatura fine da 1,5 mm.

Nel caso si sia in presenza di reflui con elevati contenuti di solidi sospesi (valore medio > 1.000 mg/l) può essere idonea una sedimentazione primaria per prevenire l'intasamento dei supporti mobili. Dissabbiatura e disoleatura sono utili.

### 1.3.3 AERAZIONE DEI LIQUAMI

Sono consigliabili sistemi a bolle medie o grosse. È altresì possibile utilizzare sistemi di aerazione costituiti da tubazioni posate sul fondo con distanziatori verticali, forate nella parte bassa e quindi praticamente inintasabili. I rendimenti di trasferimento dell'ossigeno sono molto buoni anche con sistemi a bolle grosse, in quanto la presenza dei riempimenti provoca un moto ascensionale non unidirezionale nelle bolle che ne aumenta il tempo di contatto. È possibile aspettarsi rese di trasferimento maggiori del 30 per cento rispetto al caso con sola acqua pulita.

### 1.3.4 CHIARIFICAZIONE FINALE

Con la configurazione di pre-denitrificazione, la produzione di solidi sospesi totali è stimabile in 0,73 KgSST/KgBOD<sub>5</sub> rimosso, quindi molto simile a quella dei sistemi a fanghi attivi. Non essendo presente il ricircolo dei fanghi nei processi MBBR puri, l'effluente contiene solo i fanghi di spoglio, in concentrazioni di qualche centinaio di mg/l, a fronte dei sistemi a fanghi attivi dove le concentrazioni sono di qualche migliaio di mg/l. Pertanto, è possibile utilizzare sedimentatori a pacchi lamellari che permettono un forte contenimento delle superfici e dei volumi necessari a quest'ultimo comparto. Può essere altresì conveniente effettuare una chiarificazione mediante flottazione ad aria disciolta, specie se si richiede un abbattimento del fosforo (precipitazione simultanea).

In alcuni casi, se le concentrazioni di solidi sospesi in uscita sono molto basse, è possibile effettuare la chiarificazione mediante una sola filtrazione su tela.

## 1.4 EFFICIENZA DEPURATIVA

La tabella successiva illustra i valori tipici di progetto riscontrati sperimentalmente ed in campo per carrier del tipo KTM della Kaldnes con superficie specifica di 500 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> in sistemi puri.

**Valori di progetto alla temperatura di 15 °C**

Substrato	Rendimento di depurazione (%)	Carico applicato (g/m <sup>2</sup> -d) (*)	Carico applicato con riempimento del 67% (kg/m <sup>3</sup> ) (**)
Rimozione del BOD <sub>5</sub>			
alto carico	75 – 80 BOD <sub>5</sub>	20	6,8
medio carico	85 – 90 BOD <sub>5</sub>	13	4,3
basso carico	90 – 95 BOD <sub>5</sub>	6,5	2,1
Nitrificazione			
primo stadio per la rimozione del BOD <sub>5</sub> (O <sub>2</sub> > 3 mg/l)	90 - 95 BOD <sub>5</sub>	5,1	1,7
NH <sub>4</sub> -N in > 3 mg/l (O <sub>2</sub> > 5 mg/l)	90 NH <sub>4</sub> -N	1,00	0,35
Pre-Denitrificazione (C/N > 3,4)	70 NO <sub>3</sub> -N	0,9 NO <sub>3</sub> -N	0,3 NO <sub>3</sub> -N

(\*) riferito alla superficie del biofilm

(\*\*) riferito al volume del reattore

## 1.5 LIMITI E VANTAGGI

### 1.5.1 VANTAGGI

- indipendenza, del tempo di residenza cellulare da quello di ritenzione idraulica nei reattori

biologici;

- assenza della fase di ricircolo dei fanghi e quindi possibilità di migliorare le caratteristiche dell'effluente;
- specializzazione della biomassa adesa nella rimozione dei substrati, con conseguente incremento delle velocità di processo, a cui seguono riduzioni dei volumi dei reattori;
- possibilità di migliorare le prestazioni di impianti esistenti sottodimensionati e possibilità di rispettare standard più restrittivi;
- adattabilità del processo a qualsiasi forma dei reattori esistenti;
- possibilità di incrementare nel tempo la potenzialità dell'impianto, aumentando il grado di riempimento dei supporti nelle vasche;
- semplicità di realizzazione e di gestione per l'adeguamento di impianti esistenti;
- minore sensibilità alle variazioni di temperatura;
- caratteristiche operative molto stabili, con sostanziale resistenza della biomassa a shock per limitazioni temporanee di nutrienti, presenza di tossicità o variazioni di pH;
- assenza di fenomeni di dilavamento della biomassa in caso di elevate portate in tempo di pioggia.

### 1.5.2 LIMITI

- necessità di pre-trattamenti di grigliatura più spinti, per prevenire l'intasamento delle griglie di contenimento dei carrier;
- necessità di una sedimentazione primaria nel caso di elevate concentrazioni di solidi sospesi totali in ingresso;
- elevato costo dei supporti (carrier);
- elevati costi di ossigenazione, per la necessità di garantire concentrazioni di ossigeno più elevate rispetto ai sistemi a F.A. (3 – 5 mgO<sub>2</sub>/l nei sistemi MBBR a fronte dei 2 mg/l nei sistemi a F.A.);
- sensibilità alla presenza di solfuri: con concentrazioni di 0,5 mgS/l e presenza di elevate concentrazioni di sostanza organica si ha una diminuzione della velocità di nitrificazione del 30 – 40%.

### 1.6 CAMPO DI APPLICAZIONE

- upgrading di impianti dove è possibile riutilizzare le vasche esistenti;
- interventi su impianti con la sezione di sedimentazione sottodimensionata;
- piccoli impianti al servizio di fognature miste, dove si rende problematica un'efficace scolmatura delle acque di pioggia;
- piccoli impianti per i quali sono prevedibili nel breve termine incrementi di potenzialità dell'ordine di 2 ad 1.
- piccoli impianti al servizio di fognature che veicolano liquami molto diluiti e per i quali non si richiedono standard dell'effluente molto restrittivi.

## 2 FILIERE TIPO

### 2.1 CONSISTENZA AGGLOMERATO: > 2.000 A.E.

#### 2.1.1 SCARICO 2.000 – 5.000 ABITANTI SERVITI

- Pretrattamenti: non si ritiene necessaria l'equalizzazione della portata in ingresso. Il sollevamento deve essere dimensionato per permettere l'alloggiamento di tre pompe in parallelo (una in riserva attiva). Per la grigliatura è preferibile una griglia a tamburo con spaziatura da 1,5 – 3,0 mm, completa di barra di lavaggio: produce una mondiglia meno putrescente. È consigliabile una desabbiatura/disoleatura aerata, con estrazione delle sabbie a mezzo di pompa (air-lift) e dei flottati da smaltire insieme ai fanghi di supero. Per lo stoccaggio di sabbia e mondiglia si possono utilizzare bag in tela a perdere, con carrello per la movimentazione.
- Denitrificazione: le griglie di contenimento dei carriers devono essere facilmente accessibili ed estraibili per le operazioni di pulizia; il ricircolo dei nitrati deve essere effettuato a mezzo di air-

- Ossidazione: le griglie di contenimento dei carriers devono essere facilmente accessibili ed estraibili, per le operazioni di pulizia. Per il sistema di diffusione dell'aria sono preferibili tubazioni di fondo semplicemente forate.
- Chiarificazione: il sedimentatore a pacchi lamellari è da prevedersi se non è possibile utilizzare il manufatto esistente, anche tipo vasca Dortmund.
- È consigliabile che lo stoccaggio fanghi sia provvisto di diffusione d'aria, per facilitare l'espulsione di surnatante e prevenire reazioni anaerobiche.

**Indicazioni di progetto (  $T = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$  )**

Comparto	Dimensioni dello scarico (Abitanti serviti)		
		5.000	
Volume di denitrificazione (m³)		150	
Volume di ossidazione I stadio (m³)		450	
Volume dell'ossidazione II stadio (m³)		250	
Grado di riempimento con carriers (%)		30 – 67 %	
Superficie specifica dei carriers (m²/m³)		500	
Superficie equivalente del sedimentatore lamellare (m²)		345	
Volume di stoccaggio dei fanghi di supero (m³)		160	

