

Applicazioni essenziali della respirometria per un processo a fanghi attivi con rimozione dell'azoto eseguito con un respirometro BM



Autore: [Emilio Serrano - SURCIS, S.L.](#)

Email: eserrano@surcis.com

www.surcis.com

Parole chiave: Respirometria, Biodegradabile, Tasso di respirazione, Frazioni COD, Nitrificazione, Denitrificazione, Età dei fanghi, Fabbisogno effettivo di ossigeno, Efficienza di trasferimento dell'ossigeno nel processo, Fattore di incrostazione

Astratto

La lentezza dinamica del processo a fanghi attivi è uno dei principali svantaggi quando si prendono decisioni. Qualunque sia la misura che si decide di prendere, i suoi effetti sul processo non saranno chiaramente osservati prima che siano trascorsi alcuni giorni.

Questo fatto rende particolarmente importante, da un lato, individuare i problemi il prima possibile e, dall'altro, prendere le decisioni giuste fin dal primo momento. Per questo motivo è necessario uno strumento in grado di svolgere tutte queste funzioni in modo semplice, pratico e relativamente veloce, e tutto questo si ottiene con la Respirometria BM, sviluppata dall'azienda Surcis S.L.

È importante tenere presente che i fanghi attivi di un impianto di trattamento sono un processo vivente con una propria respirazione; Pertanto, la mancanza di informazioni sufficientemente rapide su questo aspetto può causare grave confusione nel monitoraggio e nel controllo di un processo di trattamento dei fanghi attivi, con ripercussioni sulla qualità dell'effluente e sul consumo di energia.

1. Introduzione

La respirometria BM di Surcis, S.L. combina la respirometria tradizionale, basata sul consumo di ossigeno della biomassa dei fanghi, con un'esclusiva tecnologia Surcis che include un software avanzato che consente la misurazione e il calcolo automatico dei parametri biologici decisivi per i processi di trattamento biologico delle acque reflue utilizzando fanghi attivi con rimozione dell'azoto relativamente veloce.

Inoltre, questa tecnologia, oltre ad essere uno strumento fondamentale nel controllo e nella protezione dei processi a fanghi attivi, è un importante strumento per la realizzazione di studi e attività di ricerca e sviluppo nelle diverse tipologie di processi di trattamento. In questo articolo descriveremo in modo sintetico e schematico le applicazioni più importanti che permettono di giustificare in modo chiaro l'utilizzo della Respirometria BM, attraverso i diversi modelli di respirometria (sistemi di respirometria BM) di Surcis per il controllo, la protezione e la ricerca di un processo biologico dei fanghi attivi in un impianto di trattamento delle acque reflue.

2. Respirometria BM

Questo tipo di respirometria si basa su un sistema unico sviluppato da Surcis, che utilizza una combinazione di LFS e LSS modificati. Questo dà vita a diversi modelli di respirometri BM con diverse opzioni per i parametri derivati dalla respirometria e misurazioni complementari.

Questa tecnologia ci permette di adattare il test alle diverse condizioni di pH, temperatura, ossigeno e rapporto campione/fango durante la pre-programmazione del test e anche durante la sua esecuzione.

Permette inoltre la possibilità di introdurre alcuni dati che possono partecipare ai calcoli automatici dei parametri fondamentali nei processi di depurazione.

Opzionalmente, utilizzando uno speciale reattore (bio-carrier), i respirometri BM possono eseguire test di respirometria con letti batterici per processi di tipo MBBR e biomassa granulare.

Figura 1. BM Respirometry System – BM Advance model

1. Sistema di controllo automatico del pH
2. Sensore di pH
3. Sensore di ossigeno disciolto
4. Motore agitatore
5. Pompa peristaltica
6. Reattore
7. Sistema di controllo automatico della temperatura
8. Leeds per il controllo dei dispositivi
9. Regolatore di ossigeno e temperatura
10. PC con software BM



Tabella 1. Modi operativi e parametri automatici In Respirimetria BM

OUR & Cyclic OUR

OUR: tasso di assorbimento dell'ossigeno (mg O₂/l.h)

Misura il tasso di assorbimento dell'ossigeno per una sola misurazione o per una serie di misurazioni.

SOUR: OUR specifico (mg O₂/g VSS.h)

OUR specifico relativo a MLVSS. $SOUR = OUR / MLVSS$

R

Rs: Tasso di respirazione dinamica (mg O₂/l.h)

Misura il tasso di assorbimento dell'ossigeno dalla miscela di fanghi attivi e una certa quantità di campione di acque reflue o di composto in una catena continua di misurazioni.

Rsp: Tasso di respirazione specifica dinamica (mg O₂/g VSS.h)

Rs specifico riferito a MLVSS. $Rsp = Rs / MLVSS$

bCOD: COD biodegradabile (mg O₂/l)

Frazione di COD biodegradabile o solubile facilmente biodegradabile, basata sull'integrazione delle misure di Rs da una miscela di fanghi attivi e campione biodegradabile.

U: Velocità di rimozione del COD (mg COD/l,h)

Velocità di rimozione del COD.

q: Tasso di rimozione del COD specifico (mg COD/ mg VSS.d)

U specifica riferita alla concentrazione MLVSS.

3. Alcune applicazioni che possono giustificare l'uso della Respirimetria BM

1. Prendere il polso del processo di trattamento dei fanghi attivi.
2. Trova la causa delle basse prestazioni di BOD o COD.
3. Tasso di nitrificazione - Trova le possibili cause di basse prestazioni di nitrificazione.
4. Ottimizzazione dell'energia grazie al minimo di ossigeno nella nitrificazione.
5. Tasso di denitrificazione – Identificazione delle possibili cause di basse prestazioni di denitrificazione.
6. Età ottimale dei fanghi e F/M nel contesto dell'ottimizzazione energetica.
7. Fabbisogno effettivo di ossigeno (AOR).
8. Valutazione dei sistemi di aerazione mediante diffusori

3.1. Tastare il polso del processo a fanghi attivi

Il polso del processo può essere preso attraverso la valutazione del rapporto del fattore di carico (FC) tra i fanghi influenti (FED OUR) e i fanghi effluenti (UNFED OUR) nel reattore biologico.

$$FC = \frac{FED\ OUR}{UNFED\ OUR} \quad (1)$$

Tabella 2. Guida agli intervalli dei fattori di carico

FC	Valutazione (polso)
$FC \leq 1$	Carico inibitorio o tossico
$1 < FC < 2$	Scarse prestazioni o carico molto basso
$2 < FC < 5$	Buone prestazioni e carico normale
$FC \geq 5$	Sovraccarico

Ron Sharman - Water and Wastewater Technology, LBCC.

3.2. Trovare la causa di scarse prestazioni BOD o COD

Oltre alla possibile inibizione o tossicità (che viene rilevata anche dalla respirometria), le cause molto probabili di scarse prestazioni nella rimozione della materia organica sono le seguenti:

- Bassa concentrazione di biomassa attiva
- Alto inerte (COD non biodegradabile (nbCOD) o COD ad alta biodegradabilità lenta (sbCOD)
- Bassa concentrazione di biomassa attiva (X)

Bassa concentrazione di biomassa attiva

Il tasso di respirazione endogena (OUR_{end}) è la velocità ottenuta dal fango attivo in assenza di qualsiasi tipo di substrato. Quindi, poiché dipende esclusivamente dai microrganismi, è direttamente proporzionale alla concentrazione di biomassa attiva (X)

Pertanto, quando l'OUR_{end} è al di sotto dell'intervallo normale, indicherà che la concentrazione di biomassa è eccessivamente bassa.

Le cause di una bassa concentrazione di biomassa attiva potrebbero derivare dalla mancanza di nutrienti, da condizioni di processo fuori intervallo e dalla recente presenza di alcune sostanze tossiche.

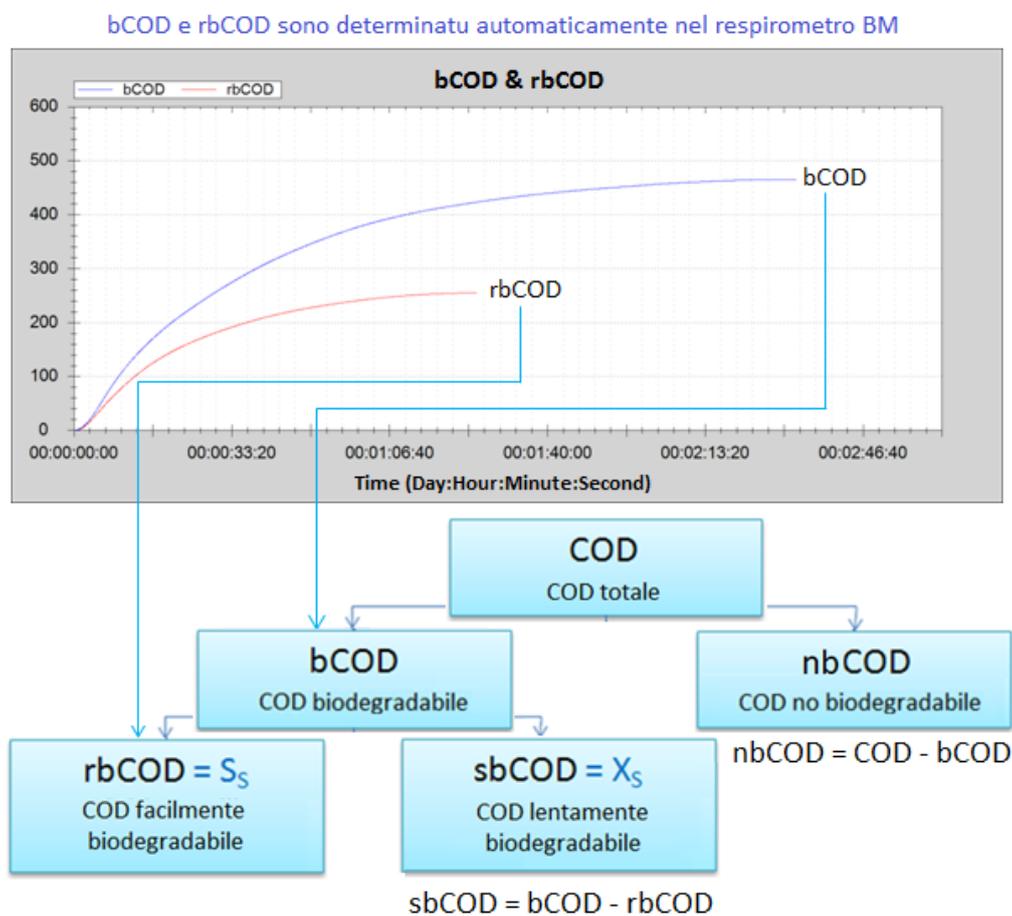
Tabella 3. Guide table for OUR_{end} vs MLVSS

MLVSS (mg/l)	OUR_{end} (mg/l.h)
1000	2 – 3.5
1500	3 - 5
2000	4 - 7
2500	5 – 8.5
3000	6 - 10
3500	7 - 12
4000	8 – 13.5
4500	9 – 15.5

Valori elevati di COD inerte e/o COD lentamente biodegradabile.

La presenza di un elevato carico di COD lentamente biodegradabile o di COD inerte può portare a una bassa prestazione di eliminazione della materia organica e può anche causare una carenza di carbonio organico come nutriente per lo sviluppo di biomassa attiva.

Figura 2. Principali frazioni di COD da due test di Respirimetria BM



Utilizzando il modo R della Respirometria BM, è possibile determinare automaticamente le frazioni di COD del COD totale prontamente biodegradabile (bCOD) e del COD facilmente biodegradabile (rbCOD, Xs).

Con il risultato di queste frazioni e del COD totale, sono disponibili dati sufficienti per la determinazione delle frazioni più essenziali del COD, dove si trovano il COD inerte/refrattario e il COD lentamente biodegradabile.

3.3. Tasso di nitrificazione - Possibili cause di scarso rendimento del processo di nitrificazione.

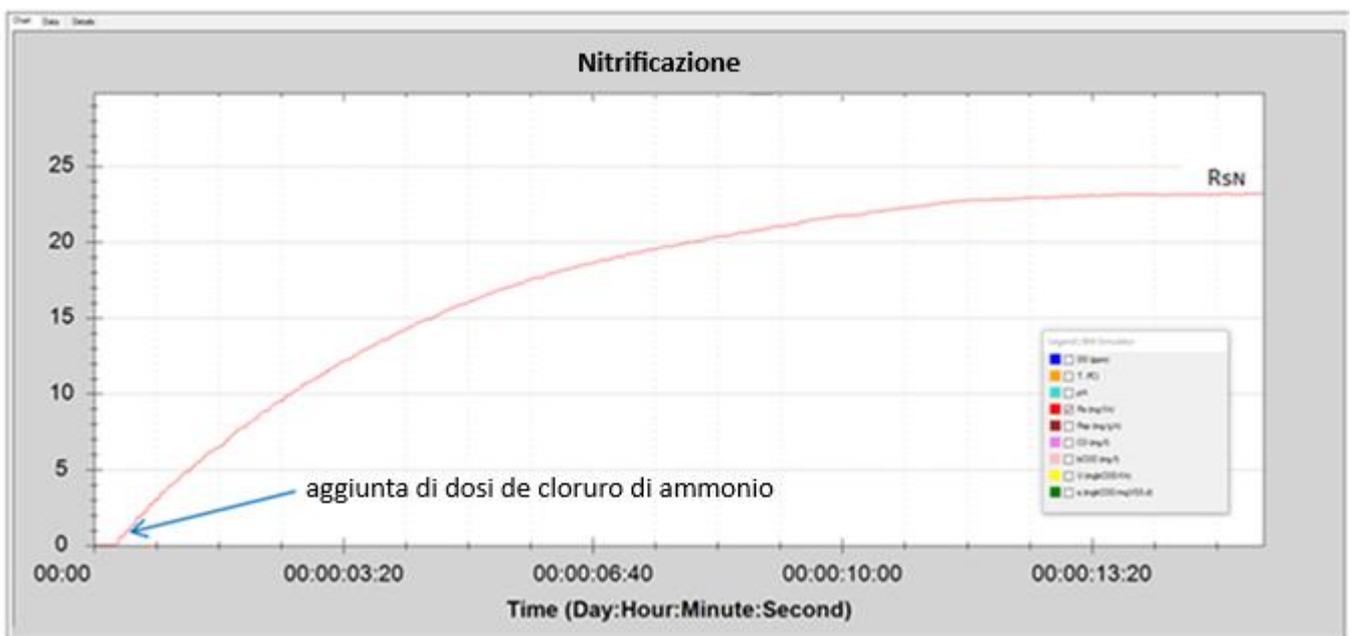
3.3.1. Tasso di nitrificazione

Il parametro chiave per la nitrificazione è il tasso di respirazione della nitrificazione (R_{sN}).

Questo parametro è ottenuto mediante un test R con l'aggiunta di una dose equivalente di cloruro di ammonio nel fango endogeno.

Questi parametri misurano il tasso di rimozione dell'azoto nitrificabile e l'attività nitrificante per unità di solidi volatili.

Figura 3. Respirogramma R per il tasso di respirazione della nitrificazione (R_{sN})



From R_{sN} , the parameters the following parameters can be obtained:

$$AUR = \frac{R_{sN}}{4.57} * F_{DO} \quad (2)$$

$$SAUR = \frac{24 * AUR}{MLVSS} \quad (3)$$

Dove:

AUR: tasso di nitrificazione (mg N/L/h)

4,57: mg di O₂ per mg di azoto in nitrify

F_{OD}: Fattore di correzione dovuto all'ossigeno disciolto = DO / (0,5 + OD)

DO: Ossigeno disciolto (mg/L)

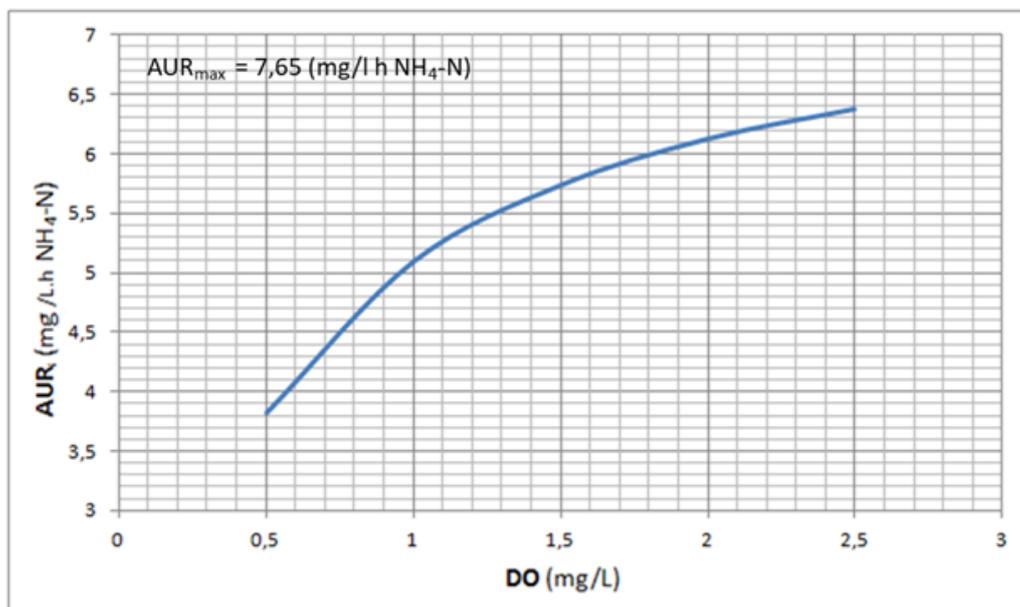
0.5: Coefficiente di ossigeno in semisaturazione: (mg/L) – Valore abituale (ASM3) -

SAUR: Tasso di nitrificazione specifica (g N/g VSS/d)

MLVSS: Solidi sospesi volatili nel liquore misto (mg/L)

Come possiamo vedere, il tasso di nitrificazione dipende dall'ossigeno disciolto (DO). Quindi, così possiamo calcolare questo parametro per un intervallo di valori DO e lasciare il posto a diversi valori AUR e SAUR.

Figura 4. Grafica AUR vs DO



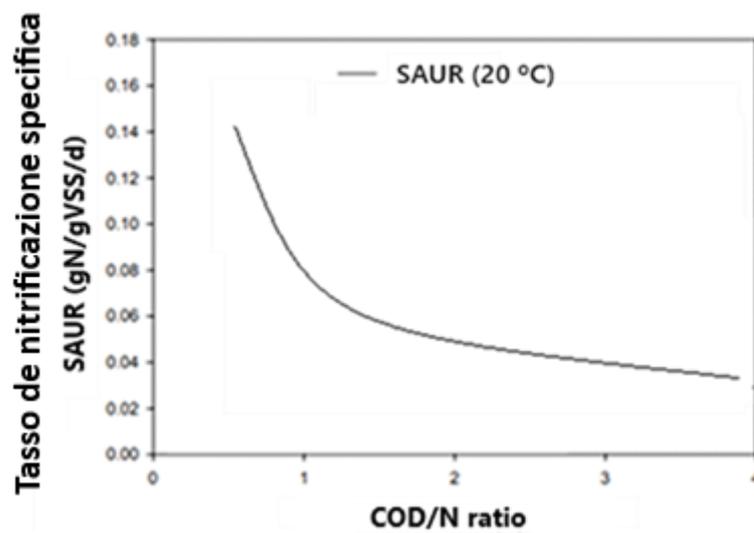
3.3.2. Possibili cause di scarse prestazioni di nitrificazione

Oltre alla tossicità, una bassa prestazione di nitrificazione può essere dovuta a bassa temperatura, basso ossigeno disciolto o bassa concentrazione di biomassa nitrificante dovuta a un eccesso di rapporto COD/N. E tramite la BM Respirometry, tutte queste possibilità possono essere rilevate e analizzate.

Nel grafico di riferimento (Figura 5.) possiamo vedere i valori usuali del SAUR per diversi valori del rapporto COD/N.

Quindi, oltre alla temperatura, quando si confronta il SAUR con i valori di riferimento, si può confermare se il tasso di nitrificazione per unità di solidi volatili è normale (uguale o superiore al riferimento) o, al contrario, è basso (significativamente inferiore al riferimento)

Figura 5. Grafica SAUR per i valori di riferimento



Julian Carrera - 2004

- Basse prestazioni di nitrificazione a causa della carenza di ossigeno

Per il criterio del DO, la formula AUR sarà utilizzata in termini di influenza del DO sul fattore F_{DO} .

Poiché un valore eccessivamente piccolo del DO - a causa di una carenza di ossigeno - causerà una riduzione del tasso di nitrificazione (Figura 4)

- Basse prestazioni di nitrificazione dovute all'eccessivo rapporto COD/N

Per analizzare la possibilità di una bassa concentrazione di biomassa nitrificante, si utilizza normalmente come valore limite il criterio del rapporto $COD/N > 5$. Pertanto, un valore superiore a questo livello impedirebbe la crescita della biomassa nitrificante; e, di conseguenza, la concentrazione di biomassa nitrificante sarà eccessivamente bassa (Figura 6)

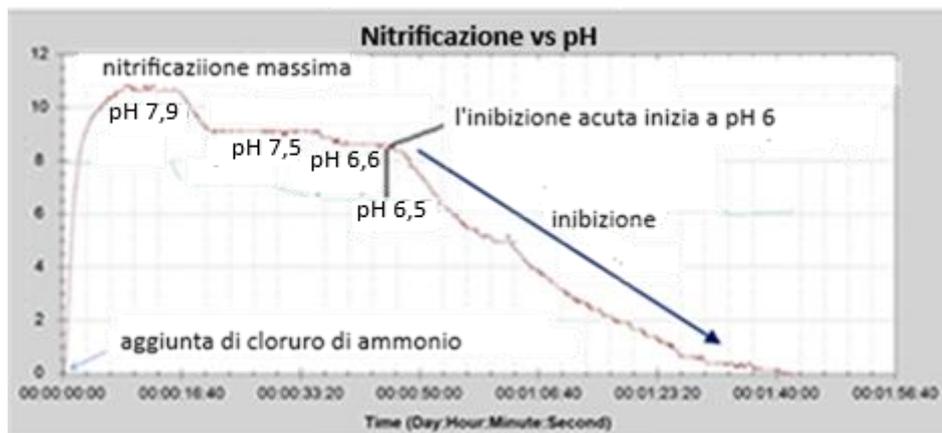
- Basse prestazioni di nitrificazione a causa di un pH eccessivamente basso

Il pH è un parametro fondamentale nel processo di nitrificazione, quindi la riduzione del pH rispetto ai valori di un normale intervallo di lavoro (solitamente compreso tra 7 e 8,5) causerà automaticamente una diminuzione della velocità di nitrificazione, e potrebbe anche portare ad un'inibizione del processo.

Per rilevare l'influenza del pH sul tasso di respirazione della nitrificazione (R_{sN}), è possibile eseguire un test R con fanghi endogeni a cui viene aggiunta una dose di cloruro di ammonio con una concentrazione equivalente di azoto ammoniacale.

Utilizzando il software BM (modello BM-Advance), è possibile variare automaticamente il valore del pH e ottenere diversi valori di R_s a causa della nitrificazione. In questo modo, i diversi gradi di inibizione causati dal calo del pH possono essere identificati fino a quando non viene rilevato il valore limite a partire dal quale si verifica l'inibizione acuta (Figura 7).

Figura 6. Esempio di respirogramma Rs dovuto alla nitrificazione vs diversi valori di pH



3.4. Ottimizzazione dell'energia operando con un livello minimo di ossigeno nella nitrificazione

Le prestazioni di nitrificazione sono direttamente proporzionali al valore del tasso di nitrificazione. Pertanto, le prestazioni attuali saranno direttamente proporzionali all'AUR attuale.

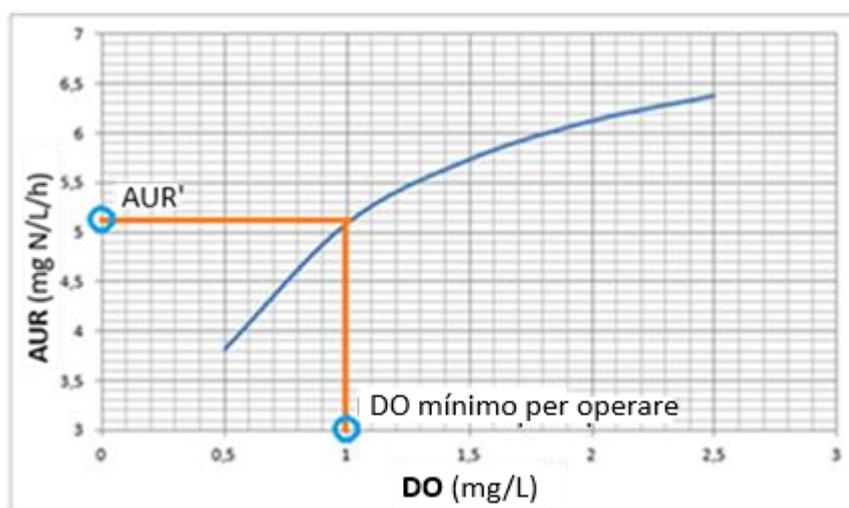
In questo modo, le prestazioni desiderate saranno proporzionali a un certo tasso di nitrificazione (AUR') che dipenderà direttamente dal valore OD (preservando l'età dei fanghi)

$$AUR' = \frac{AUR \text{ attuale} * Performance \text{ desiderate}}{Performance \text{ attuale}} \quad (4)$$

Dalla formula AUR, per un valore seriale di OD otteniamo valori AUR diversi fino a raggiungere l'AUR'.

In questo modo, viene determinato l'ossigeno minimo richiesto e l'aerazione può essere controllata per funzionare al livello minimo richiesto dal processo (Figura 7).

Figura 7. Grafica AUR vs DO per determinare il DO minimo (DO_{min}) per le prestazioni di nitrificazione desiderate



Allo stesso modo, nel reattore respirometrico BM, la concentrazione di SSVLM può essere variata e si può trovare anche il valore ottimale per la corrispondente età dei fanghi (SRT) (vedere [Applications manual for BM Respirometry Respirometría BM](#))

3.5. Tasso di denitrificazione – Possibili cause di scarse prestazioni di denitrificazione

3.5.1. Tasso di denitrificazione

Nel processo di denitrificazione anossica, la rimozione del nitrato è proporzionale alla rimozione del COD dalla materia organica come fonte di carbonio organico. Pertanto, in termini pratici, è anche proporzionale al tasso di respirazione (OUR_{DN}) della biomassa eterotrofica del fanghi attivi all'inizio del processo anossico (*)

(*) Aver precedentemente inibito la domanda di ossigeno mediante nitrificazione (di solito con una dose di Alil-Tiourea)

$$OUR_{DN} = OUR - OUR_{end} \quad (5)$$

Dove:

OUR_{DN} : OUR corrispondente alla biomassa eterotrofica del processo di denitrificazione (mg O_2 /L/h)

OUR : OUR totale (mg O_2 /L/h)

OUR_{end} : OUR dei fanghi in fase endogena (mg O_2 /L/h)

Una volta ottenuto l' OUR_{DN} , è possibile calcolare il tasso di denitrificazione corrispondente:

$$NUR = \frac{OUR_{DN}}{2,86} * \frac{0,2}{0,2 + DO_{DN}} \quad (6)$$

Fonte: Basato sui principi di E.CHOI e R.DAEHWAN. 2000. Università Corea - W.W. Eckenfekder & J.L. Musterman - 1995

Dove:

NUR : Tasso de denitrificazione (mg $N-NO_3$ /L./h)

0,2: Coefficiente per la presenza di DO nel processo anossico per la denitrificazione (mg/L)

DO_{DN} : Ossigeno disciolto nel processo anossico di denitrificazione (mg/L)

3.5.2. Cause di scarse prestazioni di denitrificazione

Per valutare il valore del tasso di denitrificazione specifico possiamo utilizzare una tabella di riferimento (Tabella 4) a titolo indicativo:

Tabella 4. Tabella di riferimento per i valori specifici di NUR (SDNR)

Estimated Specific Denitrification Rates

Temp ° C	Estimated SDNR	Temp ° C	Estimated SDNR
10	0.035	18	0.076
12	0.042	20	0.091
14	0.052	22	0.110
16	0.063	24	0.132

SDNR = $NUR / MLVSS$

Long Island Sound Training – Nitrogen Removal - 2003 (EPA)

Oltre alla possibile tossicità globale o alla bassa temperatura, le cause più probabili di scarse prestazioni di denitrificazione possono includere quanto segue:

- Denitrificazione parziale grazie al breve tempo di ritenzione idraulica

Il tempo di ritenzione idraulica richiesto per la rimozione dei nitrati (TRHDN) è calcolato come segue:

$$HRT_{DN} = \frac{S_{NO_3}}{NUR} \quad (7)$$

Where:

HRT_{DN} : Tempo di ritenzione idraulica necessario per una completa denitrificazione (h)

S_{NO_3} : Nitrato per denitrificare (mg N- NO_3/L)

Con ciò, le scarse prestazioni possono derivare dal fatto che l'attuale tempo di ritenzione idraulica della zona anossica è inferiore all' HRT_{DN} .

- Presenza di ossigeno disciolto elevato nel processo anossico per la denitrificazione

La presenza di ossigeno disciolto superiore a 0,2 (mg/L) nella zona anossica di denitrificazione riduce il tasso di denitrificazione a causa del fattore $0,2 / (0,2 + ODDN)$ che viene applicato alla formula NUR.

Ciò aumenta il tempo di ritenzione idraulica richiesto del processo di denitrificazione, il che apre la possibilità di denitrificazione parziale.

- Mancanza di COD biodegradabile

Il rapporto tra l'ossigeno consumato dal COD biodegradabile (CO_{DN}) e il nitrato rimosso è 2,86:

$$CO_{DN} = S_{NO_3} * 2,86 \quad (8)$$

Spanjers, Peter A. Vanrolleghem – 2004

Il COD facilmente biodegradabile necessario per la denitrificazione è calcolato come segue:

$$rbCOD_{DN} = \frac{CO_{DN}}{1 - Y_{HD}} \quad (7)$$

Müller et al., 2003

Dove:

$rbCOD_{DN}$: COD facilmente biodegradabile necessario per la denitrificazione (mg/L)

Y_{HD} : Coefficiente di rendimento per la produzione di biomassa durante la denitrificazione $\approx 0,55$ (O_2/COD)

Con questo, verrà eseguito un test R con un campione di acque reflue dall'ingresso al processo anossico per la determinazione automatica dell' $rbCOD$ e quindi il valore calcolato verrà confrontato con l'attuale $rbCOD$.

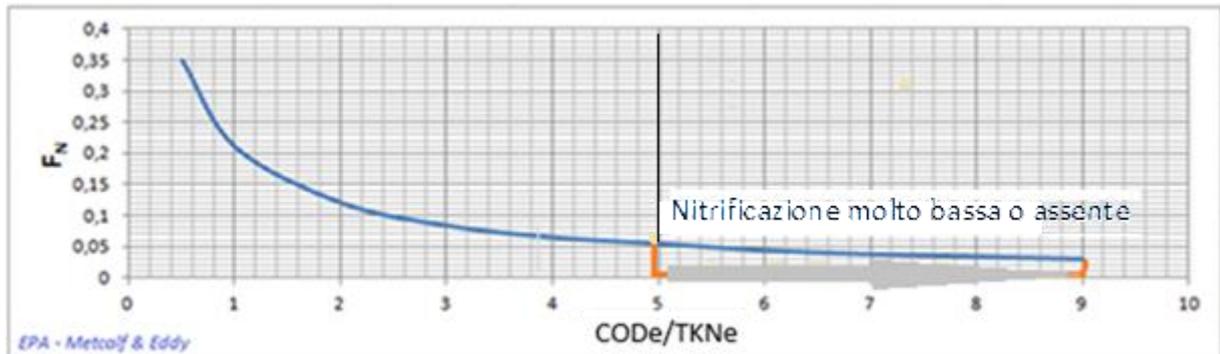
Logicamente, la condizione deve essere che l'attuale $rbCOD$ sia uguale o superiore all' $rbCOD_{DN}$.

E nel caso in cui il COD attuale sia inferiore all' $rbCOD$ calcolato, sarà confermato che il processo necessita di ulteriore COD facilmente biodegradabile (solitamente metanolo)

3.6. Determinazione dell'età dei fanghi nell'ambito dell'ottimizzazione energetica

Il primo passo sarà la stima del valore della biomassa nitrificante, che può essere effettuata a partire da un grafico basato sul rapporto COD/NTK (Figura 8)

Figura 8. Grafico del CODE / TKNe vs porzione di biomassa nitrificante



Metcalf & Eddy – EPA 2006

Dove:

CODE: COD eliminato per una determinata performance (mg/L)

TKNe: TKN eliminato per una determinata prestazione (mg N/L)

La concentrazione di biomassa nitrificante è calcolata come segue:

$$X_A = F_N * MLVSS \quad (10)$$

Dove:

X_A : Concentrazione di biomassa autotrofica (mg/L)

F_N : Porzione di biomassa nitrificante nel totale MLVSS.

MLVSS: Solidi sospesi volatili di liquido misto (mg/L)

Una volta noto il valore X_A , il valore dell'età ottimale dei fanghi può essere calcolato a partire dal valore dell'AUR ottenuto dall'ossigeno minimo per una data prestazione del processo di nitrificazione (cfr. punto 3.4)

$$SRT = \frac{X_A}{24 * AUR'} \quad (11)$$

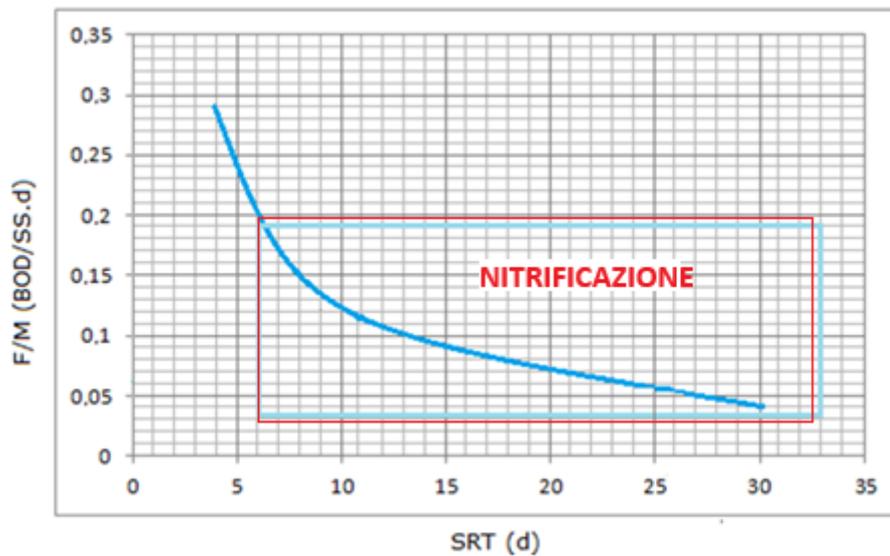
Dove:

SRT: Età minima dei fanghi per una data prestazione del processo di nitrificazione (d)

AUR' : AUR corrispondente all'ossigeno minimo (cfr. punto 3.4.) e calcolato a partire da un dato AUR desiderato (mg N/L(h))

Una volta calcolata l'età dei fanghi, si può passare alla corrispondente velocità di carico (F/M) (Figura 9.):

Figura 9. Grafico F/M vs TRC



E. Ronzano & J.L. Dape

3.7. Fabbisogno effettivo di ossigeno (AOR) per l'età attuale dei fanghi e l'ossigeno disciolto.

The steps to follow:

1. Fabbisogno effettivo di ossigeno dovuto alla respirazione endógena

$$AOR_{end} = V_r * OUR_{end} * 24 / 1000$$

$$AOR_{end} = V * \frac{24 * OUR_{end}}{1000} \quad (12)$$

Dove:

AOR_{end} : Fabbisogno di ossigeno dovuto alla respirazione endogena (kg O_2 /d)

V: Volume del reattore biologico aerobico (m^3)

OUR_{end} : Tasso di assorbimento dello xigeno dei fanghi in respirazione endógena (mg/L/h)

2. Fabbisogno effettivo di ossigeno dovuto alla rimozione di materia organica

$$AOR_C = Q * \frac{CO}{1000} \quad (13)$$

Dove:

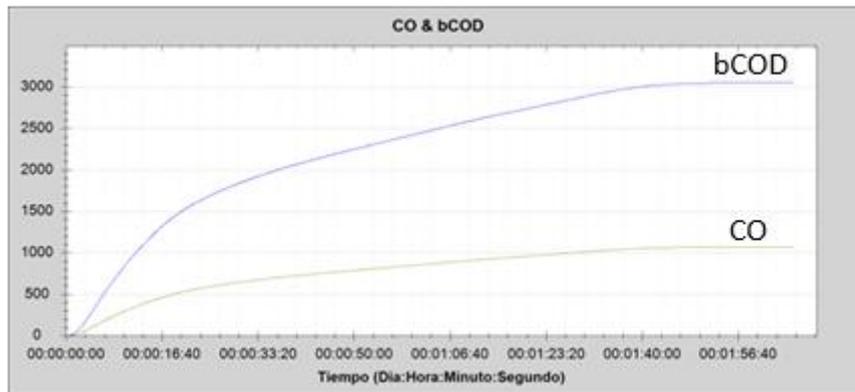
AOR_C : Fabbisogno di ossigeno dovuto alla rimozione di materia organica (kg O_2 /d)

CO: Consumo netto di ossigeno nella rimozione della materia organica (mg O_2 /L) (*)

Q: Flusso di ingresso del processo (m^3 /d)

(*) Il CO viene calcolato automaticamente nel test di respirometria bCOD contemporaneamente.

Figura 10. Test respirometrico per bCOD e CO simultanei



3. Fabbisogno effettivo di ossigeno per la nitrificazione

$$AOR_N = 4,57 * \frac{Q * N_n}{1000} \quad (14)$$

Dove:

AOR_N : Fabbisogno effettivo di ossigeno per la nitrificazione (kg O_2 /d)

N_n : Azoto da nitrificare \approx TKN rimosso - 0,05 * BOD rimosso (sintesi cellulare)

Q : Flusso di ingresso del processo (m^3 /d)

4. Fabbisogno effettivo di ossigeno per la denitrificazione

$$AOR_{DN} = Q * \frac{2,28 * S_{NO_3}}{1000} \quad (15)$$

Dove:

AOR_{DN} : Fabbisogno effettivo di ossigeno per la denitrificazione (kg O_2 /d)

2,28: mg di ossigeno necessari per ogni mg di nitrato per denitrificare.

Q : Flusso nella zona di denitrificazione (m^3 /d)

S_{NO_3} : Nitrato da denitrificare (mg $N-NO_3$ /L)

5. Fabbisogno complessivo effettivo di ossigeno

Nel calcolo del fabbisogno complessivo di ossigeno, l' AOR_{DN} funge da credito di ossigeno e quindi entra con il segno meno.

$$AOR = AOR_{end} + AOR_C + AOR_N - AOR_{DN} \quad (16)$$

Dove:

AOR : Fabbisogno complessivo di ossigeno (kg O_2 /d)

3.8. Valutazione del sistema di aerazione diffusa

Per questa valutazione devono essere presi in considerazione i seguenti parametri:

- SOTE: Efficienza standard di trasferimento dell'ossigeno (%)

È un parametro che normalmente può essere fornito dal produttore.

In caso contrario, si applica il seguente calcolo: 6,5 % per i diffusori a bolle fini e 2,46 % per i diffusori a bolle grosse per ogni metro di profondità dei diffusori nella vasca di aerazione.

Source: Harlan H. Bengtson-2017

- SOR Fabbisogno standard di ossigeno (kg O₂/d)

(Condizioni standard: 1 atmosfera, 20 °C, 0 mg/L di DO)

$$SOR = Q_{O_2} * SOTE \quad (16)$$

Dove:

Q_{O₂}: Flusso medio giornaliero di ossigeno erogato al processo aerobico (kg O₂/d)

$$Q_{O_2} = 0.285 * Q_{air}$$

Q_{air}: Flusso d'aria medio giornaliero erogato al processo aerobico (m³/d)

- AOR/SOR rapport

Il rapporto AOR/SOR è uno dei parametri fondamentali nella valutazione dei sistemi di aerazione dei diffusori.

Per la sua valutazione, si terrà conto del valore AOR/SOR di riferimento:

AOR/SOR_{ref} per diffusori a bolle fini: da 0,3 a 0,4 (valore tipico = 0,33)

AOR/SOR_{ref} per diffusori di bolle di corso: da 0,4 a 0,6 (valore tipico = 0,5)

Source: "Sanitaire - Diffused aeration design guide", University of Idaho, Civil Engineering, 2003

- Valutazione dello stato dei diffusori del sistema di aerazione mediante il "fattore di incrostazione": F

$$F = \frac{AOR/SOR}{AOR/SOR_{ref}} \quad (17)$$

L'intervallo normale del fattore F è compreso tra 0,7 e 0,9.

Pertanto, valori inferiori a 0,7 indicherebbero usura o mancanza di manutenzione dei diffusori.

Il fattore F, soprattutto nei diffusori a pori fini, diminuisce nel tempo a causa dell'invecchiamento, delle incrostazioni, delle incrostazioni inorganiche o dei cambiamenti dovuti alla qualità delle acque reflue, alle caratteristiche dei fanghi e alle condizioni operative.

- Follow-up delle prestazioni di aerazione mediante efficienza di trasferimento dell'ossigeno durante il processo: OTE (%)

$$OTE = \frac{100 * AOR}{Q_{O_2}} \quad (18)$$

La determinazione dell'OTE consente agli operatori di valutare i costi operativi a lungo termine dei loro sistemi di aerazione; e per garantire che sia disponibile una capacità sufficiente per soddisfare la domanda di carico influente. Si tratta quindi di un parametro che può essere considerato essenziale per la valutazione e il monitoraggio dei sistemi di aerazione.

Tabella 5. Valori nominali OTE tipici per i sistemi di aerazione diffusa.

TIPO DE DIFFUSORE	OTE (%)
Diffusore di bolle fini	20 - 32
Diffusore di bolle grassolane	6 - 8

Wiessman W, & Hammer, 1996

3.8.1. Fattori dell'acqua che influenzano l'efficienza del trasferimento dell'ossigeno

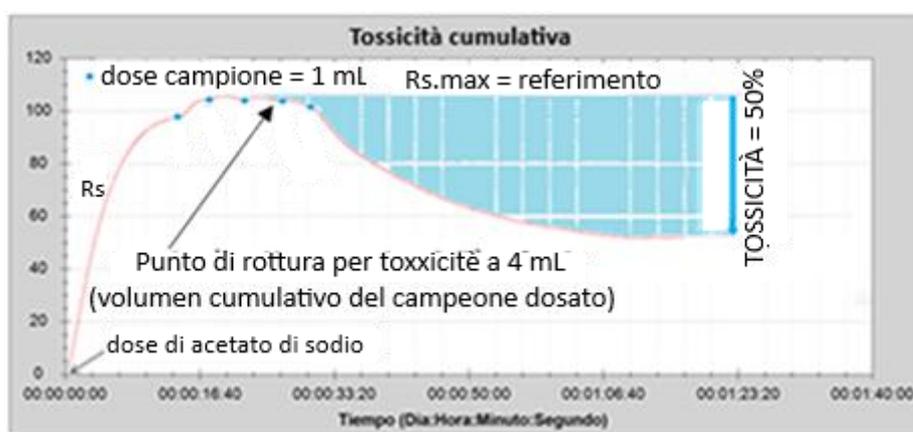
- Temperatura: l'ossigeno è più solubile a temperature più basse
- Pressione atmosferica (barometro)
- Inquinanti dell'acqua: BOD/COD, in particolare i tensioattivi, influiscono sull'efficienza del trasferimento dell'ossigeno
- MLVSS: i solidi volatili più elevati hanno una respirazione endogena ma possono anche influire sul trasferimento di ossigeno ai microrganismi.
- Il sistema di aerazione stesso influisce sull'OTE

3.9. Tossicità

- Analisi della tossicità mediante la procedura della dose cumulativa del campione

L'obiettivo della procedura è analizzare un effetto tossico che potrebbe essere prodotto nei fanghi attivi dall'aggiunta progressiva di dosi di campioni di acque reflue su un fango attivo sano sotto l'effetto di una frequenza respiratoria massima causata dall'aggiunta di un substrato di riferimento (acetato di sodio, cloruro di ammonio o entrambi) (Figura 10)

Figura 11. Respirogramma Rs mediante aggiunta progressiva di dosi campione per analisi di tossicità.



$$\text{Tossicità (\%)} = \frac{100 * (R_{S_{\max}} - R_s)}{R_s} \quad (19)$$

In questo modo, è possibile calcolare anche il rapporto campione/volume di fango (AS/S) necessario per avviare la tossicità nei fanghi attivi.

Con questo, utilizzando 1 lettiera di fanghi attivi, il rapporto di campionamento cumulativo fino all'insorgenza di tossicità/fanghi alla massima respirazione sarebbe il seguente:

$$AS/S = \frac{\sum \text{ml campione accumulato}}{1000 \text{ ml fango}} \quad (20)$$

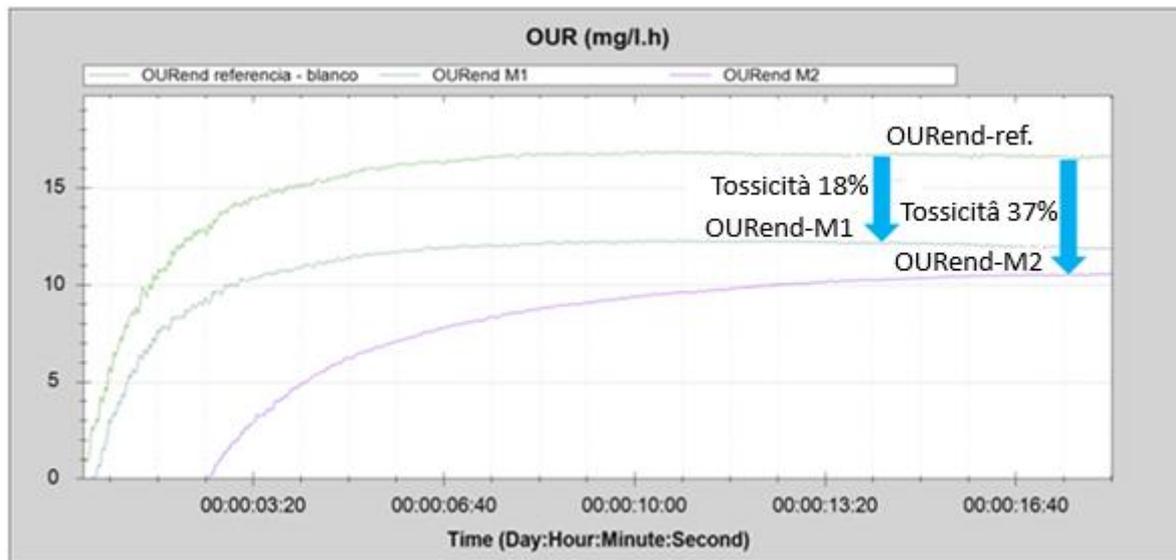
- Tossicità per la biomassa globale mediante i test OUR_{end}

Con questa procedura la tossicità globale viene valutata confrontando l'OUR_{end} di uno o più campioni di liquori misti (M1, M2) con quello di riferimento, tutti in fase di respirazione endogena.



Le preparazioni e la procedura sono simili alla tossicità globale precedentemente descritta, ma eseguono il test OUR endogeno invece del test R e non aggiungono alcuno standard.

Figura 12. Confronto tra il riferimento OUR_{end} e OUR_{end} da miscele campione.



$$I (\%) = 100 * (OUR_{\text{end.ref.}} - OUR_{\text{end campione.M}}) / OUR_{\text{end.ref}}$$

4. Conclusione

Questo articolo ha presentato una serie di applicazioni della respirometria BM che possono essere essenziali in qualsiasi processo a fanghi attivi con rimozione dell'azoto.

Tuttavia, questo non significa affatto che il numero di applicazioni sia limitato, poiché BM Respirometry è un sistema programmabile aperto dove, oltre ai calcoli e alle applicazioni che sono esposti qui e nel Manuale dell'Applicazione Surcis, l'utente stesso può effettuare altre applicazioni specifiche alle sue esigenze (con il supporto tecnico di Surcis)



Video di interesse: <https://youtu.be/UeMvk7U5ZMo>

5. Referenze

- Applications Manual Guide of Surcis, 2024
- Water and Wastewater Technology - Ron Sharman
- Activated Sludge Treatment of Industrial Wastewater - W.W. Eckenfekder & J.L. Musterman, 1995
- Nitrification - Metcalf & Eddy – EPA, 2006
- Long Island Sound Training – Nitrogen Removal, 2003 (EPA)
- Respirometry principles - Henri Spanjers, Peter A. Vanrolleghem, 2004
- Denitrification rate - Müller et al., 2003
- Sanitaire - Diffused aeration design guide, University of Idaho, Civil Engineering, 2003
- Diffused aeration systems - Harlan H. Bengtson, 2017

SURCIS , S.L.