



# La determinazione del valore limite della capacità residua di trattamento

Applicazione ad un impianto biologico di depurazione d'acque reflue urbane ai fini di un suo utilizzo per lo smaltimento di rifiuti.

■ L. FANIZZI, ECOACQUE® SRL  
 ■ S. MISCEO, DIA POLITECNICO BARI  
 @ info@ecoacque.it

Il D. Lgs. del 3 aprile 2006, n. 152 (c.d. *Codice Ambientale*), all'art. 110, vieta espressamente l'utilizzo di impianti di trattamento d'acque reflue urbane per lo smaltimento di rifiuti, con due tipi di deroga. Innanzi tutto, l'Autorità competente (Provincia), d'intesa con l'Autorità d'Ambito, in relazione a particolari esigenze e **nei limiti della capacità residua di trattamento**, può autorizzare il Gestore del Servizio Idrico Integrato, a smaltire nell'impianto di trattamento di acque reflue urbane **rifiuti liquidi**, limitatamente alle **tipologie compatibili** con il processo di depurazione. In secondo luogo, il Gestore del Servizio Idrico Integrato, previa **comunicazione** all'Autorità competente, ai sensi dell'art. 124 del summenzionato decreto può, comunque, essere autorizzato ad accettare, in impianti di trattamento con caratteristiche e capacità depurative adeguate, che rispettino i valori limite previsti nell'Allegato 5, alla parte III, accluso al medesimo decreto, i **rifiuti** ed i **materiali** di cui alla successiva Tabella 1, purché provenienti dal proprio Ambito Territoriale Ottimale (acr. **ATO**) oppure da altro ATO, sprovvisto di impianto di trattamento adeguato. In entrambe le deroghe, le attività di smaltimento possono essere consentite purché non sia compromesso il possibile **riutilizzo delle acque reflue e dei fanghi trattati negli impianti**. A tali attività di smaltimento dei rifiuti, si applica l'**apposita tariffa** determinata dall'Autorità d'ambito. Nella *comunicazione, di cui al punto precedente, il Gestore del Servizio Idrico Integrato deve indicare la capacità residua di trattamento dell'impianto e le caratteristiche quali-quantitative dei rifiuti che s'intendono trattare*. L'Autorità competente può indicare quantità diverse o vietare il trattamento di specifiche categorie di rifiuti provvedendo, altresì, all'iscrizione, in appositi elenchi, dei Gestori degli impianti di trattamento che hanno effettuato detta comunicazione. Il produttore ed il trasportatore dei rifiuti sono tenuti al rispetto della normativa in materia di rifiuti, fatta eccezione per il produttore dei rifiuti costituiti dalla tipologia, di cui al N° 2, indicata nella successiva Tabella 1, che è tenuto al rispetto dei soli obblighi previsti per i produttori della vigente normativa in materia di rifiuti (*formulario d'identificazione*; C. Pasqualini Salsa, 2005). Il Gestore del Servizio Idrico Integrato, che ha comunicato all'Autorità competente, di trattare i rifiuti di cui alla **Tabella 1**, è soggetto all'obbligo di tenuta del registro di carico e scarico secondo quanto previsto dalla vigente normativa in materia di rifiuti. L'autorizzazione allo scarico, disciplinata in funzione del rispetto degli obiettivi di qualità dei corpi idrici, può, in ogni caso, stabilire specifiche deroghe ai valori limite previsti nell'Allegato 5 alla parte III del D. Lgs. n. 152/2006 ed idonee prescrizio-

ni per i periodi di avviamento e di arresto ovvero per l'eventualità di guasti nonché per gli ulteriori periodi transitori necessari per il ritorno alle normali condizioni di regime (L.O. Atzori *et Al.*, 2006).

N° Tipologie	Descrizione del rifiuto
1	Rifiuti costituiti da acque reflue che rispettino i valori limite per lo scarico in rete fognaria.
2	Rifiuti costituiti da materiale proveniente dalla manutenzione ordinaria di sistemi di trattamento acque reflue domestiche rinvenienti da insediamenti, installazioni od edifici isolati.
3	Materiali derivanti dalla manutenzione ordinaria della rete fognaria nonché quelli derivanti da altri impianti di trattamento delle acque reflue urbane, nei quali l'ulteriore trattamento dei medesimi non risulti realizzabile tecnicamente e/o economicamente.

**Tabella 1** – Elenco di rifiuti e/o materiali, smaltibili in impianti di trattamento di acque reflue urbane.

L'accettazione di rifiuti liquidi presso l'impianto di trattamento biologico, pur se limitatamente alle tipologie compatibili con il processo di depurazione, deve essere fatta con estrema cura e cautela in quanto, non deve essere compromesso, in alcun modo, il rispetto dei valori limite previsti allo scarico. A seguito di tali osservazioni, deve essere preso in considerazione, un certo numero di fenomeni, tra i quali, principalmente, quelli elencati nella consecutiva **Tabella 2** (W. W. Eckenfelder Jr., 1993).

Bisogna sottolineare che, spesso, i rifiuti liquidi, specie se di origine industriale, presentano carenza di nutrienti (*azoto e fosforo*), mentre quelli costituiti da acque reflue urbane, solitamente ricche di queste sostanze, ne supplementano, in misura adeguata, il bilancio *ideale* richiesto (**BOD<sub>5</sub>:N:P = 100:5:1**; D. Jenkins, 1991).

## Capacità residua di trattamento

### Definizione

Poiché ai fini della sezione II, del D. Lgs. N. 152/2006, inerente la tutela delle acque dall'inquinamento, non è definito cosa debba intendersi per **Capacità Residua di Trattamento** (acr. **CRT**) di un impianto **biologico** di depurazione di acque reflue urbane,



per la **natura** di quest'ultimo, con il termine CRT può senz'altro intendersi la **differenza tra il carico organico biodegradabile massimo trattabile ed il carico organico biodegradabile medio trattato dall'impianto**, all'attualità, che, in relazione alle caratteristiche tecnologiche ed alle rese di processo, consente, comunque, di rendere allo scarico, un effluente che rispetti i valori limite, con riferimento allo specifico corpo recettore, di cui all'Allegato 5, alla parte III, accluso al citato D. Lgs. n. 152/2006.

**Determinazione del valore limite della capacità residua di trattamento**

La determinazione del "valore limite", relativo alla **Capacità Residua di Trattamento (acr. CRT)**, di un impianto a fanghi attivi, per la depurazione delle acque reflue urbane, è basata sulla biologicità dei processi di rimozione degli inquinanti, caratterizzati da due principali fenomeni **fisiobiologici** (C. Collivignarelli *et Al.*, 2000): la **bioflocculazione** o **bioadsorbimento** ( $\Rightarrow$  rimozione dell'inquinamento sospeso) ed il **metabolismo batterico** ( $\Rightarrow$  rimozione dell'inquinamento disciolto). Per garantire l'efficienza dei processi di depurazione biologica, dunque, bisogna garantire le più opportune condizioni, affinché i due fenomeni, possano sussistere e coesistere. Tali requisiti sono condizionati, soprattutto, dalla frazione carboniosa biodegradabile (oltre che dai valori ottimali del rapporto BOD<sub>5</sub>:TKN:P, del pH e della quantità di ossigeno disciolto nelle vasche, necessari alla *funzionalità* del processo).

**Il calcolo del valore limite della capacità residua di trattamento**

La CRT, in termini di carico organico biodegradabile, è data dalla relazione (R. Di Marino *et Al.*, 2006):

$$CRT = COB_{MAX} - COB_{MED}$$

con:

**CRT** = valore limite della capacità residua di trattamento del *carico organico biodegradabile* "BOD<sub>5</sub>" (espresso come O<sub>2</sub>) giornaliero [KgBOD<sub>5</sub> · d<sup>-1</sup>];

**COB<sub>MAX</sub>** = carico organico biodegradabile giornaliero massimo ammissibile [KgBOD<sub>5</sub> · d<sup>-1</sup>];

**COB<sub>MED</sub>** = carico organico biodegradabile giornaliero medio influente [KgBOD<sub>5</sub> · d<sup>-1</sup>].

Il valore del carico organico biodegradabile giornaliero massimo ammissibile, è calcolato in funzione del **carico di fango limite**. È quest'ultimo, infatti, il vero parametro dimensionale che incorpora, in uno, i concetti di "biodegradabilità" dello scarico e di "efficienza depurativa" dell'impianto (fi vedi *curve dei rendimenti percentuali di Horler-Wuhrman* di **Figura 1**; ATV, 1990):

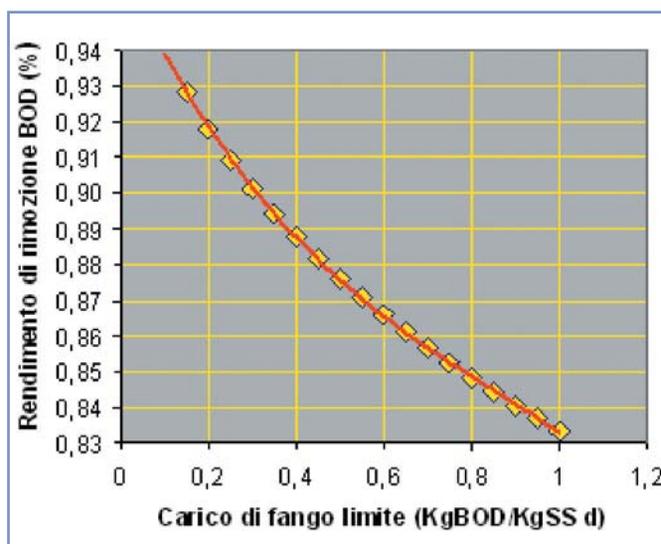
Tipo di effetto possibile	Descrizione dell'effetto
<b>Effetti sulla qualità dell'effluente</b>	Rifiuti liquidi, ad alto contenuto di sostanza organica solubile, influenzano il valore della costante cinetica di reazione ( $\Rightarrow$ <i>rifiuti liquidi refrattari provocheranno una riduzione del valore della costante, mentre rifiuti facilmente biodegradabili la faranno aumentare</i> ).
<b>Effetti sulle caratteristiche del fango</b>	Rifiuti liquidi, facilmente biodegradabili, possono stimolare la crescita di biomassa filamentosa, a seconda della configurazione di processo, con possibilità di fenomeni di "bulking"; rifiuti liquidi refrattari possono, invece, inibire tale crescita filamentosa.
<b>Effetti sulla temperatura di processo</b>	Un aumento del carico organico, di origine industriale, causa un aumento del fattore di correzione per la temperatura (vedi equazioni di <i>van't Hoff-Arrhenius</i> , di cui alla prossima Tabella 3) riducendo, quindi, in modo più accentuato rispetto al fenomeno osservabile in acque reflue urbane, l'efficienza del processo, in corrispondenza di basse temperature operative.
<b>Effetti su generazione e smaltimento dei fanghi</b>	Un aumento di materiale organico solubile aumenta la percentuale di biomassa contenuta nel fango attivo; questo, di conseguenza, può provocare la diminuzione dell'essiccabilità del fango, la diminuzione del suo contenuto in secco e l'aumento del fabbisogno di reagenti chimici per il condizionamento. Altri effetti, sullo smaltimento dei fanghi possono essere correlati alla composizione del rifiuto liquido (come ad esempio il contenuto in metalli, surfattanti, elevata salinità, eccetera).

**Tabella 2** – Possibili effetti, sulle acque reflue trattate e sul fango attivo, conseguenti al trattamento di rifiuti liquidi in impianto di trattamento biologico, per acque reflue urbane.

$$\eta_{BOD5} (\%) = [1,0 + 0,2 \cdot (Cf_{LIM})^{0,5}]^{-1}$$

Esso è definito come la **quantità limite di massa organica biodegradabile** con cui si può alimentare giornalmente l'impianto, riferita all'unità di massa di fango attivo presente nei bioreattori, senza inficiare l'efficienza di depurazione (mod. R. Vismara, 1998):

$$COB_{MAX} = Cf_{LIM} \cdot MLSS \cdot V$$



**Figura 1** – Curva di rendimento di rimozione del BOD<sub>5</sub> in funzione del carico di fango limite.



ove:

$$C_{fLIM} = 1,05 \cdot \Theta_{CT}^{-0,82} \text{ KgBOD}_5 \cdot \text{KgSS}^{-1} \cdot \text{d}^{-1} \text{ (carico di fango limite, alla temperatura di esercizio del refluo: } T_{SCARICO} = 8 \text{ }^\circ\text{C} + 0,50 \cdot T^{\circ}_{ARIA}; \text{ L. Fanizzi, 2006);}$$

**MLSS** = concentrazione media del fango attivo nel sistema – single sludge (KgSS · m<sup>-3</sup>);

**V** = volume totale del sistema biologico integrato: vasche “nitrificazione + denitrificazione” (m<sup>3</sup>).

**Θ<sub>CT</sub>** = tempo critico di residenza cellulare o età minima del fango, necessaria e sufficiente al completamento di entrambe i processi biologici di nitrificazione e denitrificazione, alla temperatura d’esercizio d (Θ<sub>c13</sub> ≥ 17,84 d).

Il **tempo critico di residenza cellulare** rappresenta, sostanzialmente, la durata di permanenza del fango nell’intero sistema (rapporto fra la massa presente all’interno del sistema biologico e la quantità di solidi che viene rimossa giornalmente attraverso la corrente effluente e lo spurgo).

Dalla **Tabella 3**, che riporta i valori tipici dei parametri biochimici caratteristici del processo di rimozione del carbonio organico biodegradabile (biossidazione del **BOD**) e dell’azoto (**N**), possono essere desunti i valori da assegnare al tasso massimo di crescita della biomassa ed al tasso di respirazione endogena, riferita alla biomassa, per calcolare, prudenzialmente, l’età minima del fango (WPCF Manual, 1983; G.A. Ekama e G.v.R. Marais, 1984; M. Beccari et Al., 1993):

$$\Theta_{CT} = 1 / [(0,20 \cdot 1,123^{T-20}) - (0,04 \cdot 1,029^{T-20})] \text{ d}$$

Il valore del carico organico biodegradabile medio giornaliero influente, si calcola, con la relazione:

$$COB_{MED} = Q_d \cdot [BOD_5]_{IN} \cdot 10^{-3}$$

con:

**Q<sub>d</sub>** = Portata media giornaliera, affluente all’impianto di depurazione (m<sup>3</sup>·d<sup>-1</sup>);

**[BOD<sub>5</sub>]<sub>IN</sub>** = Concentrazione media di BOD<sub>5</sub>, da considerare in ingresso, al trattamento biologico esistente (mg · L<sup>-1</sup>), secondo un coefficiente di affidabilità COR (acr. *Coefficient of Reliability*), di probabilità cumulata, non inferiore al 90%.

Secondo il metodo COR, sviluppato da S. Niku ed Altri (1979 e 1981), i valori medi teorici di progetto (vedi **Tabella 4**), sono posti in relazione ai valori che, su *media probabilistica*, sono raggiunti dall’influente all’impianto biologico (vedi **Tabella 5**). Tale valore medio probabilistico, “m<sub>d</sub>”, può essere ottenuto dalla seguente relazione:

$$m_d = X_s \cdot (COR)^{-1}$$

dove:

**m<sub>d</sub>** = valore medio probabile del BOD<sub>5</sub>, in ingresso all’impianto, con un determinato valore di affidabilità, non inferiore al 90 % (mgBOD<sub>5</sub> · L<sup>-1</sup>);

**X<sub>s</sub>** = valore medio teorico, di progetto, del BOD<sub>5</sub>, influente all’impianto esistente (300 mgBOD<sub>5</sub> · L<sup>-1</sup>);

**COR** = Coefficiente di affidabilità (adimensionale).

Il coefficiente di affidabilità è determinato usando l’espressione:

$$COR = [(V_x^2 + 1)^2] \cdot \exp \{-Z_{1-\alpha} [\ln(V_x^2 + 1)^{0,5}]\}$$

dove:

**V<sub>x</sub>** = coefficiente di variazione pari al rapporto “σ<sub>x</sub>/m<sub>x</sub>”;  
**σ<sub>x</sub>** = deviazione standard o scarto quadratico medio, dei valori (mensili), di BOD<sub>5</sub> nell’influente all’impianto di trattamento biologico esistente;

**m<sub>x</sub>** = valori medi (mensili) di BOD<sub>5</sub> nell’influente, all’impianto di depurazione esistente;

**exp<sup>(\*)</sup>** = esponente su base neperiana (e\* = 2,71828\*);

**Z<sub>1-α</sub>** = valore della variabile ridotta, corrispondente ad un assegnato valore (1- α = 90), della probabilità cumulata (percentile = 1,282);

**1 - α** = probabilità cumulata di accadimento dell’evento (livello di affidabilità ≥ 90%).

Parametro	Valore medio del BOD <sub>5</sub> in ingresso
BOD <sub>5</sub> (espresso, come O <sub>2</sub> , in mg/L)	300 (*)

(\*) Il valore medio del parametro teorico di progetto, è fissato dal combinato disposto dall’art. 74, I comma, lettera a) del D. Lgs. N 152/2006, che definisce Abitante Equivalente il carico organico biodegradabile avente una richiesta di ossigeno a 5 giorni (BOD<sub>5</sub>) pari a 60 grammi di ossigeno al giorno e dall’art. 8.2.1, I comma, lettera a) dell’Allegato accluso al DPCM del 4 marzo 1996 che determina, per l’uso domestico, una dotazione procapite giornaliera alla consegna, non inferiore a 150 L/AE/d ovvero di 200 L/AE/d, in linea con i livelli minimi europei dei servizi idrici.

**Tabella 4** – Valore medio teorico del carico organico biodegradabile (BOD<sub>5</sub>) di progetto.

**Verifica della capacità residua di trattamento**

Il metodo deterministico proposto, può essere utilizzato, con efficacia, per la verifica del valore limite della CRT dell’impianto biologico. Esaminando, infatti, il valore assunto dalla CRT, è possibile prevedere se l’impianto è in grado di accettare o meno rifiuti liquidi ed in quale stato gestionale versa all’*attualità*, nelle condizioni di esercizio considerate.

Un valore negativo della CRT, di fatto, indicherebbe la quantità

Parametro	Biossidazione	Nitrificazione	Denitrificazione	Unità di misura
Tasso massimo di crescita della biomassa	4,00 · 1,123 <sup>T-20</sup>	0,36 · 1,123 <sup>T-20</sup>	0,20 · 1,123 <sup>T-20</sup>	d <sup>-1</sup>
Tasso di respirazione endogena	0,07 · 1,029 <sup>T-20</sup>	0,04 · 1,029 <sup>T-20</sup>	0,04 · 1,029 <sup>T-20</sup>	d <sup>-1</sup>

**Tabella 3** - Valori tipici dei parametri biochimici del processo di rimozione del carbonio e dell’azoto.



Mesi	Valori medi mensili del BOD <sub>5</sub> ingresso (mg · L <sup>-1</sup> )	Valori medi mensili del BOD <sub>5</sub> ordinati (mg · L <sup>-1</sup> )
Gennaio	270	<b>260</b>
Febbraio	280	270
Marzo	310	280
Aprile	305	290
Maggio	260	305
Giugno	320	310
Luglio	380	315
Agosto	400	320
Settembre	390	325
Ottobre	315	380
Novembre	290	390
Dicembre	325	<b>400</b>
<b>N° Dati = 12</b>	<b>Somma = 3845,00</b>	<b>Media "m<sub>x</sub>" = 320,417</b>
$\sigma_x = 46,586$ (deviazione standard o scarto quadratico medio degli N = 12 valori); $V_x = \sigma_x / m_x = 46,586 / 320,417 = 0,145$ (coefficiente di variazione); $Z_{1-\alpha} = 1,282$ (valore del percentile, per una probabilità cumulata di $1 - \alpha = 90\%$ ); <b>COR</b> = $[(0,145+1)^2] \exp \cdot \{1,282 \cdot [\ln(0,145^2 + 1)]^{0,5}\} = 0,866$ (coefficiente adimensionale di affidabilità); $X_s = 300$ mgBOD <sub>5</sub> · L <sup>-1</sup> (valore medio teorico di progetto, del BOD <sub>5</sub> , in ingresso all'impianto); <b>[BOD]<sub>IN</sub></b> = $300 / 0,87 = 346$ mgBOD <sub>5</sub> · L <sup>-1</sup> (valore medio probabile, del BOD <sub>5</sub> , da considerare in ingresso).		

**Tabella 5** – Stima dei parametri statistico-probabilistici ed approccio metodologico all'uso del COR.

di carico organico biodegradabile che l'impianto, all'attualità, non riesce a trattare adeguatamente, nel rispetto dei normali valori limite d'emissione, previsti per lo scarico (c.d. *deficit*). La traduzione di questo caso critico, in termini matematici, è così scritta:

$$CRT < 0$$

ossia

$$Cf_{LIM} \cdot MLSS \cdot V - Q_d \cdot [BOD_5]_{IN} \cdot 10^{-3} < 0$$

dove:

**MLSS** = concentrazione media di *fango attivo* nel sistema – *single sludge* (KgSS · m<sup>-3</sup>);

**V** = volume totale del sistema biologico integrato: vasche "nitrificazione + denitrificazione" (m<sup>3</sup>).

Dall'analisi della summenzionata disequazione, si appalesa che, per ottenere un valore positivo della CRT, è possibile agire, in maniera diretta, soltanto sulle due variabili parametriche: **MLSS** e **V** ovvero, indirettamente, sul parametro **T** = **V/Q<sub>d</sub>** (tempo di ritenzione idraulica; d), in quanto **Cf<sub>LIM</sub>** è una costante, da garantire, per l'appropriata biologia dei processi mentre, **[BOD<sub>5</sub>]<sub>IN</sub>** e **Q<sub>d</sub>**, sono parametri caratteristici, rispettivamente, della "qualità" e della "quantità" del refluo influente, entrambe indipendenti da tutti gli altri considerati. Per quanto esposto, l'incremento della concentrazione media di fango attivo, che rende positiva la CRT, vale quindi:

$$Cf_{LIM} \cdot V \cdot (MLSS + MLSS') - Q_d \cdot [BOD_5]_{IN} \cdot 10^{-3} > 0$$

ossia

$$MLSS' > \{Q_d \cdot [BOD_5]_{IN} \cdot 10^{-3}\} \cdot (Cf_{LIM} \cdot V)^{-1} - MLSS$$

dalla espressione risulta evidente come il carico organico limite è in stretta dipendenza sia della concentrazione dei microrganismi presenti nel sistema (**MLSS + MLSS'**), sia del volume totale **V** delle vasche di trattamento ovvero del tempo di ritenzione idraulica **T**: *quanto più basso è il carico di fango limite, tanto più alta è la concentrazione di microrganismi od il volume delle vasche (ovvero il tempo di detenzione idraulica) od entrambi*. Il volume totale del sistema di vasche **V**, dell'impianto biologico, così come il tempo di ritenzione **T**, invero, non sono da ritenersi, propriamente, dei parametri variabili, dato che la capienza delle vasche è da considerarsi costante. Tuttavia, nei casi, non rari, di possibili ampliamenti per adeguamenti volumetrici dei bacini del sistema biologico, in base a nuove esigenze normative e/o d'efficienza depurativa, l'incremento che rende positiva la CRT, vale:

$$V' > \{Q_d \cdot [BOD_5]_{IN} \cdot 10^{-3}\} \cdot (Cf_{LIM} \cdot MLSS)^{-1} - V$$

Ai fini di quanto dimostrato, particolare importanza assume la corrente di ricircolo (**MLSS<sub>r</sub>**), per il controllo della concentrazione di solidi sospesi, della miscela liquida (**MLSS**), nelle vasche di trattamento a fanghi attivi e del livello di concentrazione di fango depositatosi ed ispessitosi sul fondo dei sedimentatori secondari. Per la corrente di ricircolo del fango attivo, vale la seguente espressione approssimata (L. Masotti *et Al.*, 2005):

$$R \approx MLSS \cdot (MLSS_r - MLSS)^{-1}$$

ove:

**R** = rapporto percentuale di ricircolo (%).

Esplicitando la concentrazione dei solidi sospesi nella miscela (**MLSS**), ne consegue la relazione:

$$MLSS = R \cdot MLSS_r \cdot (R + 1)^{-1}$$

dalla quale si evince, che la concentrazione **MLSS**, voluta, aumenta all'aumentare del rapporto di ricircolo. La corrente di spurgo, dalla linea di ricircolo, viene generalmente utilizzata per assicurare il valore desiderato dell'età (**Θ**) del fango attivo:

$$\Theta = MLSS \cdot V \cdot \Delta MLSS^{-1}$$

ove:

**ΔMLSS** = quantità di fango spurgata giornalmente (KgSS · d<sup>-1</sup>).



### La Società

ECOACQUE® snc opera attivamente nel campo dei "servizi e delle tecnologie per la protezione dell'ambiente ed il recupero di risorse ed energie".

L'attività aziendale è articolata in tre sezioni principali:

- Ricerca, Studi, Valutazioni d'Impatto Ambientale e Progettazione impianti di trattamento e smaltimento acque e rifiuti liquidi;
- Costruzione dei migliori sistemi tecnologici ottenibili (BAT, best available technologies) per il trattamento e la depurazione delle acque reflue, con processi convenzionali (biologici e chimico-fisici) ovvero innovativi (ossidoflocculazione elettrolitica, filtro-depurazione, fotocatalisi e biofiltrazione) con compostaggio della frazione organica selezionata ed un'accurata e puntuale gestione degli impianti;
- Analisi acque e Fanghi, Emissioni diffuse, Assistenza di Regime Autorizzatorio e di Finanziamento delle opere.

Per i ogni settore, Ecoacque ha sviluppato un proprio know-how e delle proprie tecnologie che hanno permesso di espletare numerose e prestigiose commesse sia in ambito privato che pubblico.

### BIBLIOGRAFIA

- [1] S. Niku, E.D. Schroeder e F.J. Samaniego (1979), "Performance of Activated Sludge Process and Reliability-Based Design", Journal Water Pollution Control Federation, USA.
- [2] S. Niku, E.D. Schroeder, G. Tchobanoglous e F.J. Samaniego (1981), "Performance of Activated Sludge Process: Reliability, Stability and Variability", Environmental Protection Agency Grant n. R805097, Ed. EPA, USA.
- [3] ATV (1990), "Lehr und Handbuch der Abwassertechnik", Ed. Wiley & Sons, Berlin.
- [4] D. Jenkins (1991), "Il controllo del bulking negli impianti a fanghi attivi", vers. Ita. A cura di L. Cingolati e R. Ramadori, Ed. Centro L. Bazzocchi, Perugia.
- [5] M. Beccari, R. Passino, R. Ramadori, R. Vismara (1993), "Rimozione di azoto e fosforo dai liquami", Ed. Hoepli, Milano.
- [6] G.A. Ekama G. A. e G.v.R. Marais (1984), "Nitrification", in Theory, design and operation of nutrient removal activated sludge process, South African Water Research Commission, P.O. BOX 824, Pretoria.
- [7] Water Pollution Control Federation (1983), "Nutrient Control", a Manual of practice, Ed. Lancaster Press, USA.
- [8] R. Vismara (1998), "Depurazione biologica", III Edizione, Ed. Hoepli, Milano.
- [9] W. Wesley Eckenfelder Jr. (2000), "Industrial water pollution control", Third Edition, Ed. McGraw-Hill, Singapore.
- [10] C. Collivignarelli, V. Riganti e M. Pergetti (2000), "La gestione degli impianti di depurazione delle acque di scarico", Ed. Il Sole 24 Ore, Milano.
- [11] L. Masotti e P. Verlicchi (2005), "Depurazione delle acque di piccole comunità", Ed. Hoepli, Milano.
- [12] C. Pasqualini Salsa (2005), "Diritto ambientale", VIII Edizione, Ed. Maggioli, Santarcangelo di Romagna (RN);
- [13] R. Di Marino, G. Moro, A. Rosa, M. Prestigiacomo e G. Brigante (2006), "La capacità residua di un impianto di depurazione acque reflue urbane: dal trattamento di rifiuti liquidi alla verifica della potenzialità", IA, n. 4, Ed. Cipa, Milano.
- [14] L. Fanizzi (2006), "Depurazione biologica avanzata", Ed. Ranieri, Milano.
- [15] Metcalf & Eddy (2006), "Ingegneria delle acque reflue", IV Edizione italiana, Ed. McGraw-Hill, Milano.
- [16] L.O. Atzori, F.R. Fragale, G. Guerrieri, A. Martelli, G. Zennaro (2006), "Il Testo Unico Ambientale", Ed. Simone, Napoli. ■

