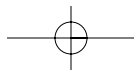
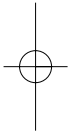
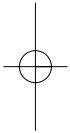


L'autore



LUIGI FANIZZI è Amministratore Unico della società ECOACQUE, srl – Impianti di Trattamento Acque di Giovinazzo (BA). La sua attività professionale, svolta a livello regionale, riguarda principalmente la progettazione, costruzione e gestione di impianti di depurazione acque reflue, rifiuti liquidi speciali (pericolosi e non) ed impianti di compostaggio, per il recupero delle frazioni organiche. Ha sviluppato numerose ricerche in diversi settori dell'**Ingegneria Ambientale**, illustrate in oltre cinquanta lavori pubblicati sulla rivista italiana "L'AMBIENTE" e partecipato, in qualità di relatore, a numerosi convegni scientifici in Italia.



Prefazione

Contrariamente a quanto avviene nel settore delle acque primarie, il parco pubblicazioni riguardanti le acque reflue è molto fiorente e ricco di testi professionali.

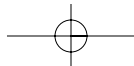
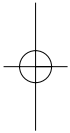
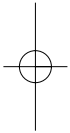
Un'attenta analisi gestionale di un impianto di trattamento deve tuttavia avvalorarsi di strumenti tecnici adeguati alle esigenze della moderna azienda: efficienza e praticità.

Questo lavoro dell'Ing. Luigi Fanizzi va proprio in questa direzione; infatti, presentandosi come uno strumento informatico di rapido e semplice utilizzo, risulta particolarmente utile sia come supporto alla progettazione che alla gestione di un impianto di trattamento di acque reflue, soprattutto per la parte riguardante le verifiche dimensionali.

Ritengo quindi che l'impiego del software ASP[®], corredato del presente manuale d'uso, possa rappresentare un utile strumento di lavoro per gli specialisti del settore, ma anche un valido supporto didattico per gli studenti dei corsi di ingegneria.

Dott. Giorgio Temporelli

Fisico - Esperto in acque destinate all'alimentazione e trattamenti di potabilizzazione



Indice

Software di progettazione per impianti di depurazione biologica a fanghi attivi
sviluppato in ambiente Office EXCEL per Windows di MICROSOFT®

- Informazioni generali sul software ASP® 4
- Il codice cromatico di ASP® 4
- Le basi teoriche del modello ASP® 5
- Descrizione delle schermate di ASP® 15
- Il salvataggio dei files di ASP® 21



Copyright RANIERI EDITORE - Aprile 2007
www.ranierieditore.it
lambiente@ranierieditore.it

INFORMAZIONI GENERALI SUL SOFTWARE ASP[©]

La modellizzazione riguarda impianti di trattamento acque reflue del tipo a fanghi attivi, secondo il processo modificato di Ludzack-Ettinger (1962). Il modello è comprensivo della sedimentazione secondaria; i dati dell'influente concernono le acque reflue in ingresso alle vasche biologiche già sottoposte ad eventuali trattamenti di grigliatura, dissabbiatura, disoleatura, omogeneizzazione e sedimentazione primaria. I valori calcolati dal software ASP[©] (Activated Sludge Plants) sono valori progettuali, non gestionali, il programma è pertanto da utilizzare come supporto per la mera progettazione, in quanto i dati principali che offre sono i volumi da prevedere per gli specifici reattori e l'area di sedimentazione finale, oltre a numerosi altri dati utili accessori. L'uso di ASP[©] come supporto alla gestione deve pertanto limitarsi alle verifiche di dimensionamento ossia, nota una determinata geometria d'impianto ed i parametri delle acque influenti ed effluenti da quest'ultimo, il confronto tra i dati offerti dal programma e quelli a disposizione può aiutare ad individuare un eventuale sovra o sotto dimensionamento impiantistico rispetto al modello utilizzato. È da osservare che, di frequente, i dati di dimensionamento ottenuti sono molto diversi a seconda del metodo scelto; ciò è dovuto alle differenti teorie di partenza dei modelli. Sarà pertanto la sensibilità e l'esperienza dell'Utente, a far scegliere i dati di dimensionamento più opportuni da utilizzare. La visualizzazione è ottimizzata per uno schermo di 1024 x 768 pixel. Il programma funziona in ambiente Office EXCEL per Windows di MICROSOFT[®].

IL CODICE CROMATICO DI ASP[®]

Il colore di sfondo delle caselle delle singole cartelle, del programma ASP[®], indica direttamente la funzione assoluta dalle stesse:

- Le caselle a sfondo bianco richiedono l'inserimento di un dato da parte dell'Utente.
- Le caselle a sfondo azzurro non sono modificabili ed offrono il risultato calcolato dal programma (i volumi previsti per le vasche sono evidenziati con testo in colore giallo intenso).
- Il testo in colore rosso cupo indica un valore limite del modello che può indurre in uno o più errori nei calcoli previsti dallo stesso; la ragione di tali errori è visualizzata nella stessa riga testuale.
- Il testo, evidenziato in giallo intenso, indica un dato utile accessorio; la visualizzazione di tali dati è riportata nella parte sottostante la cartella di schermata.
- Le caselle a sfondo giallo che recano i valori di output calcolati dal programma, sono quelle che vengono utilizzate nel report di stampa finale.

LE BASI TEORICHE DEL MODELLO ASP[©]

Nel processo di predenitrificazione, i nitrati sono ridotti, in un primo **stadio anossico**, utilizzando la **sostanza organica biodegradabile presente nelle acque reflue grezze come fonte di carbonio**; in un successivo **stadio aerobico**, si svolge l'ossidazione della sostanza organica residua e la nitrificazione dell'azoto ammoniacale. L'alimentazione dei nitrati da ridurre, alla fase di predenitrificazione, è resa possibile dal ricircolo della miscela aerata dalla vasca di ossidazione e, in parte, dal ricircolo fangoso dalla vasca di sedimentazione finale, per il necessario recupero della biomassa.

Cinetica di denitrificazione

La rimozione dell'azoto nitrico (N-NO₃) e nitroso (N-NO₂), può essere condotta per via biologica da popolazioni batteriche di tipo eterotrofo. Ferma restando l'utilizzazione del carbonio organico nei processi di sintesi, per la respirazione, tali popolazioni, sono in grado di utilizzare come accettore di elettroni sia l'ossigeno libero disciolto sia, in alternativa, i nitrati ed i nitriti, potendo passare, senza difficoltà di acclimatazione, da condizioni aerobiche a condizioni anossiche. Poiché in presenza di entrambi gli accettori, viene favorito, in termini di risparmio energetico, un metabolismo aerobico, ne consegue che la denitrificazione può svilupparsi solo in **condizioni ambientali rigorosamente anossiche**.

L'equazione della velocità di denitrificazione nelle condizioni di esercizio è data dalla seguente identità:

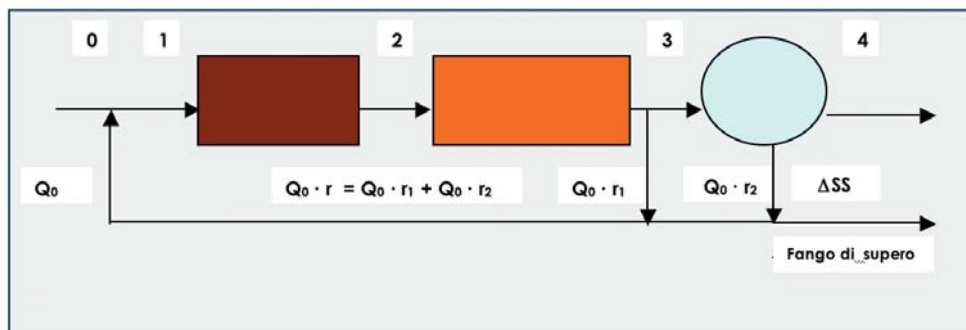
$$v_d = v_{dmax} \cdot \theta^{(T - 20)}$$

con:

$v_{dmax} = 0,072$ KgN-NO₃/KgVSS • d velocità di denitrificazione a 20 °C;
 $\theta = 1,15$ coefficiente di temperatura.

Nella precedente equazione, **non è esplicitamente riportata l'influenza del pH**, che non è sensibile nel campo di pratico interesse (> 6,50; < 9,50). Il rapporto "r" tra la portata totale di ricircolo "Q_r" (con Q_r = Q_{r1} + Q_{r2} = Q_{r1} + 1) e la portata in ingresso "Q₀" (vedi figura), si può ottenere facendo un bilancio semplificato sull'azoto. In particolare assumendo (N-NO₃)₂ ≈ 0 (assunzione ad ogni modo lecita, in uno stadio rigorosamente anossico, correttamente progettato), risulta:

$$r = Q_r/Q_0 = [TKN_0 - TKN_3 - (N-NO_3)_3 - 0,75 \cdot y_B \cdot (S_0 - S_3)]/(N-NO_3)_3$$



Schema del processo processuale di predenitrificazione-denitrificazione.

dove:

$(TKN)_{0/3}$ = azoto ammoniacale, in forma ridotta (*organico ed ammoniacale*), secondo Kjeldhal, nelle sezioni "0" e "3" (g/m^3);

$(N-NO_3)_3$ = azoto nitrico nella sezione "3" (g/m^3);

$(S_0 - S_3)$ = differenza di substrato carbonioso, fra le sezioni "0" e "3", espresso come BOD5 (g/m^3);

$0,75 \cdot \gamma_B = 0,75 \cdot 0,10$ ($gN/gVSS$) $\cdot 0,70$ ($gVSS/gBOD_5$) frazione grammometrica di azoto totale (per grammo di BOD_5), utilizzata per la sintesi di nuovo materiale cellulare.

Noto il valore della portata di ricircolo "r", le concentrazioni della sostanza organica, dell'azoto nitrico ed ammoniacale, nella sezione "1", hanno il seguente valore:

$$S_1 = (S_0 + r \cdot S_3)/(1+r)$$

$$TKN_1 = (TKN_0 + r \cdot TKN_3)/(1+r)$$

$$(N-NO_3)_1 = [(N-NO_3)_0 + r \cdot (N-NO_3)_3]/(1+r)$$

Nella sezione "2", i valori delle summenzionate concentrazioni si diversificano nel seguente modo:

$$S_2 = S_1 - 4,00 \cdot (N-NO_3)_1$$

$$TKN_2 = TKN_1 - 0,10 \cdot (N-NO_3)_1$$

$$(N-NO_3)_2 = 0$$

con:

4,00 = gBOD rimosso per gN-NO₃ denitrificato nel reattore;

0,10 = gN rimosso per gN-NO₃ denitrificato nel reattore.

Il valore del fosforo, in uscita, vale:

$$P_3 = P_0 \cdot 0,75 \cdot 0,025 \text{ gP/gVSS} \cdot 0,70 \text{ gVSS/gBOD}_5 \cdot (S_0 - S_3)$$

I limiti della summenzionata equazione semplificata del rapporto di ricircolo, sono quelli di considerare completo l'abbattimento dei nitrati nella denitrificazione e ciò è vero se il substrato carbonioso biodegradabile non è un elemento limitante come quantità (il programma verifica, perciò, che $BOD_5/N > 4$, oltre aver accertato che $TKN/BOD_5 > 0,05$ e $P/TKN > 0,20$). La quantità di nitrati da ridurre, si calcola come somma dei nitrati presenti nelle acque reflue in ingresso e dell'ammoniaca ossidata, in vasca di nitrificazione, cui vanno sottratti i nitrati ammessi allo scarico e quelli adsorbiti dai fanghi (azoto utilizzato per la sintesi batterica). A tale summenzionata riduzione, si accompagna una considerevole produzione di alcalinità, che ammonta a 3,57 mgCaCO₃/L per milligrammo di N-NO₃ ridotto. Ne consegue un tendenziale innalzamento del pH.

L'equazione che esprime la quantità di nitrati da **denitrificare**, per **riduzione**, risulta pari a:

$$N_{NO_3} = Q_0 \cdot [TKN_0 - TKN_3 + (N-NO_3)_0 - (N-NO_3)_3 \cdot 0,75 \cdot \gamma_B \cdot (S_0 \cdot S_3)]/1000$$

con

Q_0 = portata giornaliera infuente (m³/d);

N_{NO_3} = nitrati da ridurre (KgN-NO₃/d).

La quantità di biomassa eterotrofa " X_d " (KgVSS), nel comparto anossico, per la denitrificazione, vale:

$$X_d = N_{NO_3}/v_d$$

Il volume del reattore anossico " V_d " (m³), è determinato, quindi, una volta fissata la concentrazione della biomassa " X " ($X_{\min} \geq 3,0$ KgVSS/m³), presente nel comparto di denitrificazione:

$$V_d = X_d/X$$

La produzione giornaliera di solidi, in vasca, con l'ovvio significato dei simboli, risulta:

$$\Delta SS_d = Y_d \cdot 1,015^{(T-20)} \cdot [Q_0 \cdot (1+r) \cdot \Delta BOD_d / 1.000] - K_d \cdot 1,084^{(T-20)} \cdot (SS/VSS) \cdot X \cdot V_d$$

con

ΔSS_d = produzione giornaliera di fango in denitrificazione (KgSS/d)

ΔBOD_d = BOD₅ rimosso nel reattore anossico (Kg/d);

Y_d = 1,20 coefficiente di crescita del fango (d⁻¹);

K_d = 0,05 coefficiente di decadimento del fango (d⁻¹);

SS/VSS = 1,33 rapporto fra solidi sospesi totali e solidi sospesi volatili nel reattore.

La produzione giornaliera di alcalinità nel reattore, espressa in KgCaCO₃/d, è data, invece, dalla seguente relazione:

$$Calc_d = 3,57 \cdot (N-NO_3)_1 \cdot (1+r) \cdot Q_0 / 1000$$

Cinetica di nitrificazione

Per nitrificazione si intende l'ossidazione dei composti inorganici dell'azoto allo stato ridotto, svolta dai batteri autotrofi, in grado cioè di utilizzare per la sintesi cellulare carbonio inorganico (CO₂) e di trarre l'energia necessaria alla crescita ed al metabolismo, dall'ossidazione di composti inorganici facilmente ossidabili (nella fattispecie N-NH₄ e N-NO₂, ossia ammoniacale e nitriti) usando l'ossigeno libero come accettore di elettroni.

L'equazione della cinetica di nitrificazione, che tiene conto dei principali fattori limitanti è la seguente:

$$v_n = \gamma_n \cdot v_{dmax} \cdot \theta^{(T-20)} \cdot [TKN_3 / (k_{TKN} + TKN_3)] \cdot [O_d / (k_o + O_d)] \cdot [1 - 0,833 \cdot (7,2 - pH)]$$

con:

v_{dmax} = 2,75 gTKN/gVSS • d velocità di nitrificazione a 20 °C, in assenza di fattori limitanti;

θ = 1,12 coefficiente correzione relativo alla temperatura;

k_{TKN} = 10^(0,051 • T - 1,158) costante di semisaturazione relativa all'azoto organico ed ammoniacale;

k_o = 1 g/m³ costante di semisaturazione relativa all'ossigeno disciolto;

TKN_3 = g/m³ concentrazione di azoto (ammoniacale ed organico) effluente dal reattore aerobico;

O_d = g/m³ concentrazione di ossigeno disciolto presente nel reattore aerobico;
 γ_n = 0,90 fattore conservativo di correzione.

La frazione di batteri nitrificanti, sull'intera biomassa è funzione della costante di crescita dei batteri eterotrofi ed autotrofi, delle concentrazioni S_0 e S_3 (BOD₅ in ingresso ed in uscita dal sistema) e delle concentrazioni di azoto, in forma ridotta in ingresso ed uscita dall'impianto biologico (TKN₀ e TKN₃) comprendendo la quota d'azoto utilizzata per la sintesi batterica. La relazione, secondo i soliti simboli, risulta essere, quindi:

$$f_n = \{1 + (y_e/y_a) \cdot (S_0 - S_3) / [(TKN_0 - TKN_3) - 0,75 \cdot \gamma_B \cdot (S_0 - S_3)]\}^{-1}$$

dove:

$y_e = 0,88$ KgSS/KgBOD₅ coefficiente di crescita cellulare dei batteri eterotrofi;
 $y_a = 0,24$ KgSS/KgTKN coefficiente di crescita cellulare dei batteri nitrificanti.

L'azoto ammoniacale ed organico che deve essere nitrificato, per ossidazione, dal sistema è dato dalla differenza tra quello entrante, quello uscente e la quota di azoto utilizzata per la sintesi di materiale cellulare, in particolare:

$$N_{TKN} = Q_0 \cdot [TKN_0 - TKN_3 - 0,75 \cdot \gamma_B \cdot (S_0 - S_3)] / 1000$$

con

Q_0 = portata giornaliera infuente (m³/d);

N_{TKN} = azoto organico ed ammoniacale da ossidare (KgTKN/d).

La quantità di biomassa autotrofa " X_n " (KgVSS), nel comparto aerobico, per la nitrificazione, vale:

$$X_n = N_{TKN} / (f_n \cdot v_n)$$

Il volume del reattore aerobico " V_n " (m³), è determinato, quindi, una volta fissata la concentrazione della biomassa " X ", presente nel comparto di nitrificazione:

$$V_n = X_n / X$$

Il volume necessario alla bioossidazione del carbonio organico vale:

$$V_b = S_2 \cdot Q_0 / (C_f \cdot X \cdot 1000)$$

con

$C_f = [5 \cdot (1/\eta_{\text{BOD}15^\circ\text{C}} - 1)]^2 = 0,075$ (KgBOD₅/KgVSS•d) carico di fango;
 $\eta_{\text{BOD}15^\circ\text{C}} \cong 0,95$ (%) rendimento di rimozione del BOD₅ a 15 °C (Horler-Wuhrman; Vismara, 1999), per una bioossidazione stabile.

La produzione giornaliera di solidi, in vasca, con l'ovvio significato dei simboli, risulta:

$$\Delta SS_n = Y_d \cdot 1,015^{(T-20)} \cdot [Q_0 \cdot (1+r) \cdot \Delta BOD_d / 1.000] - K_d \cdot 1,084^{(T-20)} \cdot (SS/VSS) \cdot X \cdot V_n$$

con

ΔSS_d = produzione giornaliera di fango in nitrificazione (KgSS/d)

ΔBOD_d = BOD₅ rimosso nel reattore aerobico (Kg/d);

$Y_d = 1,20$ coefficiente di crescita del fango (d⁻¹);

$K_d = 0,05$ coefficiente di decadimento del fango (d⁻¹);

$SS/VSS = 1,33$ rapporto fra solidi sospesi totali e solidi sospesi volatili nel reattore.

Il consumo giornaliero di alcalinità, nel reattore, espressa in KgCaCO₃/d è data, invece, dalla seguente relazione:

$$\text{Calc}_n = 7,07 \cdot [(\text{TKN}_2 - \text{TKN}_3) - 0,75 \cdot \gamma_B \cdot (S_2 - S_3)] \cdot (1+r) \cdot (Q_0/1000)$$

Il saldo alcalino, all'uscita della sezione "3" deve essere ≥ 40 mg/L. Il tempo di residenza cellulare, nel reattore di nitrificazione, in giorni, deve verificare la seguente disequazione:

$$\theta = (V_n \cdot 1,33 \cdot X) / \Delta SS_n > \theta_c = 5,325 \cdot e^{0,098 \cdot (15 - T)}$$

Fabbisogno standard di ossigeno

Nei sistemi con la predenitrificazione l'ossigeno presente nei nitrati viene riutilizzato nella denitrificazione per rimuovere della sostanza organica, pertanto la richiesta di ossigeno in condizioni standard, che tiene conto di questo recupero è data dalla seguente relazione:

$$\text{SOR}(\text{KgO}_2/\text{d}) = \gamma \cdot \{ [a \cdot Q_0 \cdot (S_0 - S_3) / 1000 - a \cdot 4N_{\text{NO}_3}] + [4,57 \cdot (N_{\text{TKN}} - 0,75 \cdot \gamma_B \cdot Q_0 \cdot (S_0 - S_3) / 1000)] \} + b \cdot V_n \cdot 1,33 \cdot X$$

dove:

$(S_0 - S_3) - 4,00 \cdot N_{\text{NO}_3}$ = quantità di BOD₅ rimossa giornalmente (KgBOD₅/d);

N_{NO_3}	= quantità di azoto denitrificato (KgN-NO ₃ /d)
N_{TKN}	= quantità di azoto ossidato (KgTKN/d);
V_n	= volume del reattore aerobico (m ³);
$1,33 \cdot X$	= concentrazione della biomassa (KgSS/m ³);
a	= 0,50 coefficiente di respirazione attiva;
$b = 0,10 \cdot 1,084^{(T - 20)}$	= coefficiente di respirazione endogena.
γ	= 2,00 coefficiente di sicurezza.

Operando un'aerazione per insufflazione d'aria con bolle fini, si assicura un rendimento specifico medio di dissoluzione, dell'ossigeno atmosferico, del 4% in acqua pulita, per metro di profondità, per cui la portata d'aria oraria, da fornire al sistema, è data dall'espressione:

$$A \text{ (m}^3\text{/h)} = \gamma_p \cdot (\text{SOR}/24) \cdot [1/(0,28 \cdot \eta \cdot \varepsilon \cdot \alpha)] \cdot [C/(\beta \cdot C_{ST} - C_L)] \cdot 1,024^{-(T - 20)}$$

dove:

A	= aria da fornire al sistema, riferita alle condizioni standard (m ³ /h);
SOR	= quantità teorica di ossigeno richiesta dal sistema biologico (kgO ₂ /d);
η	= rendimento specifico di dissoluzione, in acqua pulita, di ossigeno disciolto tramite bolle fini alla profondità h_u (m) di progetto ($0,04 \cdot h_u$);
α	= rapporto tra i coefficienti di diffusione "acqua/liquame" = $K_{La}/K_{La_w} = 0,60$ (in mancanza di determinazioni dirette);
C	= concentrazione di ossigeno disciolto alla saturazione (gO ₂ /m ³), in acqua pulita, con aria alla pressione di 760 mmHg, in acqua pulita priva di cloruri a T standard (20 °C) = 9,17 g/m ³ ;
ε	= 0,90 efficienza delle apparecchiature di ossigenazione (%);
C_{st}	= concentrazione di ossigeno disciolto alla saturazione, con aria alla pressione relativa alla quota H (in m sul l.m.m.), in acqua pulita alla temperatura di 20 °C ed assumendo come valore della pressione idrostatica quello medio al di sotto del pelo libero = $(14,50 - 0,360 \cdot T + 0,0047 \cdot T^2) \cdot [(10,33 + h/2)/10,33] \cdot (1 - 0,11 \cdot H_{mslmm}/1000)$ (g/m ³);
C_L	= concentrazione di ossigeno disciolto residuo nella vasca (2 g/m ³);
T	= $8 \text{ °C} + 0,5 \cdot T_{\text{aria}}$ temperatura del liquame (°C);
β	= $1 - (0,01 \cdot C_{NaCl})$ = coefficiente di correzione per salinità, dove C_{NaCl} = (gNaCl/1000 m ³).
γ_p	= 1,50 coefficiente di punta orario.

Dinamica di sedimentazione

La superficie A [m^2], della sezione trasversale, da assegnare complessivamente all'unità di sedimentazione, deve essere dimensionata in modo da soddisfare le specifiche richieste sia del processo di chiarificazione sia di quello d'ispessimento. L'area minima necessaria è scelta, pertanto, tra il maggiore dei due valori di A che risultano dal dimensionamento:

$$A = \frac{Q (1 + r_2) \cdot C_a}{v_0 \cdot \alpha \cdot C_l^2 \cdot e^{-\alpha \cdot C_l}}$$

per $r_2 \geq r_c$ (\Rightarrow risulta controllante la funzione d'ispessimento);

$$A = \frac{Q \cdot C_a}{v_0 \cdot C_l \cdot e^{-\alpha \cdot C_l}}$$

per $r_2 > r_c$ (\Rightarrow risulta controllante la funzione di chiarificazione).

Il valore della concentrazione limitante C_l , è determinato, rispettivamente, dalle seguenti espressioni:

$$C_l = \frac{(1 + r_2)}{r_2} \cdot \frac{C_a}{2} + \left[\frac{(1 + r_2)^2}{(r_2)^2} \cdot \frac{C_a^2}{4} - \frac{(1 + r_2)}{r_2} \cdot 2 \cdot C_a \right]^{0,5}$$

per $r_2 \geq r_c$;

e

$$C_l = C_a$$

per $r_2 > r_c$.

A sua volta la relazione che esprime il "rapporto di ricircolo critico", si ottiene dalla formula (G. D'Antonio e F. Pirozzi, 1993):

$$r_c = \frac{C_a}{C_{r_{\min}} - C_a}$$

dove:

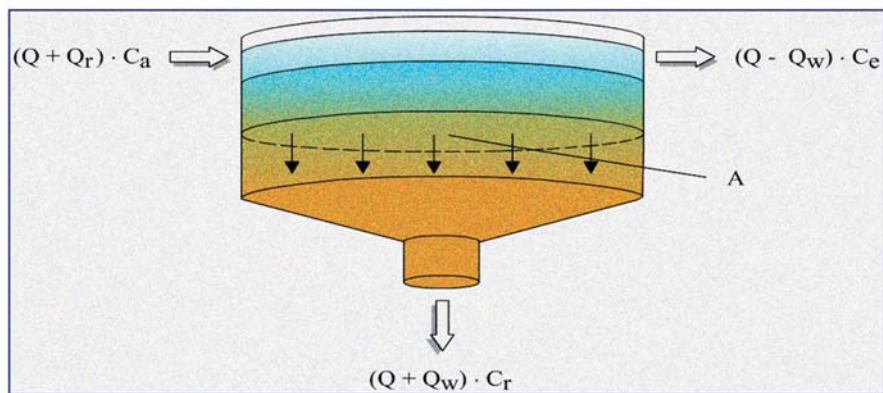
- Q [m³/h] = portata media di liquame influente (p. d'alimento, esclusi i ricircoli);
 Q_r [m³/h] = portata di ricircolo fanghi;
 Q_w [m³/h] = portata specifica di spurgo (*fanghi di supero*);
 $(Q - Q_w)$ [m³/h] = portata media effluente dal sedimentatore finale;
 C_a [KgSS/m³] = concentrazione di solidi sospesi totali nella miscela aerata (*mixed liquor*);
 C_r [KgSS/m³] = concentrazione di solidi sospesi nella miscela di ricircolo e di spurgo;
 r_2 [%] = Q_r/Q rapporto di ricircolo;
 r_c [%] = rapporto di ricircolo "critico";
 $C_{r_{min}}$ [KgSS/m³] = $4/\alpha$ valore della *concentrazione minima di ricircolo*;
 v_0 [m/h] = $9,127 - 0,0366 \cdot SVI$ = velocità sedimentativa di Rachwal (1978);
 α [m³/KgSS] = $0,277 + 0,0011 \cdot SVI$ = parametro di Baskin-Suidan (1985).

Nota l'area della sezione trasversale A del sedimentatore, la relazione che lega la concentrazione dei solidi totali presenti nell'effluente C_e e la *velocità di risalita* $v_r = Q/A$ (assumendo trascurabile la portata specifica di spurgo Q_w), è espressa dall'equazione di P. Pflanz (1969):

$$C_e = [5,361 \cdot e^{(0.1787 \cdot C_a + 1,315 \cdot v_r)}]$$

dove:

- C_e [mg/L] = concentrazione dei solidi sospesi totali nell'effluente;
 C_a [Kg/m³] = concentrazione dei solidi sospesi totali nell'influente;
 v_r [m/h] = velocità di risalita.



Schema processuale dei flussi solidi in ingresso ed in uscita dal sedimentatore secondario.

In fase d'equilibrio, l'altezza del letto di fango ispessito sul fondo del sedimentatore (definita come *differenza fra la massa secca che sedimenta sul fondo e la massa secca che è spurgata con la portata di ricircolo*), con ovvio significato dei simboli, è stimabile secondo il seguente valore (R. Vismara et Al, 1999):

$$h_i = \frac{Ca \cdot SVI}{1000}$$

DESCRIZIONE DELLE SCHERMATE DI ASP[®]

Dati di progetto

La schermata del primo foglio di lavoro **DATI DI PROGETTO**, è costituita da un'unica cartella che permette la visualizzazione dei dati generali dell'impianto e dei parametri di progettazione secondo il metodo ASP[®]. Nella sottocartella c'è un richiamo utile (*) per l'input relativo al dato Cloruri (Cl), da digitare nella forma di Sodio Cloruro (NaCl).

N.B.: *L'inserzione di tutti i dati (input) nella prima cartella "DATI DI PROGETTO", è condizione necessaria per il corretto output dei risultati di calcolo, sviluppati dal programma.*

Ai successivi fogli di lavoro (PREDENITRIFICAZIONE, NITRIFICAZIONE-BIOSSIDAZIONE, eccetera), si accede cliccando direttamente sulle linguette di scheda, colorate in giallo intenso, poste sulla barra inferiore del foglio, riportanti le specifiche relative didascalie.

Impianto: ECOACQUE srl - Via Bitonto, n. 87 - Giovinazzo (BA)
Cliente : ROSSI
Data : 28- feb-07

DATI DI PROGETTO

Carico organico specifico in ingresso	280,00	mgBOD ₅ /L
Carico azotato specifico (ammoniacale ed organico)	52,00	mgTKN/L
Carico specifico azotato (nitroso e nitrico)	2,00	mgN-NO ₃ /L
Carico fosfatico specifico	11,00	mgP/L
Carico specifico alcalino	220,00	mgCaCO ₃ /L
(*) Carico specifico clorurico	250,00	mgNaCl/L
Concentrazione idrogenionica	7,20	pH
Temperatura media dell'aria	18,00	°C
Portata media oraria	230,00	m ³ /h
Carico organico specifico in uscita	30,00	mgBOD ₅ /L
TKN specifico in uscita	3,00	mgTKN/L
Nitrati specifici in uscita	6,00	mgN-NO ₃ /L
Fosforo specifico in uscita	2,00	mgP/L
Ossigeno libero in nitrificazione	2,00	mgO ₂ /L
Concentrazione di fango nei bioreattori	4,67	KgSS/m ³
Quota geodetica dell'impianto	100,00	m s.l.m.m.

L'esempio numerico, riportato nel presente manuale, è adattato dalla memoria di Luca Bonomo, pubblicata sulla rivista Ingegneria Ambientale, Vol. 12, N. 7/8, Luglio-Agosto 1983, Ed. CIPA (MI).

Risultati di calcolo - Predenitrificazione

La schermata del secondo foglio **PREDENITRIFICAZIONE**, è costituita da un'unica cartella che permette la visualizzazione dei dati generali dell'impianto e dei risultati di calcolo, afferenti la sezione anossica, secondo il programma ASP®.

Impianto:	ECOACQUE srl - Via Bitonto, n. 87 - Giovinazzo (BA)	
Cliente :	ROSSI	
Data :	28- feb-07	
RISULTATI DI CALCOLO PREDENITRIFICAZIONE		
Rapporto di ricircolo (r)	4,98	%
Portata di ricircolo miscela aerata	915,30	m ³ /h
Portata di ricircolo fango	230,00	m ³ /h
Carico di nitrati da denitrificare	175,95	KgN-NO ₃ /d
Temperatura liquame	17,00	°C
Velocità di denitrificazione	0,05	KgN-NO ₃ /KgVSS • d
Biomassa in denitrificazione	3716,64	KgVSS
Volume del reattore anossico	1061,20	m³
BOD ₅ nella sezione "1" (ingresso predenitro)	71,81	mg/L
TKN nella sezione "1" (ingresso predenitro)	11,20	mg/L
N-NO ₃ nella sezione "1" (ingresso predenitro)	5,33	mg/L
BOD ₅ nella sezione "2" (uscita predenitro)	50,49	mg/L
TKN nella sezione "2" (uscita predenitro)	10,66	mg/L
N-NO ₃ nella sezione "2" (uscita predenitro)	0,00	mg/L
Produzione giornaliera di solidi (conc.= 9,34 Kg/m ³)	65,65	m ³ /d
Produzione giornaliera di alcalinità	628,14	KgCaCO ₃ /d

Risultati di calcolo - Nitrificazione/Biossidazione

La schermata del terzo foglio **NITRIFICAZIONE-BIOSSIDAZIONE**, è costituita da un'unica cartella che permette la visualizzazione dei dati generali dell'impianto e dei risultati di calcolo afferenti la sezione aerobica, secondo il programma ASP[®], con due caselle di input per la digitazione (necessaria) dell'altezza del tirante idrico nel reattore (h) e del rapporto tra i coefficienti di diffusione "aria/acqua".

Impianto:	ECOACQUE srl - Via Bitonto, n. 87 - Giovinazzo (BA)	
Cliente :	ROSSI	
Data :	28- feb-07	
RISULTATI DI CALCOLO NITRIFICAZIONE-BIOSSIDAZIONE		
Carico d'azoto (ammoniacale ed organico) da ossidare	198,03	KgTKN/d
Velocità di nitrificazione	1,00	KgTKN/VSS • d
Frazione batteri nitrificanti	0,04	%
Biomassa autotrofa necessaria in nitrificazione	5240,67	KgVSS
Volume del reattore necessario alla nitrificazione	1496,30	m³
Volume del reattore necessario alla biossidazione	1061,00	m³
Volume del reattore aerobico	1496,30	m³
Produzione giornaliera di solidi (conc.= 9,34 Kg/m ³)	53,72	m ³ /d
Produzione giornaliera totale solidi	119,36	m³/d
Consumo giornaliero di alcalinità	1536,91	KgCaCO ₃ /d
Saldo alcalinità	305,63	KgCaCO ₃ /d
Concentrazione di alcalinità residua	55,37	mgCaCO ₃ /L
Concentrazione di fosforo nell'effluente	7,72	mgP/L
SOR	2373,00	KgO ₂ /d
Rapporto tra i coefficienti di diffusione "aria/ acqua"	0,60	%
Portata d'aria ai diffusori posti ad h =	4,00 m	6376,20 m³/h

Risultati di calcolo - Sedimentazione

La schermata del quarto foglio **SEDIMENTAZIONE**, è costituita da un'unica cartella che permette la visualizzazione dei dati generali dell'impianto e dei risultati di calcolo afferenti la stazione sedimentativa, secondo il programma ASP[®], con una casella di input per la digitazione (necessaria) dello SVI relativo al fango.

Impianto:	ECOACQUE srl - Via Bitonto, n. 87 - Giovinazzo (BA)	
Cliente :	ROSSI	
Data :	28- feb-07	
RISULTATI DI CALCOLO SEDIMENTAZIONE		
Velocità sedimentativa di Rachwal per SVI = 150 mL/g	3,64	m/h
Parametro "α" di Baskin - Suidan	0,44	m ³ /KgSS
Concentrazione limitante la funzione di chiarificazione	4,67	KgSS/m ³
Altezza d'ispessimento (concentrazione ric. = 9,34 kgSS/m ³)	0,70	m
Concentrazione minima di ricircolo	9,05	KgSS/m ³
Rapporto di ricircolo (r ₂)	1,00	%
Concentrazione limitante la funzione d'ispessimento	6,44	KgSS/m ³
Area necessaria alla chiarificazione	498,30	m ²
Area necessaria all'ispessimento	555,00	m ²
Area sedimentatore	555,00	m²
Rapporto di ricircolo critico (r _c)	1,07	%
Velocità ascensionale	0,41	m/h
Carico di massa (con portata di ricircolo)	3,87	KgSS/m ² • h
Concentrazione di solidi totali nell'effluente	21,30	mgSS/L
Flusso di sfioro massimo agli stramazzi alla portata oraria	7,00	m ³ /m • 0h
Lunghezza totale stramazzi	32,86	m

Risultati di calcolo - Report di stampa

La schermata dell'ultimo foglio di lavoro **REPORT DI STAMPA**, è costituita da un'unica cartella che permette la visualizzazione dei dati generali dell'impianto e dei risultati di calcolo, afferenti tutte le sezioni dell'impianto, secondo il programma ASP[®].

Il report è facilmente stampabile utilizzando:

- il comando File => Stampa
- ovvero cliccando direttamente sul pulsante Stampa, iconizzato da una stampante, sulla barra degli strumenti Standard di EXCEL.

Impianto:	ECOACQUE srl - Via Bitonto, n. 87 - Giovinazzo (BA)	
Cliente :	ROSSI	
Data :	28- feb-07	
REPORT DI STAMPA		
Portata media oraria	230,00	m ³ /h
Carico organico specifico in ingresso	280,00	mgBOD ₅ /L
Carico azotato specifico (ammoniacale ed organico)	52,00	mgTKN/L
Carico specifico azotato (nitroso e nitrico)	2,00	mgN-NO ₃ /L
Carico fosfatico specifico	11,00	mgP/L
Carico organico specifico in uscita	30,00	mgBOD ₅ /L
TKN specifico in uscita	3,00	mgTKN/L
Nitrati specifici in uscita	6,00	mgN-NO ₃ /L
Fosforo specifico in uscita	7,72	mgP/L
Portata di ricircolo miscela aerata	915,30	m ³ /h
Portata di ricircolo fango	230,00	m ³ /h
Volume del reattore anossico	1061,20	m ³
Volume del reattore aerobico	1496,30	m ³
Produzione giornaliera totale solidi	119,36	m ³ /d
SOR	2373,00	KgO ₂ /d
Portata d'aria ai diffusori	6376,20	m ³ /h
Altezza d'ispessimento	0,70	m
Area sedimentatore (h _{acqua} = 4,00 metri)	555,00	m ²
Concentrazione di solidi totali nell'effluente	21,30	mgSS/L
Lunghezza totale stramazzi	32,86	m
Flusso solido limite	4,45	KgSS/m ² •h

IL SALVATAGGIO DEI FILES DI ASP[©]

Office EXCEL di Microsoft[®], fornisce tre metodi semplici per salvare i propri files di ASP[©]:

- Utilizzando il comando File ==> Salva con nome o Salva;
- Cliccando sul pulsante Salva, iconizzato da un floppy-disk, sulla barra degli strumenti Standard.
- Premendo direttamente il tasto funzionale rapido F12.

Se la cartella di lavoro è già stata salvata, con **Salva** viene salvata nuovamente utilizzando il primitivo nome del file di ASP[©]. Per salvare la cartella di lavoro di un nuovo file bisogna utilizzare il comando **File => Salva con nome** (o digitare il tasto rapido **F12**).

Quando si salva per la prima volta una nuova cartella di ASP[©], EXCEL di Microsoft[®] visualizza la finestra di dialogo Salva con nome, per consentire all'Utente di immettere un nome significativo al file di progetto.