

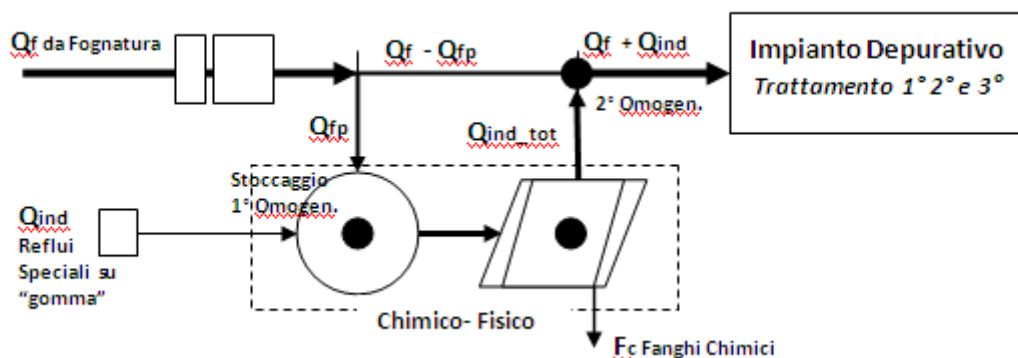
Capitolo 4

TRATTAMENTI CHIMICO-FISICI

SWATER Mix 2010 prevede i seguenti casi di trattamento di acque reflue miste civili-industriali:

- Portata Q_f di liquami misti in arrivo all'impianto di depurazione attraverso collettore fognario: a seconda del contenuto e del "peso" dei parametri di biodegradabilità (BOD, TKN, pH, ecc.), tutta la portata Q_f o parte di essa, può essere inviata al trattamento preliminare chimico-fisico, per essere riportata a livelli di trattabilità nel biologico secondario.
- Portata Q_{ind} di liquami reflui speciali addotti all'impianto attraverso trasporto "su gomma" (autobotti, bottini, ecc.) e che hanno caratteristiche prevalentemente di tipo industriale e che, quindi, devono essere trattate ed equilibrate prima di essere convogliate al successivo trattamento biologico secondario.
- Situazione mista tra il caso a) e il caso b), nella quale però, mentre la portata Q_{ind} deve essere necessariamente mandata interamente al trattamento chimico-fisico, la portata Q_f può (o deve) essere parzializzata quanto basta per equilibrare il carico inquinante proveniente dai reflui speciali. A questo proposito, risulta necessario realizzare una capacità di stoccaggio onde far avvenire il processo di omogeneizzazione dei carichi.

Lo schema di flusso sopradescritto è riportato qui di seguito:



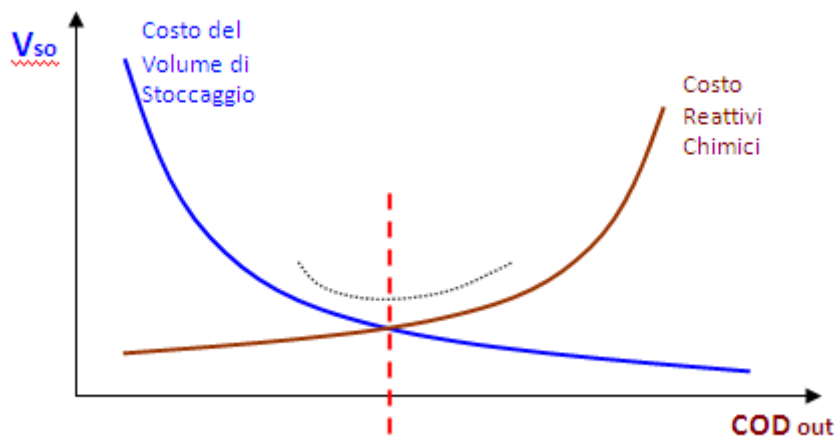
In altri termini, SWATER Mix 2010 consente di analizzare diverse situazioni di apporto di acque miste urbane-industriali, con la possibilità di

parzializzare e di omogeneizzare le portate di liquame da destinare al trattamento chimico-fisico.

4.1 STOCCAGGIO INIZIALE – PRE-OMOGENEIZZAZIONE

Il dimensionamento del volume di stoccaggio e omogeneizzazione V_{so} viene calcolato sulla base della considerazione per cui aumentando la portata Q_f da inviare al chimico-fisico, ovvero il volume V_{so} , si ottengono sicuramente i migliori risultati in termini di omogeneizzazione dei carichi inquinanti in ingresso, ma al tempo stesso aumenta il costo di investimento in infrastrutture (V_{so} appunto).

Viceversa, se si limita Q_f e quindi, il volume V_{so} , si peggiorano i risultati in termini di omogeneizzazione e, di conseguenza, aumentano i costi di esercizio, in termini di costo dei reattivi.



In definitiva, considerando il parametro COD come “tracciante” dei parametri dei quali si intende ridurre adeguatamente la concentrazione, perché il liquame possa essere compatibile con il successivo trattamento biologico secondario, si ha:

$$1) \text{COD}_{out} [\text{mg/l}] = \frac{(24 \cdot Q_{fp} \cdot \text{COD}_f + Q_{ind} \cdot \text{COD}_{ind})}{(24 \cdot Q_{fp} + Q_{ind})}$$

$$2) V_{so} [\text{m}^3] = 1,3 \cdot \frac{(24 \cdot Q_{fp} \cdot \text{COD}_f + Q_{ind} \cdot \text{COD}_{ind})}{\text{COD}_{out}}$$

$$V_{so} \cdot \text{COD}_{out} = 1,3 \cdot (24 \cdot Q_{fp} \cdot \text{COD}_f + Q_{ind} \cdot \text{COD}_{ind})$$

Dove

$$Q_{fp} [\text{m}^3/\text{h}] \text{ da pretrattare} \leq Q_f [\text{m}^3/\text{h}]$$



Q_{ind} da pretrattare [m³/d]

Un dimensionamento “equilibrato” del volume V_{so} di stoccaggio e omogeneizzazione si ha quando numericamente sussiste:

$$V_{so} \cong \text{COD}_{out} \text{ (condizione di equilibrio)}$$

Se dovessero risultare necessari valori di COD ancora più bassi, si potrà agire eventualmente aumentando la portata Q_{fp}, ovvero la portata di fogna da mandare al trattamento chimico-fisico e/o aumentando il volume V_{so}: in entrambi i casi a scapito di un maggior costo di struttura e/o di esercizio.

L’abbattimento in termini di concentrazione dei parametri di “disturbo” rispetto alla biomassa depurante del trattamento secondario dei liquami, se reso necessario dopo l’omogeneizzazione delle portate Q_{fp} e Q_{ind}, viene effettuato attraverso la fase di Coagulazione/Flottazione e di Precipitazione Chimica.

4.2 CORREZIONE (Eventuale) del pH

Il dosaggio dei reattivi chimici normalmente utilizzati per le fasi di Coagulazione/ Flottazione, sortisce effetti di maggiore o minore efficienza a seconda del range di pH (tra gli altri differenti parametri) al quale si fa avvenire la reazione tra reflui industriali e reattivi, appunto. Viceversa, dopo un trattamento chimico, ad es. con calce (pH 10-11), l'effluente non può essere inviato ai successivi trattamenti (biologici), per evidente incompatibilità.

Pertanto, la correzione del pH è una fase che può essere necessaria in più sezioni del trattamento Chimico-Fisico, dalla neutralizzazione dei reflui speciali in ingresso alle diverse fasi di correzione intermedie.

La correzione del pH può essere realizzata con differenti modalità, dalla miscelazione (con le dovute cautele rispetto a fenomeni di reazione esotermica) di reflui a contrapposto livello di pH, al dosaggio di reattivi:

Acidi	Basi
1 Acido Solforico H ₂ SO ₄	10 Carbonato di Calcio CaCO ₃
2 Acido Cloridico	20 Idrossido di Calcio Ca(OH) ₂
3 Acido Nitrico HNO ₃	30 Idrossido di Sodio NaOH
	40 Carbonato di Sodio Na ₂ CO ₃

Per gli scopi del codice SWATER Mix 2010, si è considerato l'utilizzo di reattivi correttivi (acidi o basi), mentre per definire il loro dosaggio, in mancanza di dati sull'Alcalinità carbonatica dei reflui, si farà riferimento ad un "Fattore di Alcalinità" Falc definito euristicamente come segue:

$$\text{Fattore di Alcalinità} + \text{Falc} = \text{Exp}(2,25 * (\text{pH} - 6)) \quad \text{per pH} > 7$$

$$\text{Fattore di Alcalinità} - \text{Falc} = - \text{Exp}(2,25 * (14 - \text{pH} - 6)) \quad \text{per pH} < 7$$

Sulla base di queste fattore e dei dosaggi unitari [mg/l] acido/base * [1 mg/l] Fatt.Alcalinità], il dosaggio (in prima approssimazione) risulta definito come segue:

$$\text{Dosaggio Acidi [mg/l]} = \text{Falc} * \text{Dos_ac}$$

$$\text{Dosaggio Basi [mg/l]} = \text{Falc} * \text{Dos_bs}$$

Naturalmente, disponendo di dati sull'Alcalinità il dosaggio sopra definito, risulterebbe più accurato.

4.3 COAGULAZIONE - FLOCCAZIONE

Dimensionamento Vasca di Coagulazione-Flocculazione:

In definitiva, la portata di reflui che deve essere sottoposta al trattamento Chimico-Fisico viene ad essere determinata a seconda dei conferimenti che giungono all'impianto di depurazione.

In generale, a parte la portata di liquami di fognatura Q_f (v. Par.2), è possibile che l'impianto si autorizzato a trattare una portata Q_{ind} di reflui speciali, pertanto la portata totale Q_{ind_tot} al Chimico-Fisico risulta essere:

$$Q_{ind_tot} [\text{mc/d}] = Q_{fp} + Q_{ind}$$

Il liquame da trattare Q_{ind_tot} , dopo le dovute fasi preliminari di grigliatura, dissabbiatura, disoleatura, ecc., viene mescolato rapidamente con opportuni reagenti chimici in maniera tale che le particelle colloidali, organiche e inorganiche in sospensione possano dare luogo alla prima fase di coagulazione (*coagulazione elettrocinetica*).

Agitando dolcemente la miscela formata, si viene a sviluppare la creazione dei micro fiocchi (complessi d'idrossidi gelatinosi) che andranno sempre più realizzare (*coagulazione orto cinetica*) una aggregazione e crescita dei micro fiocchi, aumentando progressivamente di volume e di peso (Flocculazione).

I Reattivi Coagulanti più utilizzati sono riportati nella tabella seguente, con i corrispondenti valori dei parametri caratteristici (Peso Molecolare, Dosaggio minimo, Dosaggio massimo, pHmin, pHmax, ecc.).

Reattivo Coagulante	Formula	PM	Do min	Dmax	Kc	pH min	pH max	Ci [m/h]
Cloruro Ferrico	FeCl3	162	20	130	1,00	4	10	1,275
Solfato di Alluminio	AL2(SO4)3	342	65	250	0,49	5	7	0,925
Solfato Ferroso	FeSO4	152	20	100	1,00	8	11	1,275
Calce	CaO Ca(OH)2	56	125	450	0,28			2,525
Poli cloruro di Alluminio	PAC		50	200	0,49	5	10	0,925
POLIELETTROLITI			1	10	10,0 0	0	14	

Il dimensionamento dei volumi necessari per questa fase di Coagulazione-Flottazione si basa essenzialmente sui Tempi di Contatto (15-60 secondi) e Tempi di Miscelazione e Flocculazione (Tempi di Reazione $T_r = 30$ minuti) mediamente richiesti, ovvero:

considerando: $T_r [h] = 0,5$ (Tempo di Flocculazione)

si ha: $V_{cf} = T_r * Q_{ind_tot}$ (Volume Vasca Flocculazione)

La profondità media della vasca va tenuta fra i 2,50 e i 4,50 m, con valori minimi periferici di 1,80 – 2 m.

Da cui ne deriva che il Volume di Contatto è mediamente:

$$V_c = V_{cf}/30$$

Per il dimensionamento dei Miscelatori Meccanici è necessario assicurare una potenza di miscelazione assorbita all'asse definita come segue:

$$P_s = K \rho N^3 D^5$$

Dove:

P: potenza specifica Miscelatore $P_s = 1000 [W/mc]$

K: Coeff. Di forma del miscelatore (fornito dal Costruttore)



N: velocità di rotazione del Miscelatore [giri/min]

D: diametro del Miscelatore

Pertanto, si ha:

$$P_{\text{inst}} [\text{kW}] = V_{\text{cf}} * (1,4 * P_s / \eta_{\text{mr}}) / 1000 \quad \text{(Potenza Installata Miscelatore)}$$

$$D_{\text{mix}} [\text{m}] = (P_{\text{inst}} * 1000 / K * 1000 * N / 60)^{0,2} \quad \text{(Diametro Miscelatore)}$$

Dove η_{mr} è il Rendimento del Motore-Riduttore

4.4 PRECIPITAZIONE CHIMICA

La fase successiva alla Flocculazione è la separazione fisica dei fiocchi per sedimentazione.

Il dimensionamento di questa fase di Precipitazione Chimica è in relazione al Carico Idraulico [m/h] che si deve instaurare, al Dosaggio di Reattivo Chimico utilizzato e ai relativi Rendimenti di Abbattimento ottenuti.

Considerando il modello che descrive la relazione tra le concentrazioni di sostanze allo stato colloidale da coagulare:

$$C_f = C_i / (1 + k_c * (D - D_{min}))$$

Dove :

C_f [mg/l]: concentrazione sostanze dopo la coagulazione

C_i [mg/l]: concentrazione sostanze prima della coagulazione

D [mg/l]: dosaggio reattivo coagulante

D_{min} [mg/l]: dosaggio minimo del reattivo coagulante

k_c [l/mg]: : Fattore di Coagulazione

Per gli scopi del presente codice di calcolo si è utilizzata la seguente espressione euristica del modello di dosaggio sopracitato:

Dosaggio minimo: $D_{min} = D_o * (0,924 + 0,017 * pH_{coag})$

Dosaggio Coagulante: $D_{coag} = D_{min} + (C_i - C_f) / K_c * C_f = D_{min} + \eta / K_c * C_i / C_f =$

Pertanto:

$$D_{coag} [mg/l] = D_o * (0,924 + 0,017 * pH_{coag}) + \eta / K_c * C_i / C_f$$

Per quanto riguarda i Rendimenti di Abbattimento si considera che in generale sussiste la seguente relazione:

$$\eta = f(\text{Tempi di Reazione, } pH, \text{ Dosaggio, Sostanza Coagulante, Temperatura, ..})$$

Nel nostro caso, i Rendimenti di Abbattimento assumono la seguente espressione:

$$\eta = C_i / C_f * \text{Exp}(-Tr - 0,5)^2 / (2 * 0,26^2) * (1,3 / (0,55 * \sqrt{6,28})) * \text{Exp}(-0,03 * ((pH - 7)^2) / (2 * 0,55^2)) * Tr / (0,1 + Tr)$$

Per quanto riguarda i Fanghi Chimici di risulta, si è considerato l'abbattimento dei solidi sospesi sedimentabili e la quantità di reattivo utilizzato, ovvero:

$$\begin{aligned}\text{Fanghi Prodotti:} \quad & F_c \text{ [mg/l]} = \eta \text{SST} + D_{\text{coag}} + D_{\text{coad}} \\ & F_p \text{ [Kg/d]} = F_p \text{ [mg/l]} * Q_{\text{ind_tot}}/1000\end{aligned}$$

Dimensionamento Vasca di Precipitazione:

Il dimensionamento del volume della Vasca di Sedimentazione, ovvero di Precipitazione Chimica, viene determinato considerando:

$$\begin{aligned}\text{Ore [h/d] di trattamento Chimico-Fisico: } & H_t \text{ [6-8 h/d]} \\ \text{Carico Idraulico: } & C_{id} \text{ [m/h]} = Q_{\text{ind_tot}}/ H_t\end{aligned}$$

Per cui: Area di Sedimentazione [mq]: $A_p \text{ [m}^2\text{]} = C_{id}/C_i$

Dove $C_i \text{ [m/h]}$ è il Carico Idraulico specifico caratteristico di ciascun tipo di reattivo coagulante (v. Tab. coagulanti)

Fissando la profondità utile $H_p \text{ [m]}$ della vasca di precipitazione, si ha:

$$V_p = A_p * H_p$$

4.5 OMOGENEIZZAZIONE FINALE

A valle del Trattamento Chimico-Fisico, le portate Q_{ind_tot} [mc/d] = $Q_{fp} + Q_{ind}$ e l'eventuale residuo di portata di fogna Q_f devono congiungersi portando, di conseguenza, una ulteriore miscelazione delle concentrazioni di sostanze inquinanti.

Non è detto che quest'ultima miscelazione porti ad una ulteriore diminuzione di tutti i parametri coinvolti: ciò dipende dal rapporto tra Portata*Concentrazione dei due flussi finali $Q_l = Q_f - Q_{fp}$ e Q_{ind_tot} .

In questo scenario si ha le seguenti portate in gioco:

Portata in Fogna: Q_f [mc/h]

Portata derivata da Q_f per il Trattamento Chimico-Fisico: Q_{fp} [mc/h]

Portata Reflui Speciali: Q_{ind} [mc/d]

Ovvero:

Portata Totale nel Chimico-Fisico: Q_{ind_tot} [mc/d] = $Q_{fp} + Q_{ind}$

Portata Residua in Linea: Q_l [mc/h] = $Q_f - Q_{fp}$

Considerando il parametro “tracciante” il COD, si ha:

$$COD_{lout} [mg/l] = \frac{(24 * Q_{fp} * COD_f + Q_{ind} * COD_{ind})}{(24 * Q_{fp} + Q_{ind})}$$

Per cui il volume minimo di omogeneizzazione finale:

$2) V_{o2} [m^3] = \frac{(24 * Q_l * COD_l + Q_{ind_tot} * COD_{ind})}{COD_{lout}}$
--