



DEPURATORI CHIMICO-FISICI TRADIZIONALI

1. Introduzione

La presente relazione descrive i depuratori chimico-fisici progettati dallo Studio Associato di Ingegneria Ambientale con particolare riguardo a quelli tradizionali in cui il fango risultante dal condizionamento chimico del liquame viene separato dall'acqua chiarificata mediante sedimentazione mentre quelli basati sulla separazione per flottazione ad aria disciolta sono descritti nella scheda "*Depuratori chimico-fisici innovativi*".

2. Tecnica della depurazione chimico-fisica

La depurazione chimico-fisica è la tecnica comunemente utilizzata per il disinquinamento di liquami inquinati non o difficilmente biodegradabili quale è gran parte delle acque reflue industriali.

In linea generale, tale tecnica consente di rimuovere dai liquami inquinati le sostanze contaminanti di natura sospesa e colloidale e i metalli tramite un procedimento articolato in due fasi successive: nella prima fase (flocculazione) il liquame viene miscelato con additivi chimici che provocano l'agglomerazione in fiocchi dei contaminanti, nella seconda fase (chiarificazione) i fiocchi vengono separati per gravità dall'acqua e rimossi sotto forma di fango umido da sottoporre a disidratazione. Se l'acqua chiarificata presenta un inquinamento residuo eccessivo, dovuto in genere alla presenza di sostanze microinquinanti che sfuggono al trattamento chimico, si procede ad un affinamento finale tramite filtrazione dell'acqua attraverso filtri a sabbia e a carboni attivi.

2.1 Rimozione degli inquinanti sospesi e colloidali

La flocculazione delle sostanze inquinanti di natura colloidale richiede che i liquami siano intimamente miscelati in modo da reagire con tre tipi di additivi chimici: il correttore del pH, il coagulante primario e il coagulante ausiliario.

Il correttore del pH ha la funzione di modificare il pH del liquame per ricondurlo nel campo dei valori ottimali per l'azione del coagulante ausiliario che in genere è prossimo alla neutralità. A tal fine viene impiegato un acido forte o una base forte che, dissociandosi completamente in acqua, liberano gli ioni idrogeno o idrossido necessari per neutralizzare l'acidità o l'alcalinità iniziale del liquame nonché l'azione acidificante del coagulante primario.

Il coagulante primario ha la funzione di coagulare in microfocchi le sostanze inquinanti presenti nel liquame sotto forma di particelle colloidali. I reagenti impiegati sono sali di metalli trivalenti che, dissociandosi completamente in acqua, liberano gli ioni positivi dei metalli che interagiscono con le cariche elettriche superficiali negative delle particelle colloidali annullando le forze elettrostatiche di reciproca repulsione. Una volta scariche, le particelle si raggruppano in coaguli che vengono meccanicamente inglobati nei microfocchi risultanti dalla precipitazione dell'idrossido metallico.

Il coagulante ausiliario ha la funzione di agglomerare i microflocchi risultanti dalla coagulazione primaria e i solidi sospesi originariamente contenuti nel liquame in macroflocchi agevolmente separabili dall'acqua chiarificata. I polielettroliti impiegati a tal fine sono polimeri organici di sintesi le cui molteplici catene molecolari hanno la capacità di formare legami di natura elettrica e meccanica fra i corpuscoli presenti nel liquame. Tali prodotti sono commercialmente classificati a seconda del segno della carica elettrica delle loro molecole (anionici a carica negativa, non ionici e cationici a carica positiva) e a seconda dell'entità di tale carica (deboli, medi e forti).

2.2 Rimozione dei metalli

La rimozione dei metalli viene ottenuta per via chimica modificando il valore del pH dell'acqua in modo da rientrare nel campo di precipitazione dell'idrossido che coincide con l'area interna alla curva di solubilità del metallo illustrata dal diagramma sottostante.

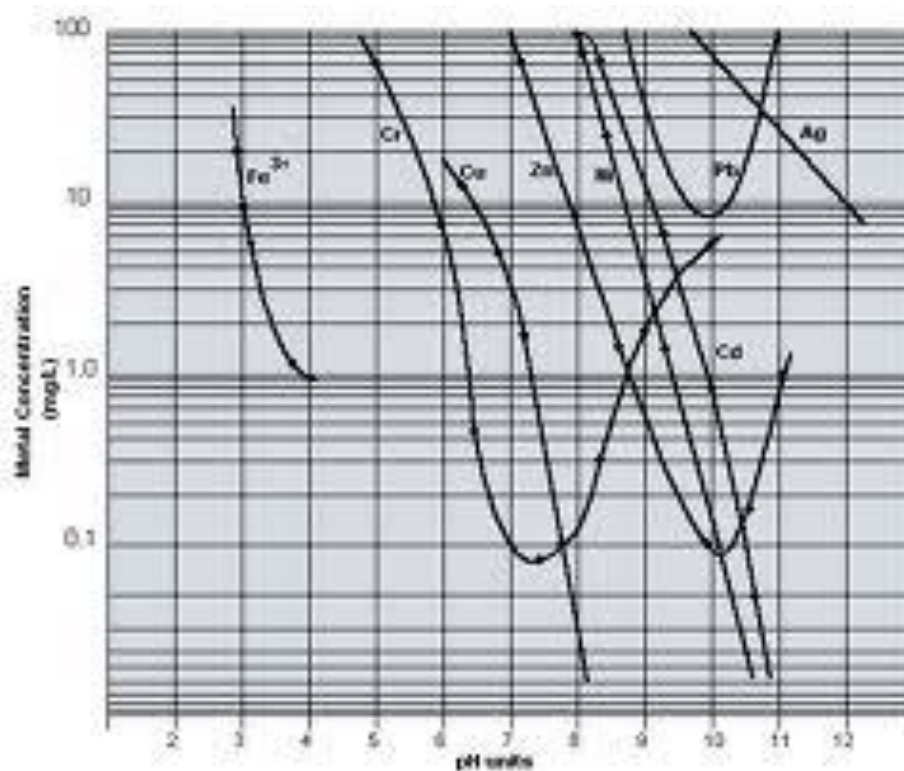


Figura 1 - Diagramma di solubilità dei metalli

In via generale, la modifica del pH dell'acqua consiste in una alcalinizzazione ottenuta tramite reazione con idrossido di sodio (NaOH) che al contempo rende disponibile lo ione OH⁻ che reagendo con il metallo forma l'idrossido solido (precipitato). Quest'ultimo si separa dall'acqua per gravità per cui può essere rimosso. Per facilitare questa operazione è in genere opportuno un trattamento di flocculazione dell'acqua mediante aggiunta e miscelazione con un coagulante primario ed un coagulante ausiliario sopra descritti.

3. Campo di applicazione

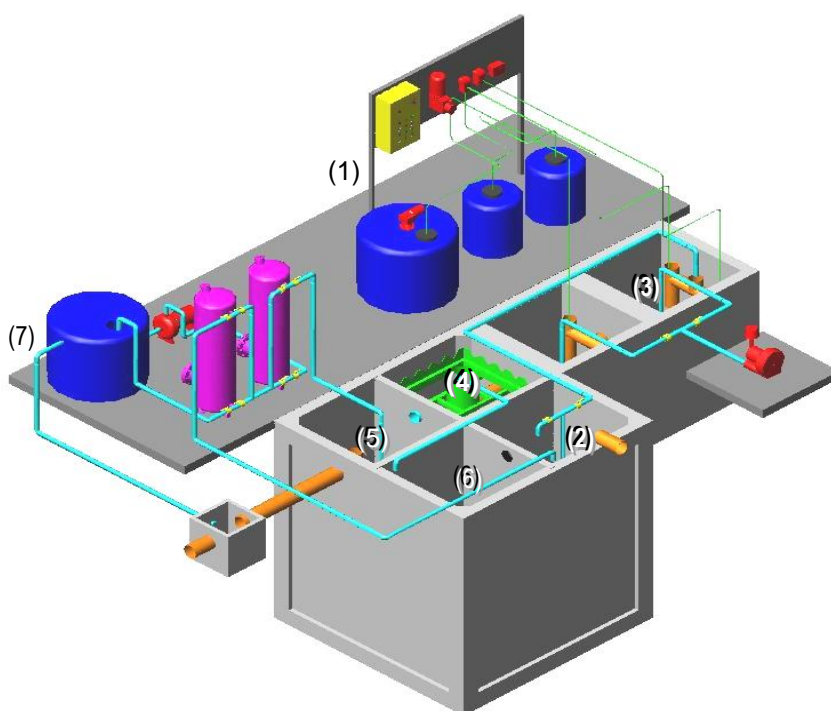
In via generale, i depuratori chimico-fisici vengono impiegati per il disinquinamento di reflui non biodegradabili ovvero nelle applicazioni in cui non è possibile, per mancanza di spazio o per altri motivi contingenti, installare un depuratore biologico. In questa ottica, tali depuratori si applicano soprattutto nel trattamento di acque reflue industriali fra cui quelle scaricate da aziende quali:

- aziende tessili, lavanderie, jeanserie, tintorie, cartiere, concerie ...
- aziende chimiche, petrolchimiche, galvaniche, farmaceutiche ...
- aziende ceramiche, cementifici, cave, vetrerie, mobilifici, cabine di verniciatura ...
- stazioni di autolavaggio, aree di raccolta scarichi caravan, officine meccaniche ...
- caseifici, conservifici, salumifici, zuccherifici, cantine, distillerie ...
- allevamenti zootecnici, mattatoi, frantoi oleari ...

Oltre alle sopraelencate applicazioni, i depuratori chimico-fisici tradizionali vengono impiegati per il disinquinamento delle acque di prima pioggia laddove queste risultino dal dilavamento di superfici scolanti particolarmente inquinate per cui non è sufficiente il solo trattamento di dissabbiamento e disoleazione. Tale argomento è trattato dettagliatamente nella scheda "Vasche di prima pioggia"

4. Configurazione dell'impianto

La versione standard dell'impianto è raffigurata nel disegno sottostante e descritta in quanto segue.



In linea di principio, l'impianto è composto da un bacino di raccolta delle acque di scarico (2) da cui l'acqua viene rilanciata con la portata di progetto ai pozzetti di flocculazione (3) dove avviene la miscelazione con gli additivi chimici iniettati da una stazione di dosaggio (1). L'acqua flocculata si immette in un bacino di sedimentazione (4) dove i fiocchi di fango si depositano sul fondo mentre l'acqua chiarificata defluisce attraverso la canaletta di sfiato nell'apposito bacino di raccolta (5) da cui viene eventualmente addotta alla stazione di filtrazione a sabbia e a carboni attivi (7). Il fango sedimentato viene spurgato nell'apposito bacino di accumulo (6) da cui deve essere estratto periodicamente tramite autospurgo ovvero conferito ad una unità di disidratazione in loco.

La stazione di dosaggio degli additivi chimici e l'eventuale stazione di filtrazione a sabbia e a carboni attivi sono installate fuori terra mentre gli altri componenti dell'impianto (bacini e pozzetti) sono ricavati all'interno di vasche monoblocco prefabbricate in cemento armato vibrato generalmente interrate a livello della condotta di adduzione delle acque di scarico.

Nella versione standard, l'impianto viene prodotto in due modelli di diversa capacità depurativa. Il modello di taglia minore (indicativamente fino a $1 \text{ m}^3/\text{h}$) impiega una vasca a pianta quadrata di dimensioni esterne $2,5 \times 2,5 \text{ m}$, altezza $2,5 \text{ m}$, capacità $12,5 \text{ m}^3$, internamente compartimentata in quattro vani, mentre quello di taglia maggiore (indicativamente fino a $4 \text{ m}^3/\text{h}$) impiega due vasche affiancate a pianta rettangolare di dimensioni esterne $2,5 \times 5 \text{ m}$, altezza $2,5 \text{ m}$, capacità $25,7 \text{ m}^3$; ciascuna suddivisa in due comparti per un totale di quattro vani come nel caso precedente.

Una volta interrate, le vasche vengono prolungate e ricoperte al piano di campagna mediante strutture di rialzo e copertura pedonale (spessore 10 cm) o carrabile (spessore 20 cm), anch'esse monoblocco prefabbricate in cemento armato vibrato, munite di aperture e relativi chiusini in ghisa sufficienti in numero e posizione a garantire l'ispezione dell'interno vasca e la manutenzione dei componenti impiantistici ivi installati oltre che la transitabilità del terreno sovrastante.



Vasca monoblocco prefabbricata in c.a.v.



Strutture di rialzo e copertura

Essendo realizzate a getto in soluzione monoblocco con l'impiego di cemento e ferro controllati in stabilimento, le vasche forniscono la massima garanzia di resistenza strutturale e tenuta idraulica a protezione del terreno circostante e di eventuali falde.

5. Componenti impiantistici

Seguendo l'ordine nel senso del flusso idraulico, i componenti dell'impianto sono: il bacino di raccolta e bilanciamento idraulico degli scarichi, i pozzetti di flocculazione con annessa stazione di dosaggio degli additivi chimici, il bacino di sedimentazione, i bacini di accumulo dell'acqua depurata e del fango di risulta dal ciclo depurativo, l'eventuale stazione di filtrazione a sabbia e a carboni attivi. Tali componenti sono sinteticamente descritti in quanto segue.

Il *bacino di raccolta e bilanciamento idraulico degli scarichi* è il comparto collegato con la condotta di adduzione delle acque di scarico. Il bacino è equipaggiato con una pompa sommersa, generalmente del tipo centrifuga con girante a vortice, specifica per la movimentazione di acque con corpi solidi e filamentosi in sospensione. Previo consenso di un interruttore di livello, la pompa rilancia automaticamente l'acqua ai pozzetti di flocculazione operando a portata costante pari a quella stabilita in fase di progetto. Al contempo il bacino, grazie alla propria capacità di accumulo, si riempie durante le punte di scarico (tipicamente durante l'intervallo di lavorazione dell'azienda) e si svuota nelle restanti 24 ore consentendo in tal modo di equalizzare l'alimentazione dell'impianto. La linea di rilancio della pompa è costituita da una tubazione di sollevamento che si raccorda ad una di mandata ai pozzetti ed una di ricircolo nel bacino, ambedue munite di valvola di regolazione della portata. Questa configurazione riduce le possibilità di ostruzioni lungo la linea di rilancio.

La *stazione di dosaggio degli additivi chimici* è composta dai serbatoi di contenimento delle soluzioni acquose dei tre reagenti prima specificati e dalle rispettive pompe dosatrici.

I serbatoi del correttore del pH (tipicamente idrossido di sodio) e del coagulante primario (in genere policloruro di alluminio) sono costituiti dai contenitori forniti dagli stessi produttori in modo da evitare pericolose operazioni di travaso. Il coagulante ausiliario è generalmente costituito da polielettroliti reperibili in polvere sul mercato per cui il relativo serbatoio di contenimento è equipaggiato con un elettroagitatore per la dissoluzione del prodotto in acqua.



Stazione di dosaggio degli additivi chimici

Le pompe dosatrici sono del tipo volumetriche a portata variabile e, così come la pompa di rilancio delle acque di scarico, sono comandate dall'interruttore di livello installato nel bacino di raccolta. In virtù di quanto sopra, previo regolazione delle pompe dosatrici sulla base della portata di esercizio dell'impianto e dei dosaggi stabiliti, gli additivi chimici vengono immessi solo in presenza di alimentazione idraulica e in ragione della sua portata.

I *pozzetti di flocculazione* sono composti da due vasche disposte in serie preposte alla miscelazione dell'acqua di scarico con il correttore del pH e il coagulante primario e con il coagulante ausiliario.

Al fine di realizzare la miscelazione intima dell'acqua con gli additivi chimici, i pozzetti sono equipaggiati con dispositivi di agitazione costituiti da elettroagitatori ad elica marina il primo dei quali, installato nel pozzetto di neutralizzazione e coagulazione primaria, è del tipo veloce ad accoppiamento diretto albero motore mentre il secondo, installato nel pozzetto di coagulazione ausiliaria, è del tipo lento ad accoppiamento tramite motoriduttore.



Pozzetti di flocculazione

Il *bacino di sedimentazione* è il componente dell'impianto preposto alla separazione per gravità dei fiocchi presenti nella miscela defluente dal pozzetto di coagulazione ausiliaria.



Bacino di sedimentazione

Dovendo trattare portate piuttosto limitate, il sedimentatore è del tipo statico realizzato in un vano a pianta quadrata, conformato con fondo a tramoggia ed equipaggiato con i dispositivi tipici dei decantatori a flusso ascensionale: condotta di immissione della miscela di acqua e fiocchi di fango, deflettore cilindrico coassiale, canaletta perimetrale di sfioro del chiarificato, pompa di estrazione del fango sedimentato.

I fiocchi presenti nella miscela defluente dal pozzetto di coagulazione ausiliaria si depositano sulla tramoggia di fondo del bacino addensandosi in uno strato di fango mentre l'acqua chiarificata surnatante tracima nella canaletta di sfioro da cui defluisce nel contiguo bacino di accumulo attraverso la condotta di comunicazione. Qualora non sia previsto l'accumulo dell'acqua depurata, la canaletta di sfioro comunica direttamente con la condotta di scarico nel corpo recettore.

Il *bacino di raccolta e accumulo del fango di risulta dal ciclo depurativo* è alimentato dalla pompa di estrazione installata sul fondo del bacino di sedimentazione. Il fango raccolto si ispessisce addensandosi sul fondo mentre il surnatante defluisce per troppo pieno nel contiguo bacino di bilanciamento degli scarichi. Periodicamente, il fango ispessito deve essere spurgato e trasportato presso ad un centro di trattamento esterno o disidratato in loco con le modalità di seguito esposte.

Per quanto ispessito, il fango estratto dal bacino di accumulo non possiede le caratteristiche di palabilità (contenuto di secco $\geq 20\%$) necessarie per il conferimento in discarica. D'altro canto, trattandosi di depuratori di potenzialità piuttosto contenuta, il residuo di fango è talmente limitato da non giustificare dispositivi di disidratazione abbastanza impegnativi, quali la filtropressa e la nastropressa, mentre è certamente più appropriato l'impiego di un disidratatore a sacchi drenanti per il suo basso costo e la semplicità operativa.

Il dispositivo è costituito da una serie di sacchi di uno speciale tessuto che è permeabile all'acqua di disidratazione del fango ed è impermeabile all'acqua piovana per cui i sacchi possono messi a dimora anche in ambienti aperti. In ogni caso, lo stoccaggio dei sacchi è una operazione piuttosto onerosa ma è ampiamente giustificata dagli eccezionali risultati ottenibili (dopo qualche mese di stazionamento il fango si disidrata fino ad un contenuto di secco dell'80%).



Disidratatore del fango a sacco drenante

Il *bacino di accumulo dell'acqua depurata* è alimentato attraverso l'apertura di comunicazione con il bacino di sedimentazione ed è collegato con una condotta di troppo pieno adducente al corpo recettore terminale. Ove necessario un trattamento di finitura, l'acqua depurata viene rilanciata da una pompa sommersa ad una *stazione di filtrazione a sabbia e a carboni attivi* installata fuori terra.



Stazione di filtrazione a sabbia e a carboni attivi

La stazione è composta da due filtri rapidi in pressione attraversati in serie. dall'acqua rilanciata dal bacino di accumulo. Il primo filtro rimuove i solidi sospesi ancora presenti nell'acqua tramite staccatura attraverso uno strato di sabbia. Il secondo filtro rimuove le sostanze microinquinanti residue tramite adsorbimento nelle microcavità di uno strato di polvere granulare di carbone.

La stazione è equipaggiata con un circuito di controlavaggio alimentato da una propria pompa con l'impiego della stessa acqua filtrata o di acqua primaria.

Nella versione più economica della stazione, le operazioni di lavaggio separato dei due filtri vengono eseguite tramite azionamento manuale delle valvole di intercettazione montate lungo il circuito.

6. Depuratori per scarichi sporadici e/o di modesta entità

Le utenze caratterizzate da scarichi sporadici e/o di modesta entità sono tutt'altro che infrequenti. Basta citare, fra le più comuni, le stazioni di autolavaggio a servizio di autoconcessionarie e le aree di raccolta delle acque nere dei serbatoi di accumulo dei caravan. In questi casi, l'entità e la frequenza degli scarichi sono tali da giustificare l'impiego di depuratori chimico-fisici più semplici e meno costosi di quelli finora descritti.

Questa tipologia di impianto viene realizzata con l'impiego delle vasche monoblocco prefabbricate in c.a.v. a pianta circolare e delle relative coperture specificate nell'annesso A del presente sito.



Vasca a pianta circolare



Solette di copertura

Le vasche sono compartimentate in modo da realizzare gli stessi componenti dell'impianto sopra descritto con le seguenti differenze: a) i pozzetti di flocculazione sono costituiti da vaschette metalliche confinate all'interno della vasca; b) il sedimentatore consiste in un canale tipo Imhoff sovrastante il vano di accumulo del fango di risulta dal ciclo depurativo anch'esso ricavato all'interno della vasca. L'impianto risulta drasticamente semplificato.

7. Conclusioni

I depuratori chimico-fisici tradizionali descritti nella presente relazione sono completamente equipaggiati nello stabilimento di produzione delle vasche e trasportate in cantiere dove, una volta realizzato lo sbancamento e predisposto il piano di posa, vengono installati in pochi giorni.



Depuratore chimico- fisico in corso di installazione



Depuratore chimico-fisico in operazione

L'attuale offerta di depuratori chimico-fisici sul mercato è per lo più costituita da impianti in carpenteria metallica (tipicamente in acciaio inossidabile) composti da un sedimentatore integrato con due pozzetti miscelatori equipaggiati con agitatori meccanici e serviti da una stazione di dosaggio degli additivi chimici realizzata con contenitori di capacità minima dovendo il tutto essere contenuto in armadietti di dimensioni limitate. Questi impianti, il cui costo è tutt'altro che esiguo, costituiscono in realtà solo una parte della struttura dell'intero sistema dovendo comunque essere abbinati ai bacini di raccolta degli scarichi, dell'acqua chiarificata (ove prevista la filtrazione finale) e del fango (ove previsto lo smaltimento tramite autospurgo).

Essendo contenuti in strutture di cemento armato, materiale notoriamente molto più economico dell'acciaio inossidabile, i depuratori chimico-fisici descritti nella presente relazione comportano costi di costruzione decisamente inferiori e per di più, potendo beneficiare di maggiori volumi di impianto, forniscono prestazioni inaccessibili ai depuratori in carpenteria metallica.