



## **DEPURATORE CHIMICO-FISICO INNOVATIVO**

## **1. Introduzione**

La presente relazione descrive il flocculatore-flottatore monoblocco progettato e brevettato dallo Studio Associato di Ingegneria Ambientale. La macchina consiste in un chiariflocculatore chimico-fisico composto da un canale di flocculazione, miscelato con aria compressa, solidale e sovrastante una vasca di flottazione ad aria disciolta a sua volta abbinata a un disidratatore del fango a sacchi drenanti.

## **2. Campo di applicazione**

Nella versione descritta nella presente relazione, il flocculatore-flottatore monoblocco risulta adatto alla depurazione 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 ...
- stazioni di autolavaggio, officine meccaniche, cabine di verniciatura ...
- caseifici, conservifici, salumifici, zuccherifici, cantine, distillerie ...
- allevamenti zootecnici, mattatoi, frantoi oleari ...

Nelle applicazioni sopra elencate, la macchina può essere impiegata da sola (eventualmente abbinata ad una stazione finale di filtrazione a sabbia e a carboni attivi) oppure a monte o a valle di un depuratore biologico come primo stadio di trattamento delle acque di scarico o come ispessitore del fango biologico di supero.



Applicazione agli scarichi delle cantine



Applicazione agli scarichi dei salumifici

L'efficienza depurativa della macchina, intesa come riduzione percentuale dei parametri di inquinamento del liquame, non è prevedibile in generale in quanto essa dipende principalmente dalla concentrazione degli inquinanti rimovibili per via chimico-fisica (sostanze sospese e colloidali) in raffronto a quella degli inquinanti non rimovibili (sostanze in soluzione). Parimenti non è prevedibile la percentuale di fango risultante dal ciclo depurativo in quanto essa dipende essenzialmente dall'entità e dalla natura dell'inquinamento iniziale del liquame.

A solo titolo indicativo si può asserire che, nella maggior parte delle sue possibili applicazioni, la macchina è in grado di ricondurre i parametri di inquinamento delle acque di scarico entro i limiti di emissione previsti dalle tabelle 3 e 4 dell'allegato 5 alla parte terza del D.Lgs. 152/2006, residuando al contempo un fango conferibile in discarica ovvero utilizzabile in agricoltura qualora conforme alle disposizioni di cui all'art. 3 del D.Lgs. 99/92.

### **3. *Tecnica depurativa***

Le acque di scarico delle aziende sopraelencate contengono in genere sostanze inquinanti di natura colloidale non separabili per gravità e/o non biodegradabili e quindi non possono essere depurate mediante un trattamento biologico. Per questo motivo, il flocculatore-flottatore monoblocco opera secondo la tecnica della depurazione chimico-fisica.

In linea generale, tale tecnica consente di rimuovere dai liquami inquinati le sostanze contaminanti di natura sospesa e colloidale 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.

### **4. *Configurazione costruttiva e modalità di funzionamento***

Il flocculatore-flottatore monoblocco è una macchina completamente realizzata in acciaio inossidabile le cui caratteristiche costruttive e funzionali sono illustrate dall'allegato schema di flusso e descritte in quanto segue per ogni singola unità operativa.

#### **4.1 *Bacino di raccolta e rilancio delle acque di scarico***

La macchina deve essere installata fuori terra da cui consegue l'esigenza di un bacino interrato per la raccolta e il rilancio delle acque di scarico conformato e attrezzato come segue.

Ove non già esistente, il bacino deve essere realizzato con opere di muratura oppure con l'impiego di una vasca prefabbricata, preferibilmente di tipo monoblocco in cemento armato vibrato, da interrare a livello della condotta degli scarichi. La capacità di accumulo del bacino deve essere sufficiente a contenere le eventuali eccedenze delle portate di scarico in raffronto alla portata costante di esercizio della macchina.



Bacino di raccolta e rilancio delle acque di scarico

La pompa di alimentazione della macchina, da installare sul fondo del bacino, deve essere del tipo sommergibile centrifuga, preferibilmente con girante a vortice liquido, in grado di erogare una portata 2-3 volte superiore a quella di esercizio e deve essere comandata da un interruttore di livello a galleggiante rialzato di 20 - 30 cm dal fondo. La tubazione di sollevamento della pompa deve essere raccordata ad una tubazione di mandata ed una di ricircolo ambedue munite di valvola di regolazione della portata. Questa configurazione consente di omogeneizzare il liquame nel bacino e rende più agevole la regolazione della portata di alimentazione della macchina.

#### *4.2 Unità di condizionamento chimico*

La flocculazione richiede l'impiego abbinato di 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 microfocci 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 microfocci risultanti dalla precipitazione dell'idrossido metallico.

Il coagulante ausiliario ha la funzione di agglomerare i microfocci risultanti dalla coagulazione primaria e i solidi sospesi originariamente contenuti nel liquame in macrofocci 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).



Stazione di dosaggio degli additivi chimici

Gli additivi chimici sono dosati nel canale di flocculazione, descritto in quanto segue, da una stazione costituita dai serbatoi di contenimento delle soluzioni acquose dei tre reagenti prima specificati e dalle rispettive pompe dosatrici. Il serbatoio del polielettrolita, reperibile in polvere sul mercato, è altresì equipaggiato con un elettroagitatore per la dissoluzione del prodotto in acqua.

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 della macchina e dei dosaggi stabiliti, gli additivi chimici vengono immessi solo in presenza di alimentazione e in ragione della sua portata.

#### 4.3 Canale di flocculazione

Il reattore di flocculazione è costituito da un canale di deflusso dell'acqua solidale e sovrastante la vasca di flottazione ad aria disciolta e ad essa collegato attraverso la tubazione di discesa della miscela flocculata. Il canale è suddiviso internamente in tre comparti tramite due setti divisorii in quali, operando da stramazzo, determinano i livelli di superficie libera dell'acqua ivi defluente.



Canale di flocculazione e vasca di flottazione in soluzione monoblocco



Comparto di correzione del pH e coagulazione primaria

Il primo comparto è alimentato dalla pompa di rilancio delle acque di scarico dal bacino di raccolta ed è additivato dalle pompe dosatrici del correttore del pH e del coagulante primario che determinano la neutralizzazione e la precoagulazione dell'acqua. Il secondo comparto è alimentato dall'acqua tracimante dal primo stramazzo divisorio ed è additivato dalla pompa dosatrice del coagulante ausiliario che determina la flocculazione dell'acqua.



Comparto di coagulazione ausiliaria



Comparto di deflusso della miscela flocculata

Il terzo comparto è alimentato dall'acqua tracimante dal secondo stramazzo divisorio ed è collegato con la tubazione di discesa della miscela flocculata alla vasca di flottazione.

I primi due comparti sono equipaggiati con diffusori d'aria di profondità a bolle grosse, del tipo a tubi forati non intasabili, alimentati da un compressore a canale laterale erogante una portata d'aria sufficiente a mantenere in agitazione l'acqua ivi defluente favorendone la miscelazione con gli additivi chimici iniettati dalle rispettive pompe dosatrici.



Compressore d'aria



Distributore dell'aria fra i comparti

#### 4.4 Vasca di flottazione ad aria disciolta

La vasca di flottazione ad aria disciolta provvede alla separazione dell'acqua chiarificata dal fango presente nella miscela flocculata ivi defluente per gravità dal sovrastante canale di flocculazione. La vasca è suddivisa in due comparti tramite un setto trasversale. Il primo comparto è collegato sul fondo alla tubazione di discesa della miscela flocculata ed è attrezzato con uno scolmatore di superficie a palette che convoglia il materiale scolmato ad una tramoggia di raccolta collegata con il tubo di scarico del fango di risulta dal ciclo depurativo. Il secondo comparto comunica con il primo attraverso due tubi innestati sulla parte inferiore del setto divisorio che, sollevandosi per una altezza regolabile tramite manicotti di testa, consentono al contempo il deflusso l'acqua sottonatante nel secondo comparto e la regolazione del livello della superficie libera nel primo. Sulla parete frontale del secondo comparto è innestata la tubazione di scarico dell'acqua depurata.



Comparto di separazione e scoltatura del fango



Comparto di regolazione del livello e di scarico dell'acqua depurata

Dalla parete laterale del secondo comparto si diparte una tubazione di ricircolo su cui è innestata una diramazione della linea di mandata dell'aria dello stesso compressore a servizio del canale di flocculazione dotata di flussimetro e valvola di regolazione della portata.

Lungo la tubazione di ricircolo, a valle dell'innesto della diramazione dell'aria, è installata una pompa specifica per la movimentazione di acqua con elevato contenuto di aria. Sulla tubazione di mandata della pompa è montata una valvola laminatrice preceduta da un manometro. Nel tratto terminale, la tubazione di ricircolo si innesta in quella di discesa della miscela flocculata.



Linea del ricircolo

Conformata e attrezzata come sopra detto, la vasca di flottazione ad aria disciolta opera con le modalità descritte in quanto segue.

L'acqua contenuta dal secondo comparto viene aspirata dalla pompa di ricircolo e addizionata lungo la tubazione di aspirazione dall'aria diramata dalla linea di mandata del compressore con una portata misurata e regolata attraverso il flussimetro e la valvola montati sulla diramazione. Opportunamente parzializzata, la valvola laminatrice mette in pressione (4 - 6 bar) la miscela di acqua e aria aspirata dalla pompa di ricircolo per cui, grazie alla agitazione indotta dalla rotazione della girante (2900 giri/min), una quantità di aria (10 - 15 % della portata di ricircolo) si solubilizza nell'acqua fino alla sua completa saturazione.

A valle della valvola laminatrice, la pressione dell'acqua diminuisce bruscamente al valore del battente idraulico riducendo proporzionalmente la solubilità dell'aria (legge di Henry) per cui l'acqua diventa sovrasatura di aria la quale si polverizza in una moltitudine di microbolle.

All'innesto con la tubazione di discesa della miscela flocculata, le microbolle di aria aderiscono ai fiocchi alleggerendoli per cui, una volta sboccati nella vasca di flottazione, i fiocchi risalgono in superficie dove formano uno strato galleggiante che viene rimosso dello scolmatore e travasato nella tramoggia di raccolta e da questa nel tubo di scarico del fango di risulta dal ciclo depurativo. L'acqua sottonatante, completamente chiarificata, defluisce nei due tubi di comunicazione con il secondo comparto da cui viene in parte scaricata e in parte ricircolata.



Nebulizzazione dell'aria nell'acqua di ricircolo



Risalita del fango nella vasca di flottazione



#### 4.5 Disidratatore del fango a sacchi drenanti

Il fango di risulta dal ciclo depurativo possiede un contenuto di secco che si aggira intorno al 4 %. Non essendo palabile (almeno 20 % di secco) tale fango non può essere conferito direttamente in discarica né utilizzato in agricoltura. Pertanto può essere smaltito accumulandolo in un apposito bacino, per essere prelevato periodicamente tramite autospurgo, oppure disidratandolo sul posto almeno fino al limite della palabilità. Nella versione standard dell'impianto, il dispositivo impiegato a tal fine è un disidratatore a sacchi drenanti.



Disidratatore del fango a sacco drenante

Tale dispositivo, da posizionare al di sotto della tubazione di evacuazione del fango dalla vasca di flottazione, comprende i seguenti accessori:

- sacco drenante, costituito da un sacco a perdere da 1000 l realizzato con uno speciale tessuto idrorepellente che lascia filtrare l'acqua di disidratazione ma è impermeabile all'acqua piovana;
- struttura di fissaggio del sacco drenante, costituita da un telaio in acciaio inossidabile munito di ganci di ancoraggio delle maniglie del sacco;
- bacinella di raccolta e di scarico dell'acqua filtrata, costituita da una vaschetta di fondo del telaio realizzata in acciaio inossidabile e munita di grigliato di supporto del sacco e bocchetta di scarico dell'acqua, da collegare alla tubazione di ricircolo dell'acqua filtrata nel bacino di raccolta e rilancio delle acque di scarico.

Una volta travasato nel sacco, il fango umido (4 % di secco) comincia a disidratarsi per drenaggio dell'acqua attraverso il tessuto (essendo inquinata, l'acqua filtrata deve essere ricondotta in testa all'impianto). Quando il sacco è pieno, deve essere prelevato tramite muletto o attrezzatura equivalente e messo a dimora.



Sacco drenante

Dopo qualche mese di stazionamento, il fango si disidrata fino ad un contenuto di secco dell'80 % per cui il volume iniziale si riduce di 20 volte. In tale condizione il fango risulta palabile e quindi può essere conferito in discarica oppure, se idoneo, utilizzato in agricoltura.

#### *4.6 Stazione di filtrazione a sabbia e a carboni attivi*

Qualora sia richiesto un trattamento di affinamento finale dell'acqua defluente dalla vasca di flottazione, il dispositivo previsto a tal fine è costituito da una stazione di filtrazione composta da un filtro a sabbia ed uno a carboni attivi disposti in serie.



Stazione di filtrazione a sabbia e a carboni attivi

Il filtro a sabbia provvede alla rimozione dei solidi sospesi, eventualmente sfuggiti alla fase di flottazione, tramite staccatura delle particelle solide per filtrazione attraverso uno strato di sabbia dell'acqua chiarificata rilanciata dalla pompa installata nel rispettivo bacino di accumulo.

Il filtro a carboni attivi provvede alla rimozione delle sostanze microinquinanti non sedimentabili e non filtrabili tramite adsorbimento di quest'ultime nelle microcavità presenti in uno strato di polvere di carbone attraversato dall'acqua defluente dal filtro a sabbia.

La stazione deve comprendere due bacini di accumulo e rilancio dell'acqua chiarificata e di quella depurata preposti rispettivamente all'alimentazione e al controlavaggio dei filtri.

La stazione di filtrazione, raffigurata nell'allegato schema di flusso, deve essere ogni volta dimensionata in base alle esigenze di installazione.

#### *4.7 Quadro elettrico*

Tutti gli elettrocomponenti dell'impianto sono alimentati e controllati da un quadro elettrico protetto da un contenitore IP55. La logica di funzionamento del quadro è la seguente:

- la pompa di alimentazione dell'impianto funziona in automatico comandata dal proprio interruttore di livello;
- le pompe di dosaggio funzionano in automatico comandate dall'interruttore di livello della pompa di alimentazione;
- la pompa di ricircolo e sovrasaturazione e il motoriduttore di traino dello scolmatore del fango funzionano in automatico comandati dall'interruttore di livello della pompa di alimentazione con un ritardo di 30 minuti dal segnale di stacca;
- il compressore d'aria asservito al canale di flocculazione e l'agitatore asservito al contenitore-dissolvente del flocculante funzionano in manuale.

### **5. Conclusioni**

Per le sue innovative caratteristiche costruttive l'impianto presenta una particolare compattezza che, unitamente ai vantaggi tipici della tecnica di chiarificazione adottata (flottazione) e all'elevato grado di automazione del sistema, comporta, rispetto ai depuratori tradizionali disponibili sul mercato, una serie di vantaggi che possono essere sintetizzati come segue.

#### *a) Affidabilità di funzionamento*

L'impianto rimuove il fango in maniera forzata, per cui funziona con elevata affidabilità e senza alcun vincolo nella scelta degli additivi chimici anche in presenza di fanghi leggeri quali quelli risultanti dal trattamento di liquami inquinati da oli, grassi, tensioattivi, ecc. che con una tecnica di chiarificazione tradizionale, quale la sedimentazione, comporterebbero problemi di funzionamento.

*b) Minimo ingombro*

L'impianto è molto più compatto di un depuratore chimico-fisico tradizionale, pertanto può essere alloggiato anche in ambienti angusti e disagiati oppure può essere installato su un semovente per applicazioni itineranti.

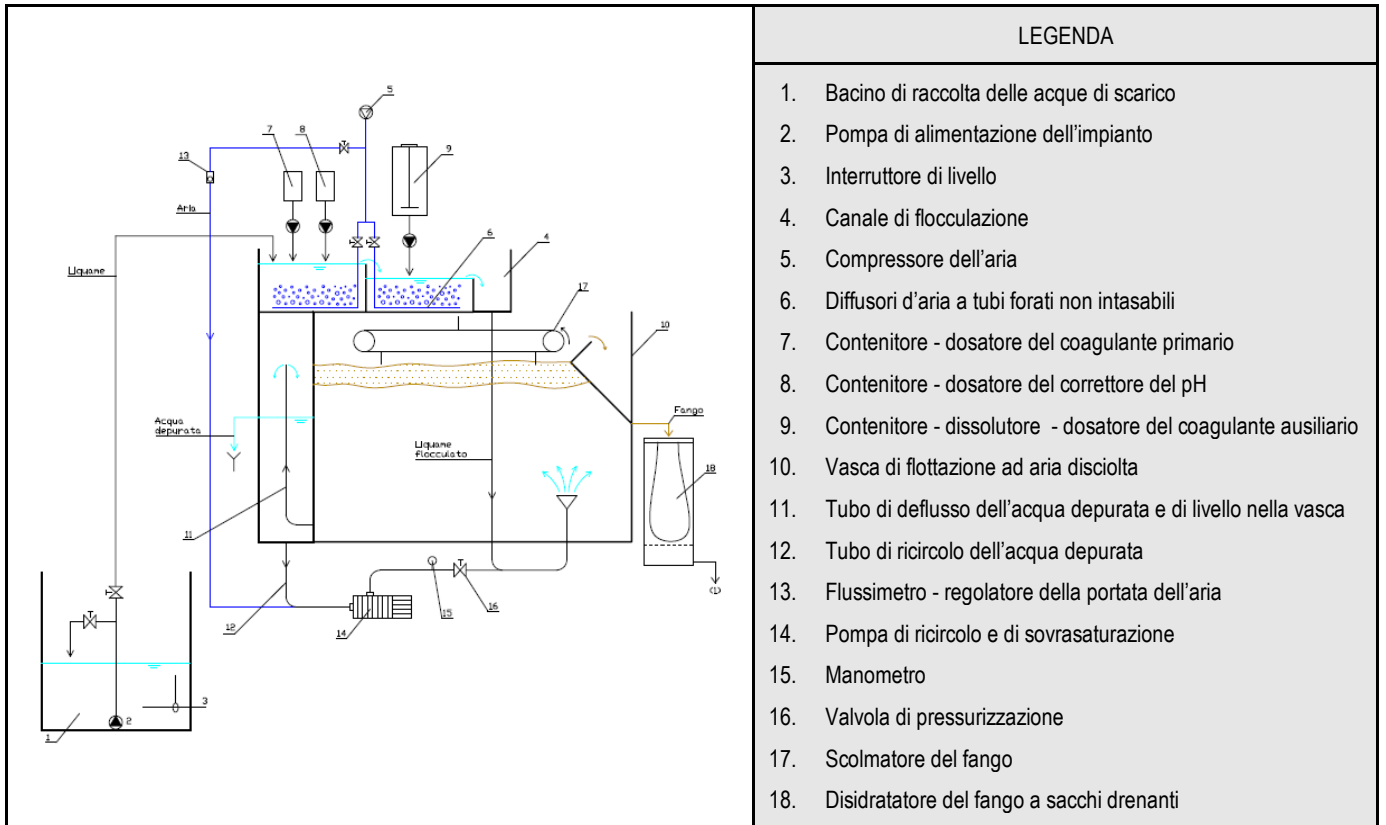
*c) Massima durata*

Per le parti a contatto con il liquame, l'impianto è completamente realizzato in acciaio inossidabile per cui ha una durata pressoché illimitata nel tempo.

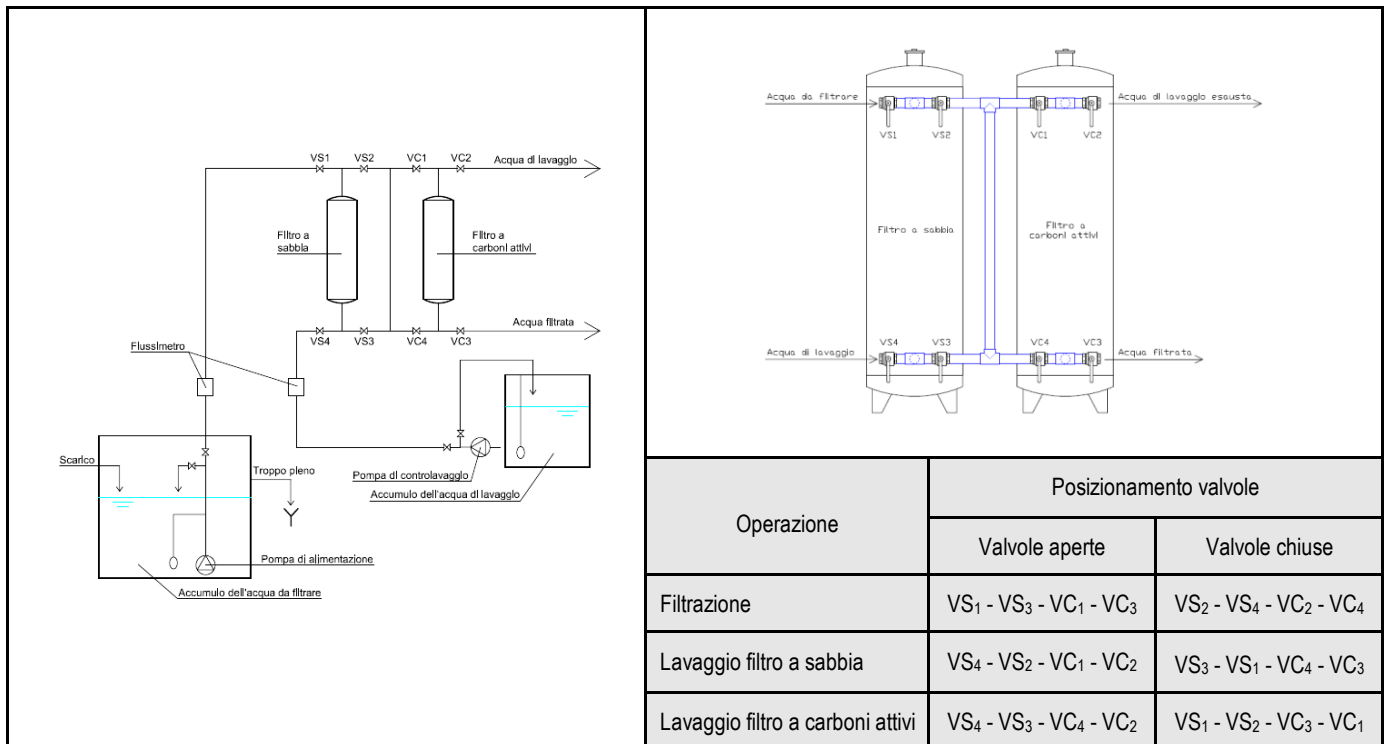
*d) Bassi oneri di gestione*

L'impianto è dotato di una sofisticata strumentazione di regolazione e controllo che ne rende ancora più affidabile il funzionamento ed al contempo riduce drasticamente l'impegno di manodopera gestionale.

## ALLEGATO - SCHEMI DI FLUSSO



SCHEMA DI FLUSSO DEL FLOCCULATORE - FLOTTATORE MONOBLOCCO



SCHEMA DI FLUSSO DELLA STAZIONE DI FILTRAZIONE