



## TECNOLOGIE

A cura di: Dott. Marco Pavoni

### Fitodepurazione

La fitodepurazione è una tecnica naturale di rimozione degli inquinanti che si basa sul principio di riprodurre gli stessi processi fisici, chimici e biologici di autodepurazione del sistema suolo-piante-microrganismi che caratterizzano gli habitat acquatici e le zone umide naturali.

#### PRINCIPI

- Nei processi di fitodepurazione la rimozione degli inquinanti (sostanza organica, azoto fosforo e patogeni) si fonda sui seguenti processi.
  - **Fisici:**
    - filtrazione meccanica da parte del medium;
    - sedimentazione;
    - assorbimento del medium per azione delle forze di Van der Waals.
  - **Chimici:**
    - degradazione di numerosi inquinanti per azione della luce e delle reazioni chimiche che si creano sia in zone ossigenate che ridotte.
  - **Biologici:**
    - assorbimento da parte delle radici delle piante dei nutrienti biochimici;
    - metabolismo della flora microbica che svolge la maggior parte del lavoro di depurazione.

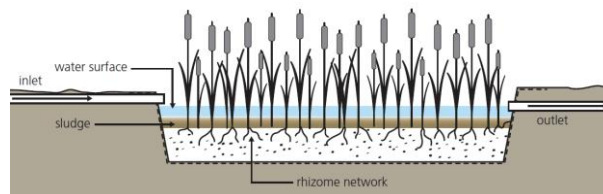
#### TIPOLOGIE

##### Impianti a flusso superficiale

Consistono in ambienti vegetati (bacini naturali o artificiali, corsi d'acqua) in cui la superficie dell'acqua è a contatto con l'atmosfera.

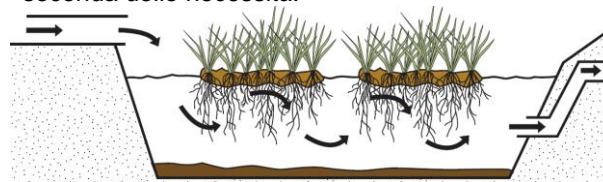
##### Bacini con piante radicate

- Si tratta di bacini scavati su suolo poco permeabile, compattato con macchine e arginato, sul cui fondo è messa a dimora la vegetazione.
- La presenza costante di acqua è tale da alterare le proprietà del suolo a causa dei cambiamenti chimici, fisici e biologici che avvengono durante la sommersione.
- Il sistema è particolarmente adatto a depurare grandi volumi d'acqua e trova applicazioni nel trattamento di acque derivate da fiumi, da bacini agrari o da ampi insediamenti abitativi.



##### Sistemi flottanti

- I sistemi flottanti sono realizzati utilizzando strutture di sostegno per le macrofite acquatiche non in grado di galleggiare autonomamente, ma altamente utilizzate ed efficaci per scopi depurativi.
- Le piante non subiscono le normali oscillazioni stagionali del livello dell'acqua e, quindi, si elimina il pericolo di un periodo più o meno lungo di siccità che ne compromette la vitalità.
- Il sistema è flessibile e modulare, poichè con operazioni facili si può cambiare la disposizione degli elementi a seconda delle necessità.





## Fitodepurazione (segue)

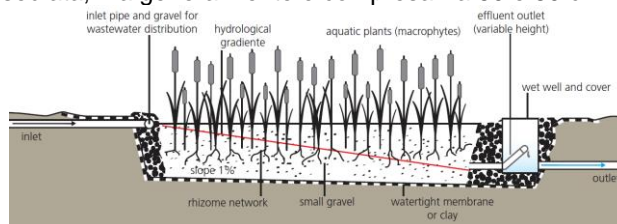
In questa tipologia di impianti l'acqua non ha contatto diretto con l'atmosfera e corre in uno strato di terreno con ghiaia, sabbia, argilla espansa o altri materiali inerti e porosi, dove si sviluppano le radici delle piante radicate emergenti.

### TIPOLOGIE (segue)

### Impianti a flusso sotto- superficiale

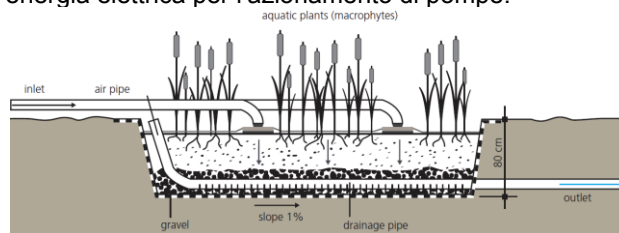
#### Flusso orizzontale

- Sono vasche riempite con inerti (roccia, ghiaia, sabbia o altri materiali locali) a diversa granulometria, all'interno delle quali l'acqua reflua è distribuita all'estremità superiore, fluisce lentamente attraverso il medium seguendo la leggera pendenza del fondo e raggiunge la fine, dove è raccolta da un tubo drenante.
- La profondità dipende dalla specie vegetale che sarà insediata, ma generalmente è compresa fra 60 e 80 cm.



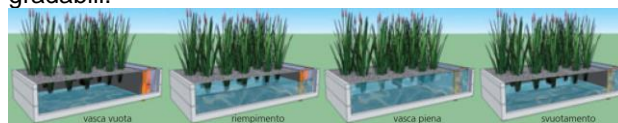
#### Flusso verticale

- Sono vasche dove il refluo da trattare è immesso dall'alto con carico alternato discontinuo e percola verticalmente in un filtro di materiali inerti, in cui si sviluppano le radici delle macrofite per essere poi raccolto sul fondo da una rete di tubi drenanti e scaricato all'esterno.
- A parità di carico inquinante gli impianti a flusso verticale consentono una migliore efficienza depurativa rispetto a quelli orizzontali o superficiali; pertanto, richiedono minore superficie.
- Per contro sono leggermente più complessi nella realizzazione e nella gestione e possono avere bisogno di energia elettrica per l'azionamento di pompe.



#### Vasche a scarico zero

- Si tratta di vasche vegetate nelle quali è apportato un carico idraulico pari all'evapotraspirazione delle piante in modo tale che non vi sia alcuno scarico.
- Le vasche possono essere interrate o fuori terra.
- I sistemi presentano un notevole potenziale per la rimozione di inquinanti con ciclo gassoso, fra cui i composti azotati ed organici.
- possono andare incontro a fenomeni di saturazione e accumulo per fosforo (P), metalli e sostanze non biodegradabili.





## Fitodepurazione (segue)

### VEGETAZIONE

<p><b>Funzioni</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sostegno di attività eterotrofica poiché i tessuti delle piante sono colonizzati da comunità di alghe, da batteri e protozoi protagonisti di intensa attività degradativa.</li> <li>• Distribuzione omogenea e riduzione della velocità del flusso d'acqua.</li> <li>• Le piante creano le condizioni ottimali per la sedimentazione dei solidi sospesi.</li> <li>• Stabilizzazione della superficie del suolo, con riduzione dell'erosione.</li> <li>• Sviluppo di uno strato intermedio tra l'atmosfera e il suolo o la superficie dell'acqua, in cui si instaurano importanti gradienti fisici.</li> <li>• La copertura vegetale attenua il passaggio della luce, fatto che inibisce la produzione algale e protegge l'ambiente sottostante dai rigori invernali.</li> <li>• Assorbimento diretto di nutrienti e inquinanti, le piante richiedono una certa disponibilità di nutrienti, valori tipici di 200-1000 Kg di N e 30-150 Kg di P per ha.</li> <li>• Rilascio di ossigeno nella rizosfera con formazione di microsititi favorevoli ai batteri aerobi, attivi nella decomposizione della materia organica.</li> </ul>
<p><b>Criteri di scelta</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• È opportuno scegliere specie:             <ul style="list-style-type: none"> <li>- autoctone, in quanto adatte al clima in cui si opera e non rappresentano pericoli per eventuali sviluppi incontrollati ed incontrollabili;</li> <li>- capaci di vivere in condizioni di saturazione del terreno;</li> <li>- che presentino, a maturità, un adeguato sviluppo fogliare e ipogeo per assorbire l'acqua e apportare l'ossigeno almeno fino a 0,5-0,6 m di profondità;</li> <li>- preferibilmente erbacee, in quanto colonizzano più velocemente e uniformemente l'ambiente. Sono preferibili quelle dotate di organi perennanti, affinché il sistema di depurazione naturale raggiunga più velocemente le prestazioni desiderate;</li> <li>- aventi requisiti di adattabilità, resistenza e competitività;</li> <li>- che non siano soggette a patologie o attacchi parassitari;</li> <li>- in funzione di obiettivi particolari (ad esempio, impiego di specie iperaccumulatrici di metalli, per la loro rimozione dal refluo da trattare, o alofite se il refluo presenta un elevato contenuto di sali).</li> </ul> </li> <li>• Il crescente interesse della fitodepurazione ha fatto sorgere l'attenzione verso piante che, oltre ad assolvere le funzioni tipiche dei sistemi wetland, siano anche ornamentali. Ai criteri di scelta precedentemente descritti si devono aggiungere:             <ul style="list-style-type: none"> <li>- l'opportunità di privilegiare associazioni plurispecifiche per avere minori rischi per fallanza di una specie e maggiore effetto decorativo; ciò richiede di realizzare accostamenti di specie diverse che siano in grado di sopportare la promiscuità;</li> <li>- la potenzialità di conseguire una macchia di colore per periodi più o meno lunghi a seconda dell'epoca di fioritura;</li> <li>- la possibilità di utilizzare piante aromatiche per confondere gli eventuali odori, per tenere lontano insetti molesti, o più in generale, per profumare l'aria.</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>Specie</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• In Italia le specie di maggiore interesse sono:             <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Phragmites australis</i>, la più utilizzata per vegetare zone umide, comunemente chiamata cannuccia di palude. Mostra una produttività di 12 t/ha per anno di s.s.;</li> <li>- <i>Typha latifolia</i>, una specie cosmopolita perenne resistente ai freddi invernali al gelo. Cresce anche in acque abbastanza ricche di sali e inquinati, ed è particolarmente resistente ai metalli. Ha una buona capacità produttiva (20-30 t/ha);</li> <li>- <i>Iris pseudacorus</i>, originario dell'Europa, ove in passato era spesso utilizzato come pianta da colorante ed erba medicinale;</li> <li>- <i>Schoenoplectus lacustris</i>, che ricopre vaste aree umide con acque dolci. Si adatta a un pH compreso fra 4 e 9, e tollera una salinità fino a 20 ppm;</li> <li>- il genere <i>Carex</i>, appartenente alla famiglia delle <i>Cyperaceae</i>, che comprende più di 3000 specie che trovano in ambienti molto diversi, in particolare in torbiere, paludi, prati e pascoli.</li> </ul> </li> </ul>



## Fitodepurazione (segue)

<b>GESTIONE</b>	<b>Trapianto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Per ottenere i migliori risultati l'impianto deve essere realizzato in primavera (sia da rizomi sia da piante già sviluppate), in modo da consentire una lunga stagione di crescita per giungere all'inverno con organi ipogei sviluppati.</li> <li>• In tutti i casi la messa a dimora delle piante necessita di un substrato pulito, livellato, dal quale si siano eliminate le erbe infestanti.</li> <li>• Con il procedere della stagione è, invece, opportuno ricorrere all'uso di piante, impiegando prima materiale derivato da seme e più tardi quello con rizomi già formati. L'investimento consigliato è di 4-6 piante al mq.</li> <li>• La densità di messa a dimora varia fra 4 e 10 rizomi per mq. I nuovi getti compariranno 15-30 giorni dopo il trapianto, a seconda delle condizioni ambientali.</li> <li>• Tra la messa a dimora e l'attecchimento si può riscontrare una riduzione di investimento, che in certi casi può raggiungere il 20-25%. La grande capacità di sviluppare rizomi, tuttavia, consente un rapido recupero della situazione.</li> </ul>
	<b>Manutenzione</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il 1° anno di impianto è il periodo più critico per l'attecchimento e l'insediamento della vegetazione; pertanto, devono essere eseguiti interventi di gestione idrica e manutenzione.</li> <li>• Il livello dell'acqua all'interno della vasca deve essere tenuto sufficientemente vicino alla zona radicale (profondità massima di 20 cm).</li> <li>• Il controllo delle malerbe può essere eseguito manualmente o con il ricorso a erbicidi selettivi nel caso di impianti di maggiori dimensioni.</li> <li>• Gli interventi di manutenzione della vegetazione continueranno anche negli anni seguenti, quando può rendersi necessario eliminare le infestanti resistenti e/o ripristinare la vegetazione nel caso di fallanze.</li> <li>• A fine stagione la vegetazione può essere raccolta o lasciata sul posto a essiccare. L'epoca di raccolta e la frequenza con cui è eseguito l'intervento nel corso degli anni hanno conseguenze sul comportamento della vegetazione.</li> <li>• Raccolte di fine estate-inizio autunno consentono di rimuovere le maggiori quantità di inquinanti, ma possono indebolire la ripresa vegetativa successiva, a causa della difficoltà di traslocare gli assimilati verso gli organi ipogei.</li> <li>• L'esecuzione del taglio ogni anno aiuta a eliminare le infestanti, favorendo la canna palustre, e riduce l'accumulo di lettiera.</li> <li>• La gestione di vasche con consociazioni di specie diverse (impianti ornamentali) richiede maggiore attenzione negli interventi manutentori. Possono rendersi necessari interventi primaverili di diradamento e/o di ripristino.</li> <li>• Per mantenere l'effetto estetico si dovranno effettuare operazioni tipiche del giardinaggio (eliminazione di fiori secchi, di parti di pianta danneggiate, diradamenti, eventuali trattamenti antiparassitari ed insetticidi).</li> <li>• Al 3° anno l'impianto raggiunge la maturità di sviluppo e fornisce le prestazioni definitive.</li> </ul>
<b>UTILIZZI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trattamento dei reflui domestici.</li> <li>• Scarichi discontinui o irregolari come quelli provenienti da hotel, campeggi, villaggi turistici.</li> <li>• Reflui in uscita da impianti di acquacoltura.</li> <li>• Reflui in uscita da aziende zootecniche.</li> <li>• Reflui in uscita da caseifici e cantine di vinificazione.</li> <li>• Acque di dilavamento stradale.</li> <li>• Percolati di miniere e discariche.</li> <li>• Derivazioni da corsi d'acqua eutrofizzati.</li> </ul>	



## Fitodepurazione (segue)

### VANTAGGI

- Costi minimi di costruzione e manutenzione rispetto a quelli degli impianti di depurazione tradizionali.
- Assenza di odori e di proliferazione di insetti nei sistemi a flusso sommerso.
- Totale abbattimento della carica patogena.
- Creazione di un'area verde al posto di manufatti in cemento.
- Possibilità di riutilizzo dell'acqua depurata a scopi irrigui.
- Riduzione dei consumi di energia elettrica rispetto ad un depuratore tradizionale.
- Assenza o ridotta necessità di apparecchiature elettromeccaniche.
- Effluente finale conforme alle norme vigenti (Tab. 1 e 2, All. 5 del D.L. 152/2006).
- Funzionamento depurativo indipendente dall'assenza di energia o sovraccarico idraulico fondamentali per il funzionamento dei processi di depurazione tradizionali.

### SVANTAGGI

- Richiesta di maggiori superfici rispetto ai depuratori convenzionali.
- Costi di acquisizione del suolo sul quale costruire l'impianto.
- Per aumentare l'efficienza la fitodepurazione dovrebbe essere abbinata a pretrattamenti (vasche di stoccaggio, separazione solido/liquido). Detti pretrattamenti possono risultare costosi.

### Prestazioni fitodepurative

- Alcuni studi scientifici effettuati su impianti bovini e suini esistenti hanno evidenziato che:
  - l'efficienza di abbattimento è molto simile per le due tipologie di refluo e si attesta fra il 50 e il 75% per l'azoto totale e fra il 41 e il 72% per la forma ammoniacale;
  - per i reflui bovini e suini l'efficienza di abbattimento è superiore quando i valori di concentrazione in ingresso sono elevati;
  - l'abbattimento di azoto ammoniacale non è accompagnato da incremento della concentrazione di azoto nitrico, anch'essa ridotta dalla fitodepurazione;
  - la rimozione giornaliera di azoto totale può arrivare a 9,55 g/mq nelle situazioni di maggiore carico.
- Secondo un monitoraggio condotto in Veneto un ha di superficie fitodepurativa rimuove 6.700 kg di azoto, che equivalgono a circa 40 ha di terreno agricolo in ZVN.
- Esperienze internazionali testimoniano che può essere raggiunto anche un valore 5 volte più elevate.

### Emissioni in atmosfera

- Durante i processi biochimici operati dai microrganismi in sede di fitodepurazione sono rilasciati diversi composti gassosi alcuni dei quali con effetto serra, in particolare anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e protossido di azoto (N<sub>2</sub>O).
- Monitoraggi di emissioni di gas serra eseguiti in impianti pilota hanno rilevato emissioni maggiori di CH<sub>4</sub> a seguito delle operazioni di sfalcio della biomassa con flussi maggiori dal letto vegetato con *Arundo donax*.
- Nel periodo primaverile-estivo tutti i letti a flusso sottosuperficiale mostrano ampia variabilità nell'emissione di CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O.
- Le emissioni di CO<sub>2</sub> (eq) dai letti vegetati con *P. australis* sono di 4,2 e 3,3 g/mq/giorno rispettivamente per il flusso verticale ed il flusso orizzontale.
- I flussi di gas serra dal sistema a flusso superficiale che tratta acque di drenaggio agricolo sono influenzati dall'idroperiodo che caratterizza l'impianto.
- Le emissioni di CH<sub>4</sub> sono pressoché simili tra la primavera e l'estate mentre sono superiori in primavera quelle di N<sub>2</sub>O e in estate quelle di CO<sub>2</sub>.
- Le emissioni di CO<sub>2</sub> (eq) nelle due stagioni sono rispettivamente di 7 e 5,5 g/mq/giorno in primavera e in estate.

### APPLICAZIONE IN ZOOTECCNIA