

ZANICHELLI

Fabio Fanti

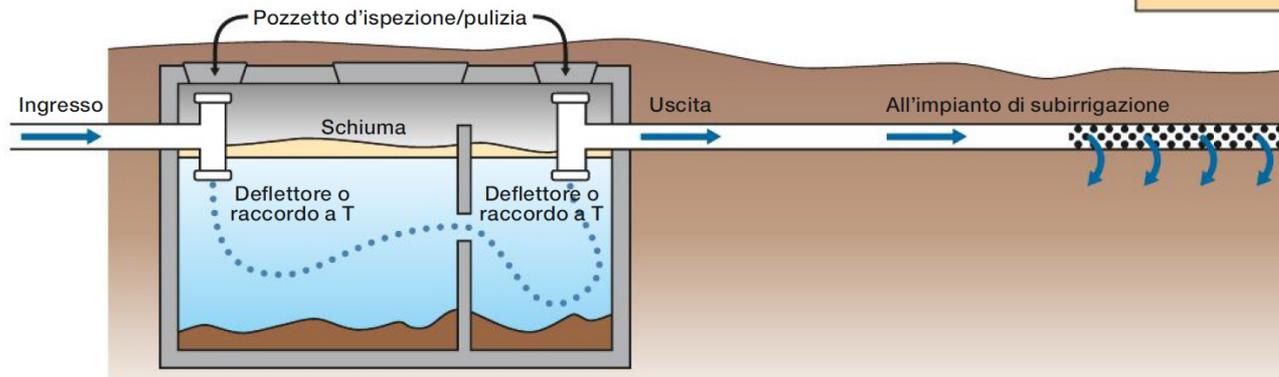
Biologia, microbiologia e tecnologie di controllo ambientale

Le tecnologie di depurazione delle acque

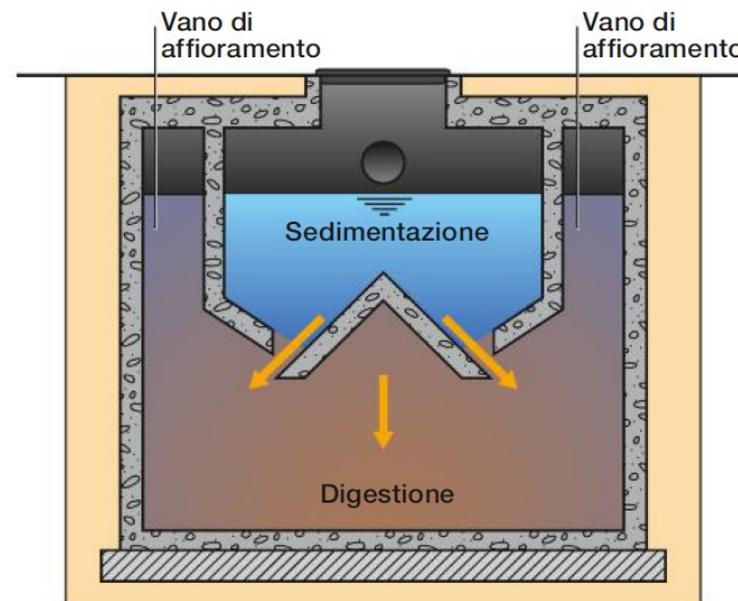
Depurazione dei liquami in singoli edifici /1

Fosse settiche e fosse Imhoff sono sistemi basati su processi di **degradazione anaerobia**

Fossa settica



Fossa Imhoff



Depurazione dei liquami in singoli edifici /2

L'**evapotraspirazione** consiste nello smaltimento dei reflui su ampie superfici di terreno attraverso strati di materiale poroso



Impianti di depurazione delle acque reflue /1

Un **impianto di depurazione** delle acque reflue è strutturato in diverse sezioni, che corrispondono ad altrettante **tipologie di trattamento**



**Trattamenti primari
(meccanici)**

Grigliatura
Dissabbiatura
Disoleazione
Sedimentazione I

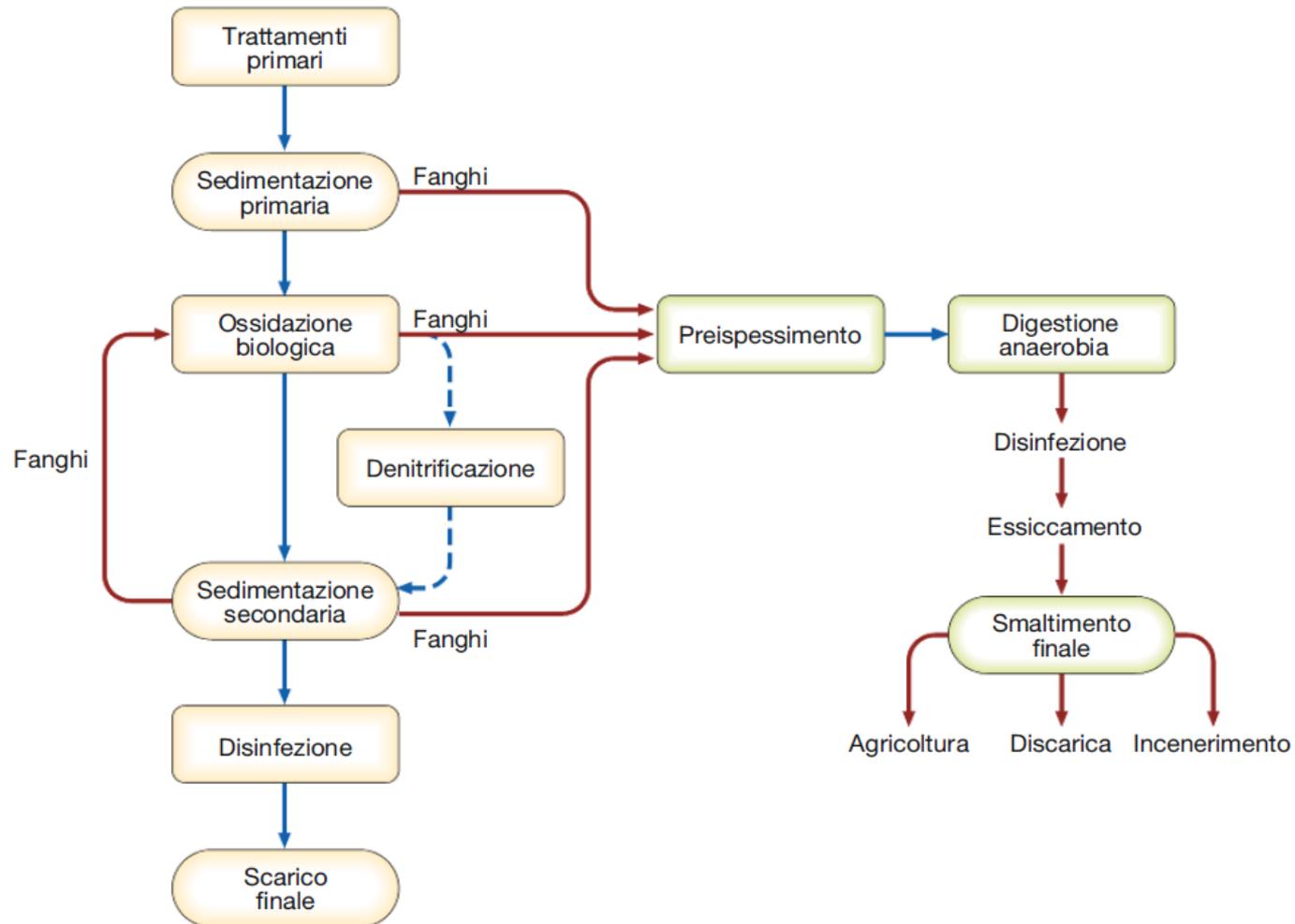
**Trattamenti secondari
(biologici)**
aerobi/anaerobi

Fanghi attivi
Filtri percolatori
Biodischi
Lagunaggio
Digestione anaerobia

**Trattamenti terziari
(chimici)**

Clorazione
Ozono

Impianti di depurazione delle acque reflue /2



Trattamento primario di depurazione /1

- **Grigliatura:** separa dal liquame i solidi grossolani
- **Dissabbiatura:** vengono allontanati sabbia e terriccio, rallentando progressivamente la velocità del liquame
- **Disoleazione o sgrassatura:** le sostanze oleose si prelevano e separano dalla superficie del refluo per mezzo di raschiatori o con sistemi di sfioro



Vasche per dissabbiatura

Trattamento primario di depurazione /2

- **Flottazione:** separazione delle sostanze insolubili più leggere, facendo affiorare in superficie le sostanze colloidali, per mezzo dell'insufflazione di aria o con mezzi chimici
- **Decantazione o sedimentazione primaria:** vasche in cui il refluo staziona per una o più ore
- In alcuni casi, ulteriore fase di **filtrazione**



Vasca di sedimentazione primaria

Trattamento secondario o biologico

Le sostanze organiche nell'effluente vengono aggredite da **comunità di microrganismi** che le utilizzano per le proprie necessità nutritive e le trasformano in composti semplici: si creano aggregati di sostanza organica e microrganismi in forma di **fiocchi**.

Si adottano **processi aerobi** utilizzando:

- Sistemi a **biomassa adesa**: i microrganismi formano un biofilm aderente a substrati di varia natura
- Sistemi a **biomassa dispersa**: effluente e componente microbica sono mantenuti in sospensione da sistemi di agitazione e di insufflazione forzata di aria
- Tecnologie di **fitodepurazione**, con trattamenti di lagunaggio ed evapotraspirazione

Sistemi di trattamento secondario a biomassa adesa /1

Letti o filtri percolatori (*trickling filter*): vasche a sezione cilindrica, contenenti materiale inerte in piccoli frammenti sulla cui superficie il refluo viene distribuito a pioggia per mezzo di un braccio rotante. L'effluente percola lentamente attraverso il materiale inerte verso il fondo della vasca, dove sono situate canalette di drenaggio.

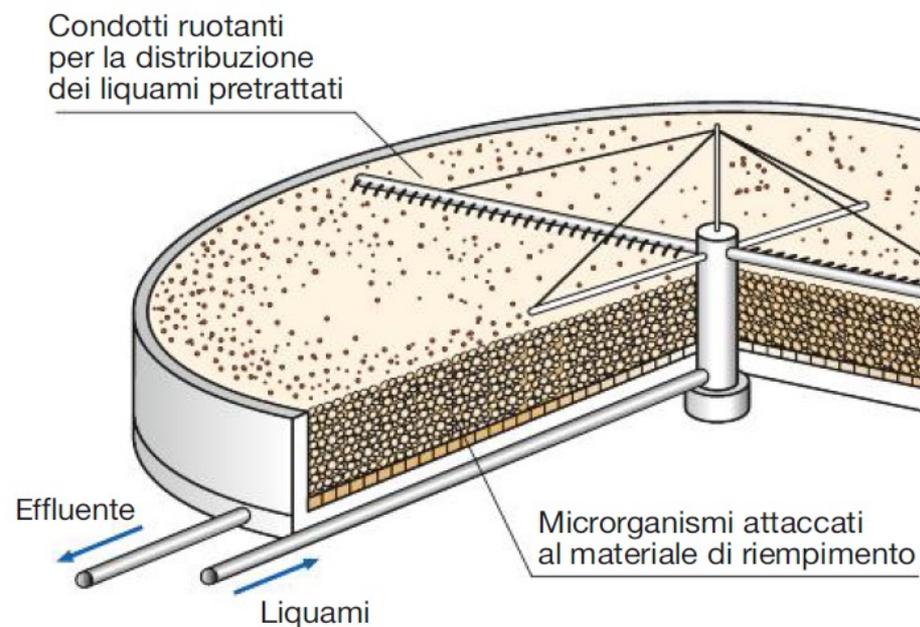


Sistemi di trattamento secondario a biomassa adesa /2

Si forma un **biofilm microbico (pellicola zoogleica)** ad alta efficienza metabolico-degradativa.

Il flusso attraverso il substrato di riempimento può essere:

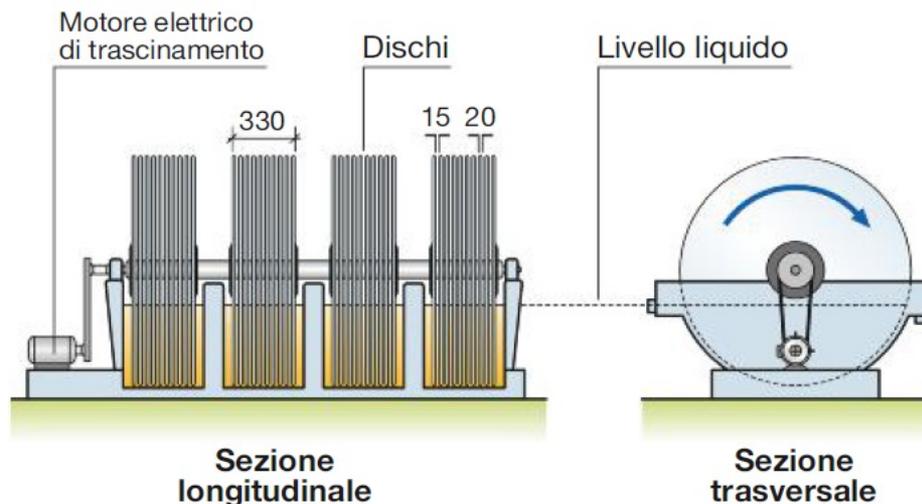
- **pietrisco ad alta densità** (spazi vuoti scarsi): flusso rallentato
- **materiale plastico** (spazi vuoti ampi): flusso elevato



Sistemi di trattamento secondario a biomassa adesa /3

Biodischi: per il trattamento di liquami provenienti da agglomerati urbani non superiori a 15000 abitanti.

Serie di vasche semicilindriche, appoggiate orizzontalmente sulla parte concava in cui ruotano lentamente dischi in polietilene concentrici e paralleli, azionati da un perno che percorre il lato maggiore della vasca.



Sistemi di trattamento secondario a biomassa adesa /4

Biofiltri: bioreattori sommersi aerati in cui il refluo viene inviato con flusso discendente, ascendente o trasversale. Sui biofiltri crescono i microrganismi che degradano l'inquinante.

Caratteristiche differenziali rispetto ai letti percolatori:

- **immersione completa** della parte in cui avviene la depurazione
- **sistema di aerazione forzata**

Sistemi di trattamento secondario a biomassa libera /1

Vasche di ossidazione: una o più grandi vasche circolari in cui il refluo viene inviato dopo il trattamento primario.

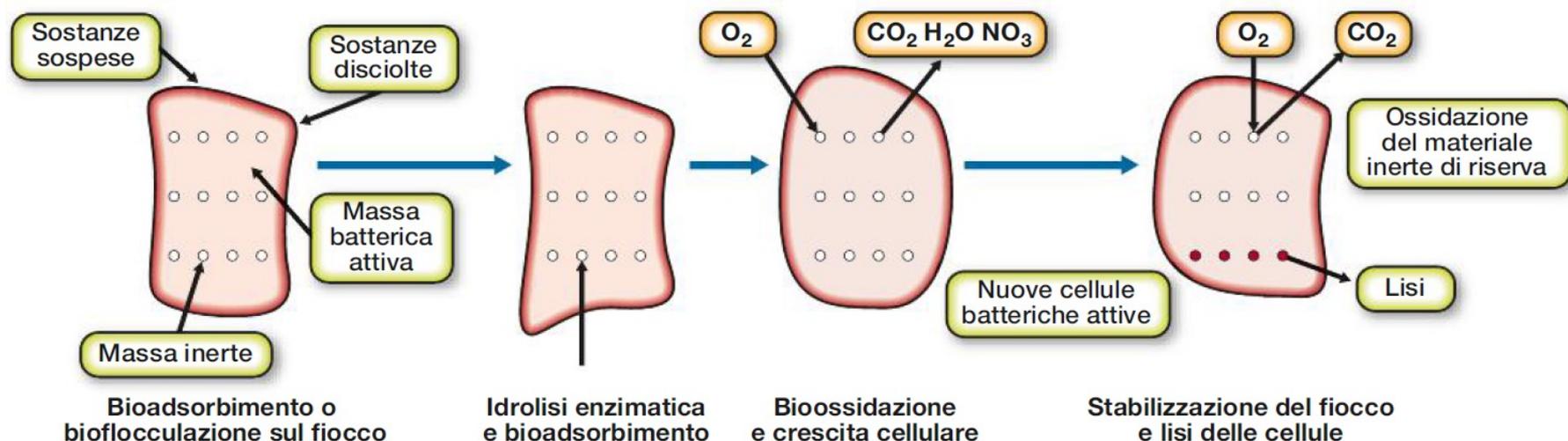
L'ossigenazione del sistema è un parametro fondamentale per il suo funzionamento

Fanghi attivi: fiocchi gelatinosi con diametro di qualche mm, costituiti da vari microrganismi e da sostanza organica allo stato colloidale

Sistemi di trattamento secondario a biomassa libera /2

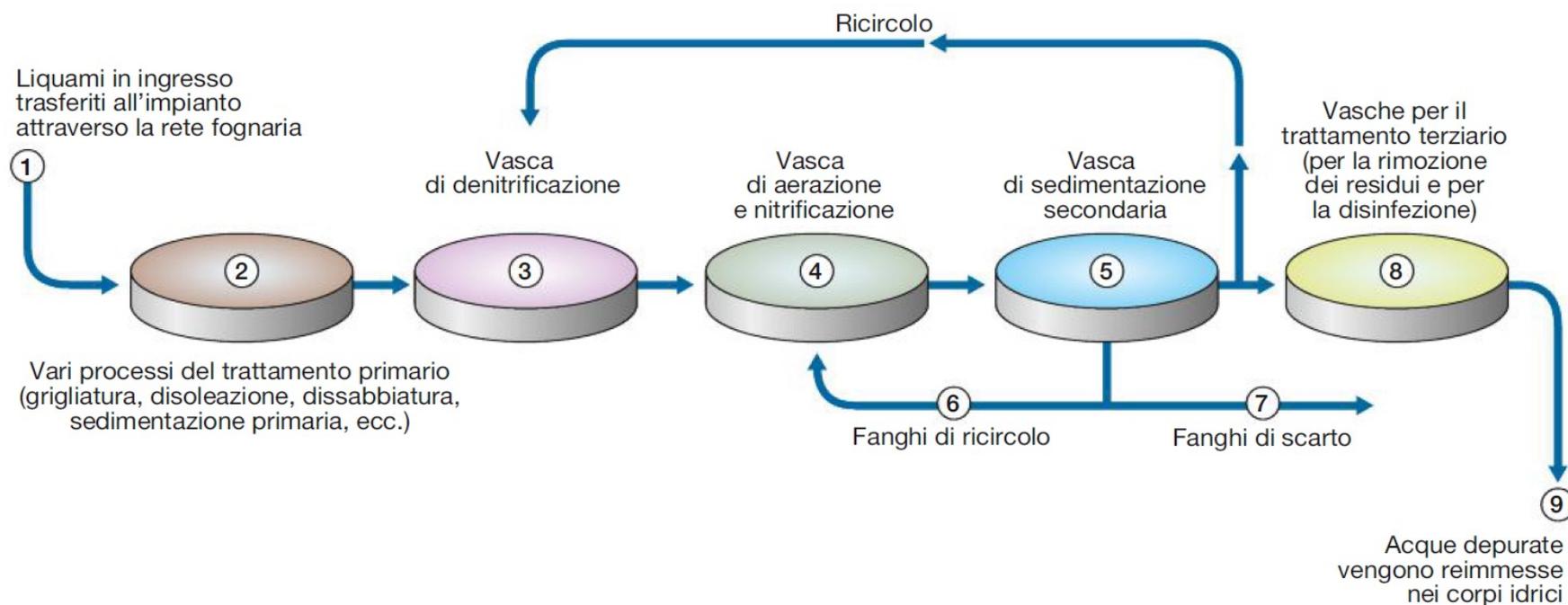
I **fanghi attivi** si formano per un processo di **bioflocculazione** in vasche di ossidazione aerate.

Si innesca un processo per cui, anche con meccanismi di **bioadsorbimento**, la sostanza organica in soluzione aderisce ai microrganismi, che se ne cibano, e alla matrice gelatinosa del fiocco.



Sistemi di trattamento secondario a biomassa libera /3

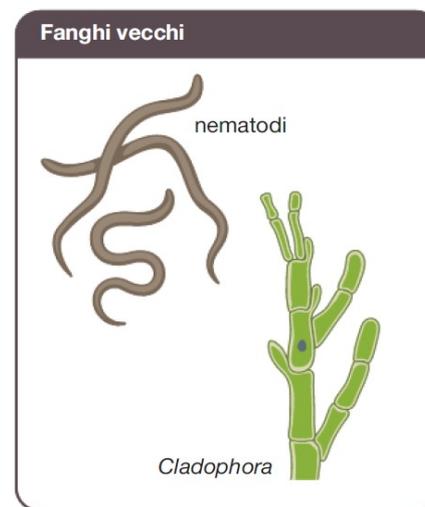
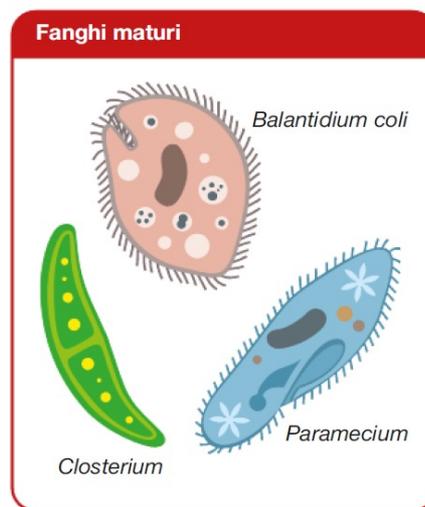
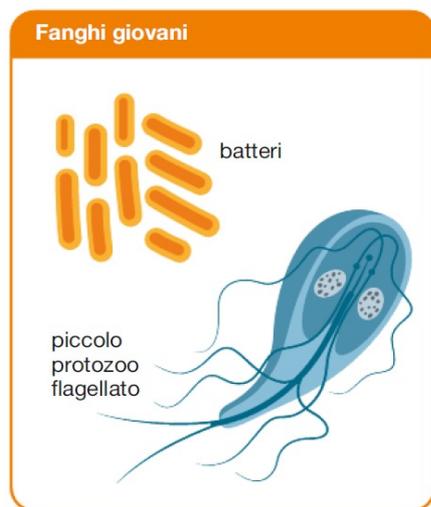
Un impianto a fanghi attivi consta di una **vasca di denitrificazione**, una **vasca di aerazione** e una **vasca di sedimentazione secondaria o finale**.



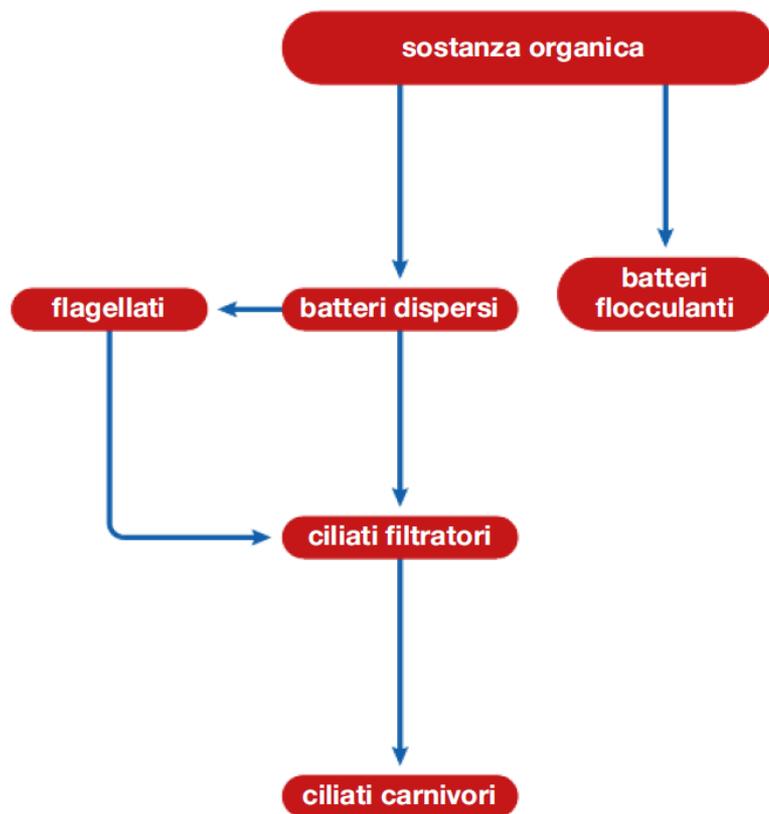
Monitoraggio biologico dei fanghi attivi /1

Le **caratteristiche microbiologiche del fango attivo** cambiano in relazione alla sua età:

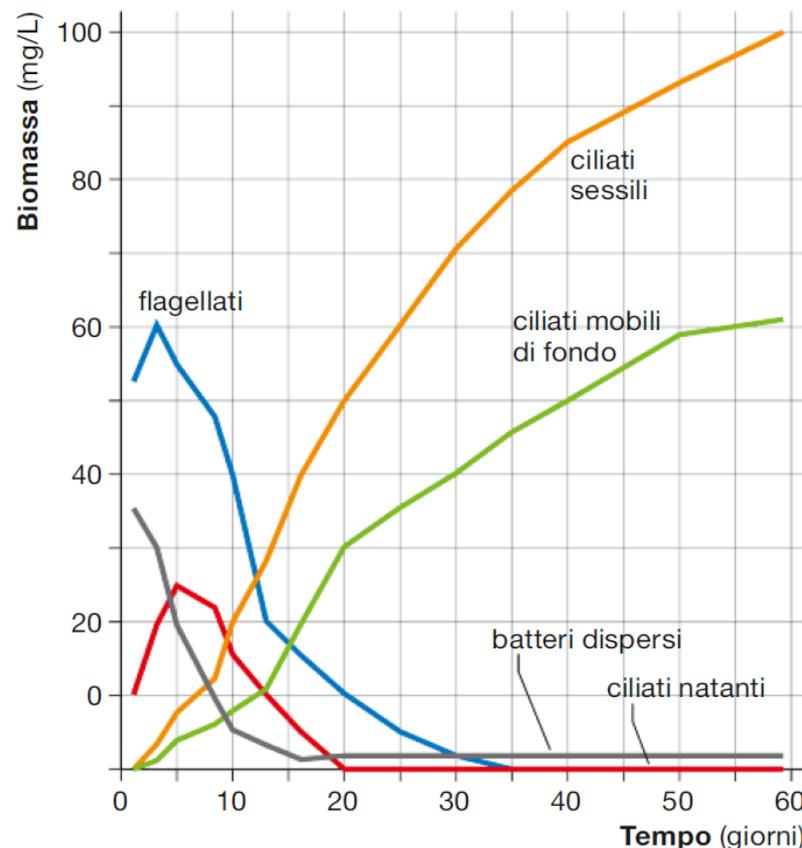
- **fanghi giovani:** batteri saprofiti e protozoi flagellati
- **fanghi più maturi:** protozoi ciliati
- **fanghi vecchi:** aumentano piccoli metazoi, alghe e funghi



Monitoraggio biologico dei fanghi attivi /2



Rete trofica nei fanghi attivi: le frecce indicano il percorso di materia e energia.



Dinamica di popolazione nei fanghi attivi.

Monitoraggio biologico dei fanghi attivi /3

Possibili inconvenienti:

- ***Bulking* filamentoso:** la massiccia presenza di batteri filamentosi provoca il rigonfiamento dei fanghi nelle vasche di sedimentazione secondaria, con la mancata separazione del fango attivo dall'effluente liquido. Si riduce la capacità di degradazione biologica del sistema
- **Formazione di schiume biologiche:** si sviluppano in superficie nei bacini di sedimentazione e sono prodotte da batteri filamentosi. Possono mischiarsi all'effluente in uscita, essere pericolose per gli operatori ed interferire nella fase di digestione anaerobica

Trattamenti anaerobi dei reflui e produzione di biogas /1

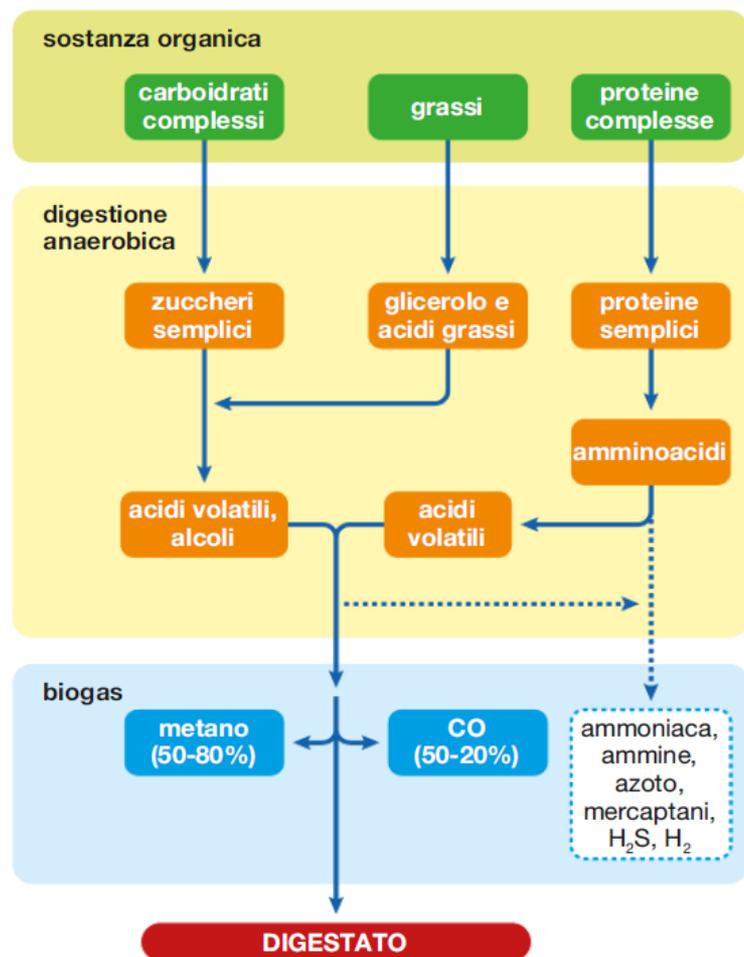
I sistemi anaerobi di trattamento dei liquami vengono adottati quando i valori di BOD del refluo sono superiori a 4000 ppm.

Si utilizzano **vasche Imhoff** per la depurazione in singole abitazioni e **digestori** per impianti di grandi dimensioni.

La digestione anaerobica si applica per la riduzione della massa dei fanghi che residuano in altre parti dell'impianto e per la produzione di biogas.

Il **biogas** prodotto è una miscela gassosa composta da metano (50-80%), diossido di carbonio (20-50%), vapore acqueo e tracce di idrogeno, azoto, composti solforati.

Trattamenti anaerobi dei reflui e produzione di biogas /2



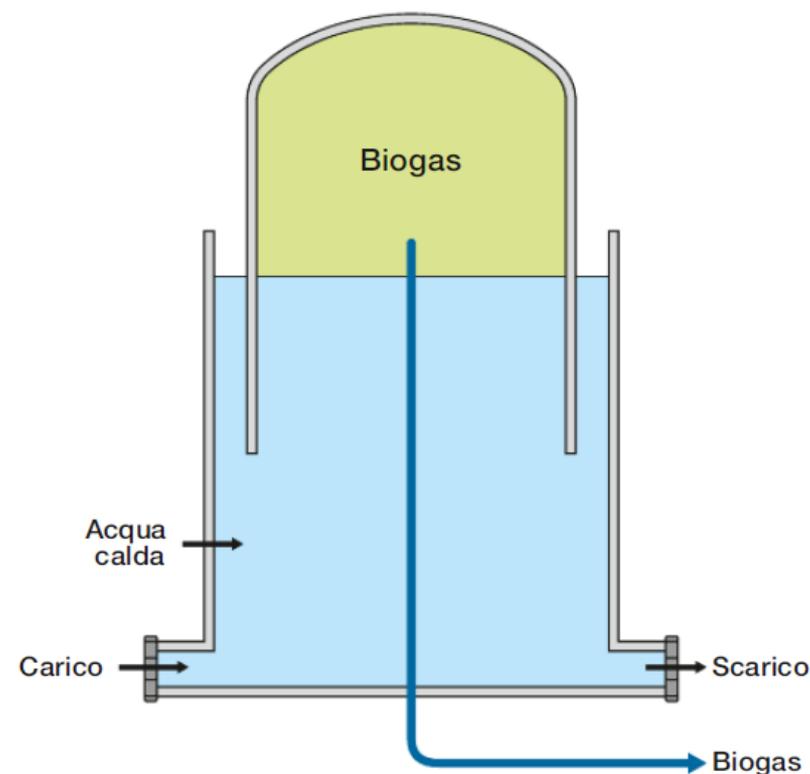
In base al contenuto di sostanza secca del substrato utilizzato, le tecnologie di digestione anaerobica possono essere:

- **digestione a umido** (*wet*), sostanza secca <10%
- **digestione a secco** (*dry*), sostanza secca > 20%
- **digestione a semisecco** (*semi-dry*), con valori intermedi di sostanza secca

Trattamenti anaerobi dei reflui e produzione di biogas /3

I processi di digestione anaerobica possono essere condotti in sistemi:

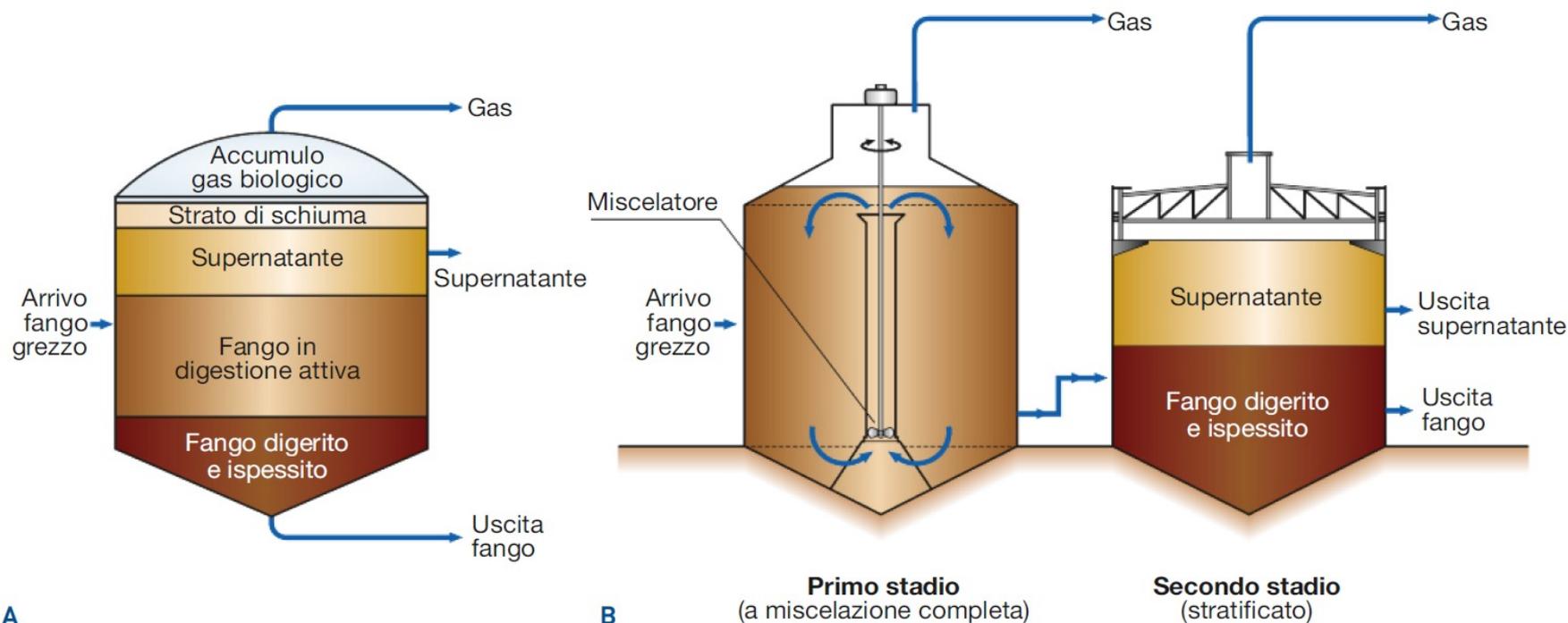
- **monostadio o bistadio**, in base al numero di reattori coinvolti
- **continui o discontinui**, se il liquame viene introdotto nel digestore in maniera continua o discontinua



Digestore discontinuo munito di raccogliatore di biogas

Trattamenti anaerobici dei reflui e produzione di biogas /4

Digestori anaerobici monostadio (A) e bistadio (B):



Trattamento terziario o finale

Il **trattamento finale o chimico** dei reflui viene realizzato allo scopo di:

- allontanare le particelle in sospensione ancora presenti dopo i trattamenti precedenti, tramite la **coagulazione chimica**
- **neutralizzare il pH** del refluo
- **eliminare i microrganismi patogeni**, con la clorazione o l'ozonizzazione (disinfezione)
- contenere entro i limiti di legge la concentrazione di **azoto e fosforo** nel refluo depurato
- eliminare le sostanze chimiche tossiche e i microrganismi con la **filtrazione su carboni attivi**

Depurazione dei reflui di origine industriale /1

I reflui di origine industriale sono contaminati da oli minerali, tensioattivi, fosforo, metalli, coloranti. Sono acque spesso torbide per l'alto contenuto di materiali in sospensione, con BOD e COD elevati.

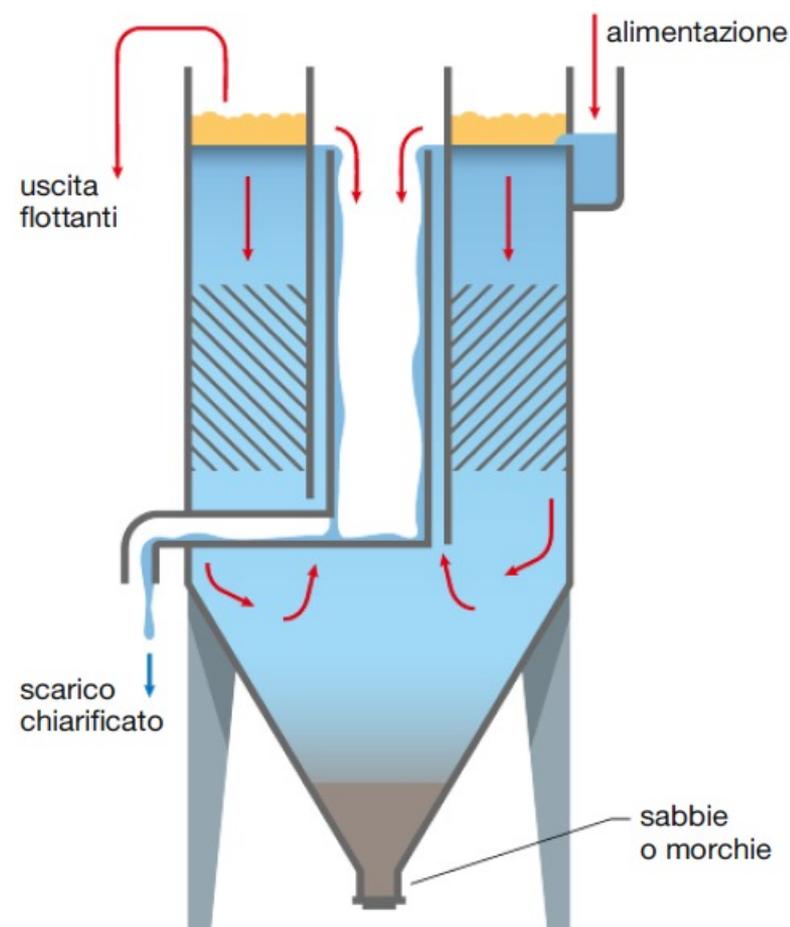
Richiedono un **trattamento preliminare di tipo:**

- **fisico**, per separare la frazione insolubile da quella acquosa
- **chimico**, per rendere insolubili gli inquinanti organici e inorganici presenti in soluzione o in sospensione

Depurazione dei reflui di origine industriale /2

Acque inquinate da oli minerali lubrificanti e/o combustibili

Il trattamento di disoleazione si avvale di **separatori a pacchi lamellari**: le particelle di olio disperse nell'acqua si aggregano, per contatto fisico, in gocce di dimensioni maggiori che possono essere così separate più facilmente dall'acqua



Gli stagni biologici: sistemi di lagunaggio

Il **lagunaggio** ripete il processo autodepurativo delle acque che si verifica in natura, basato sull'attività metabolica della biomassa microbica presente nei liquami.

Le lagune possono essere:

- Areate o non areate
- Aerobie o anaerobie

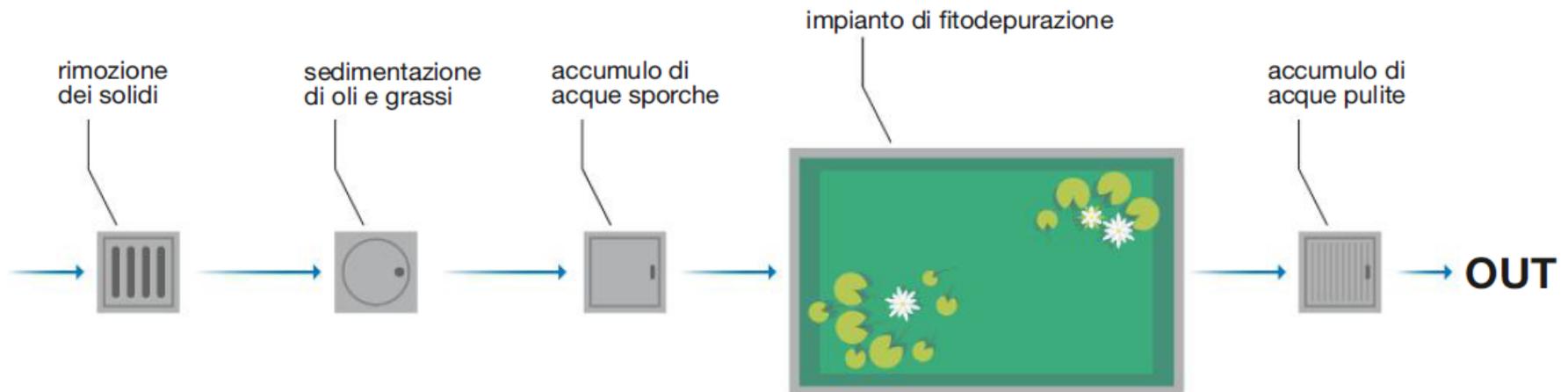


La fitodepurazione delle acque reflue

La **fitodepurazione** è una tecnologia basata sullo sfruttamento di processi biologici e chimico-fisici che avvengono all'interno del sistema complesso suolo/vegetazione.

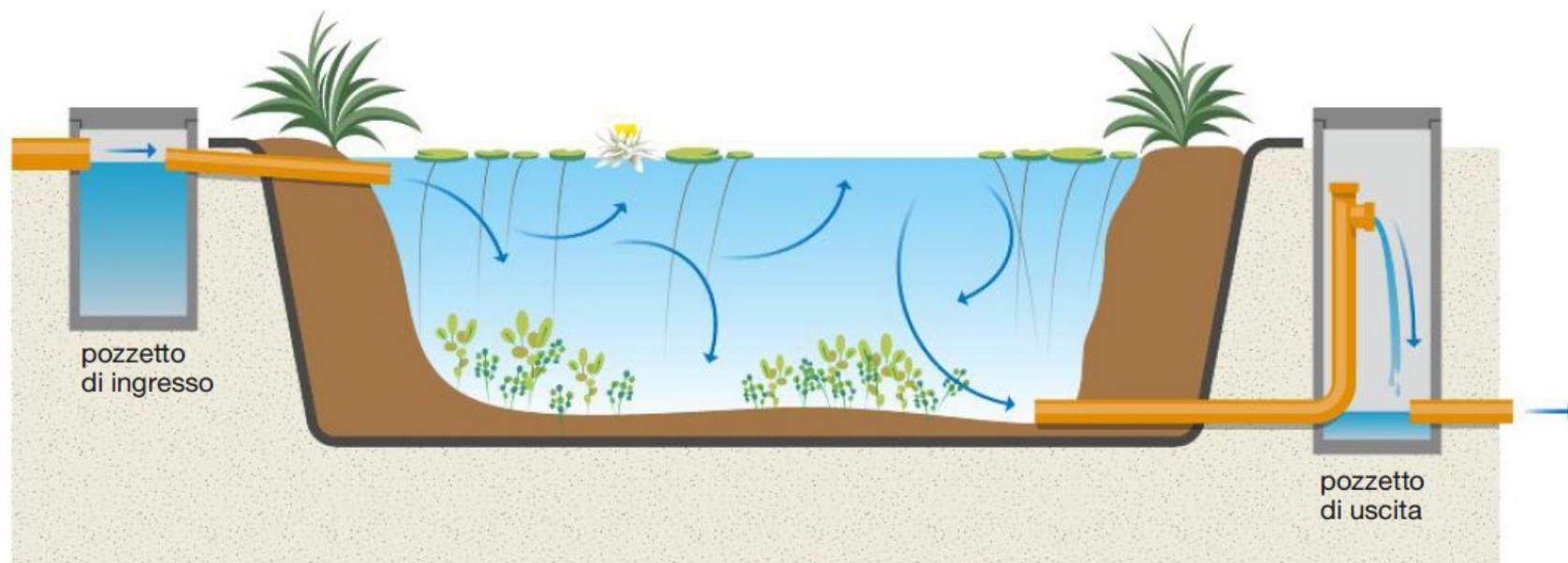
Può essere realizzata con:

- **microfite**, soprattutto alghe unicellulari
- piante superiori erbacee (**macrofite**), che comprendono idrofite, elofite e pleustofite



Sistemi a flusso libero superficiale

I **sistemi a flusso libero superficiale** (FW o FWS: *Free Water* o *Free Water Surface*) sono costituiti da canali o bacini poco profondi, nei quali i reflui scorrono molto lentamente con un percorso sinuoso e in cui sono radicate piante che emergono dalla superficie dell'acqua



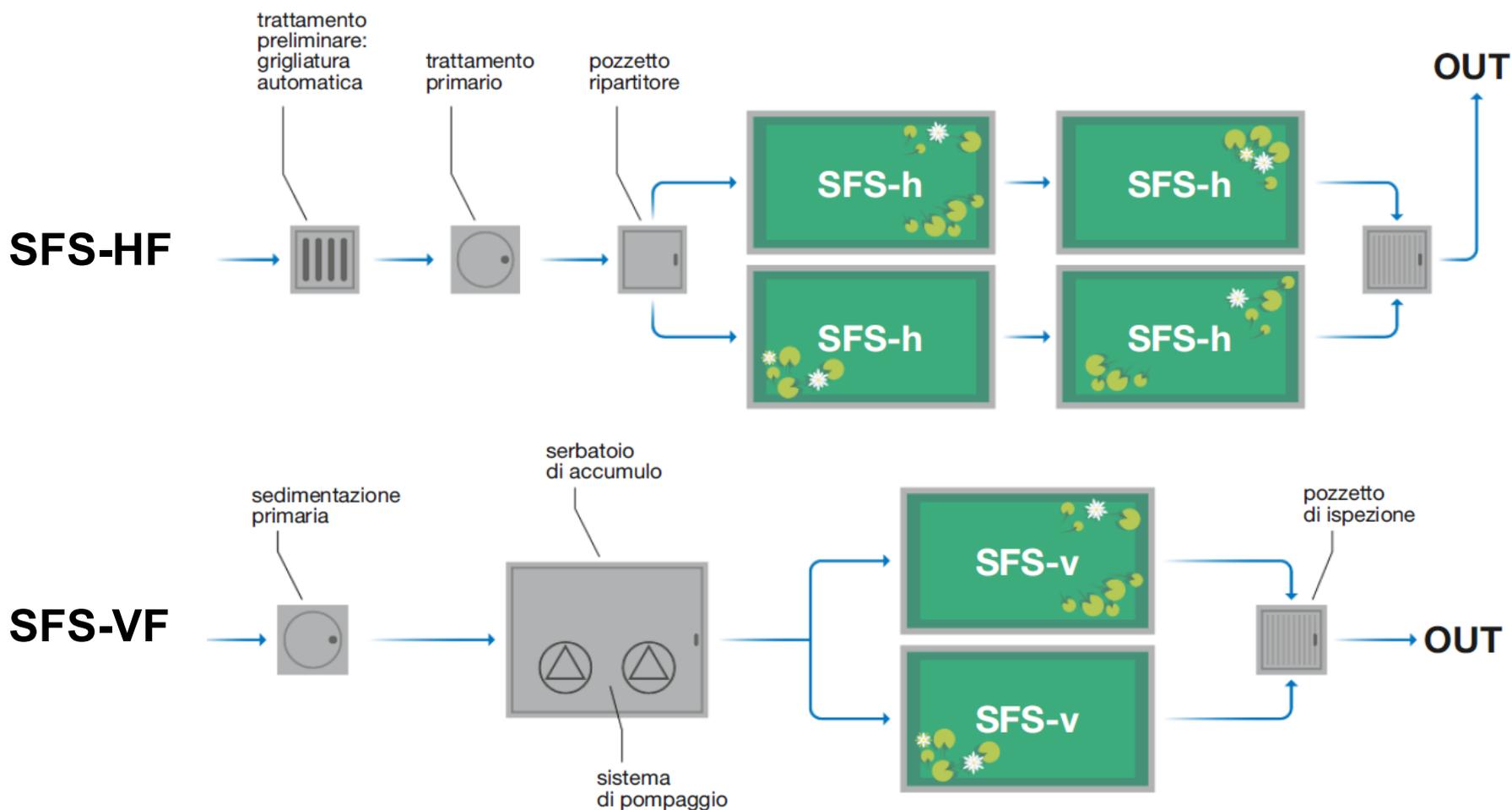
Sistemi a flusso sommerso o sub-superficiale /1

I **sistemi a flusso sommerso** sono costituiti da bacini o vasche impermeabilizzate, ricolme di materiale granulare inerte dove il refluo, adeguatamente pretrattato e che ha già subito la sedimentazione primaria o in uscita da fosse Imhoff, scorre alcuni centimetri sotto la superficie.

Possono essere:

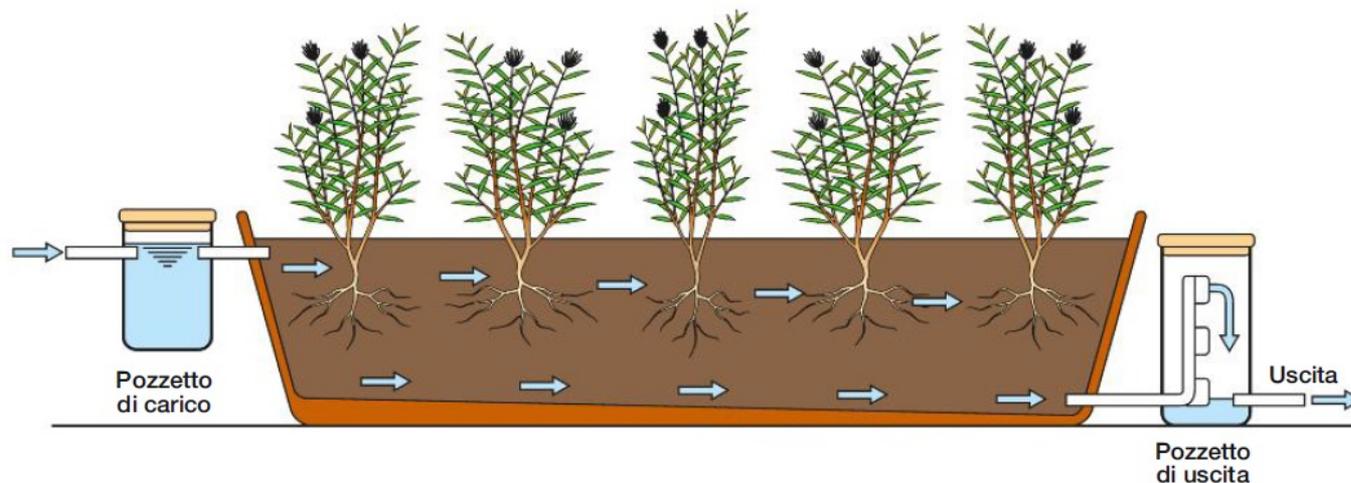
- **A flusso orizzontale (SFS-HF: *Submerge Water Surface – Horizontal Flux*)**
- **A flusso verticale (SFS-VF: *Submerge Water Surface – Vertical Flux*)**

Sistemi a flusso sommerso o sub-superficiale /2

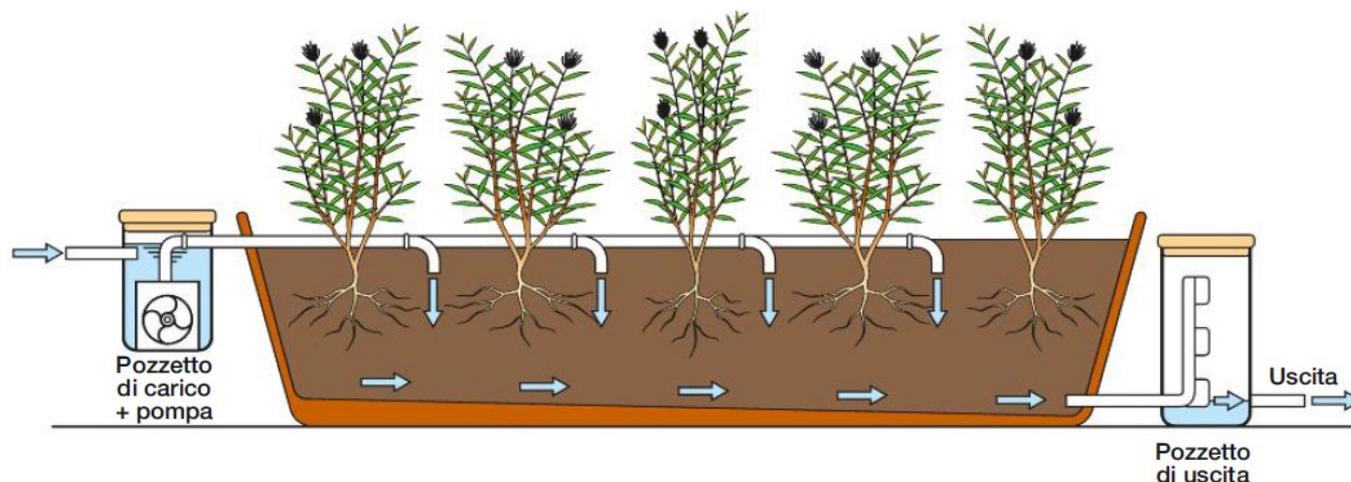


Sistemi a flusso sommerso o sub-superficiale /3

SFS-HF



SFS-VF



Ruolo delle piante nella fitodepurazione /1

Porzione emergente:

- Attenuazione della luce: riduzione della crescita di fitoplancton
- Riduzione della velocità del vento
- Influenza sul microclima

Porzione in acqua:

- Filtrazione di detriti
- Supporto per il biofilm microbico
- Riduzione della corrente
- Rilascio di ossigeno prodotto dalla fotosintesi



Typha

Ruolo delle piante nella fitodepurazione /2

Radici e rizomi nel sedimento:

- Aumento della degradazione per il rilascio di ossigeno
- Diminuzione dei processi erosivi
- Assorbimento dei nutrienti



Giacinto d'acqua



Ninfea