

Corso di Laurea Magistrale in
“BIOLOGIA PER LA SOSTENIBILITÀ”

Anno Accademico 2022-2023



IGIENE DELL'AMBIENTE E DEL TERRITORIO

Prof.ssa Valeria Di Onofrio

valeria.dionofrio@uniparthenope.it



SIS

Scuola Interdipartimentale
delle **Scienze**, dell'**Ingegneria**
e della **Salute**

DIPARTIMENTO DI SCIENZE E TECNOLOGIE (DIST)

Materiale didattico - D.M. 752 del 30/06/2021

LA NORMATIVA DI RIFERIMENTO PER IL TRATTAMENTO DELLE ACQUE REFLUE

**D.lgs.
152/2006
art. 74**

Direttiva Comunitaria
91/271/CEE

→ **ACQUE NATURALI SUPERFICIALI:** le acque interne (correnti o stagnanti), ad eccezione di quelle sotterranee, le acque di transizione e le acque costiere;

→ **INQUINAMENTO IDRICO:** l'introduzione diretta o indiretta, a seguito di attività umana, di sostanze o di calore nell'acqua, che possono nuocere alla salute umana o alla qualità degli ecosistemi acquatici;

→ **ACQUE REFLUE DOMESTICHE:** acque reflue provenienti da insediamenti di tipo residenziale e da servizi derivanti prevalentemente dal metabolismo umano e da attività domestiche;

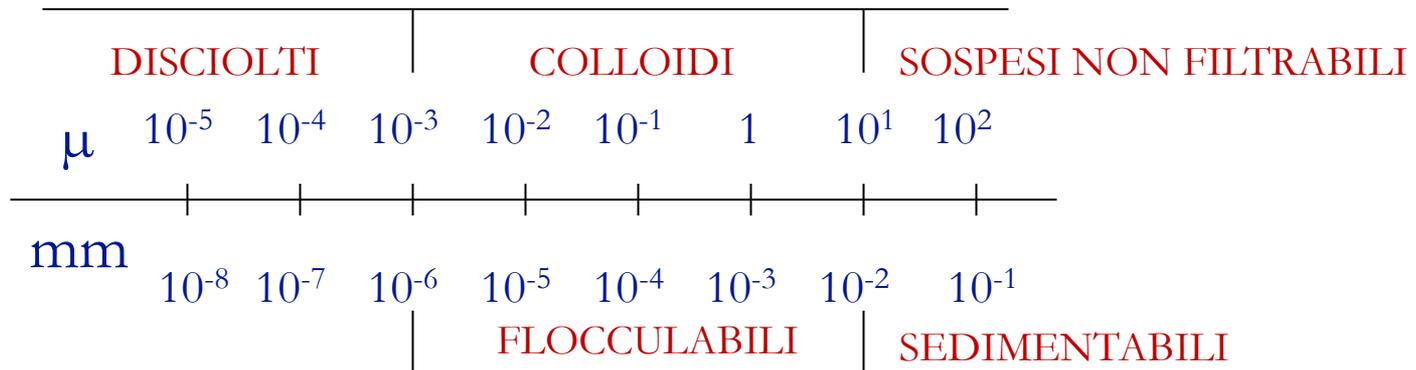
→ **ACQUE REFLUE INDUSTRIALI:** qualsiasi tipo di acque reflue provenienti da edifici od installazioni in cui si svolgono attività commerciali o di produzione di beni, differenti qualitativamente dalle acque reflue domestiche e da quelle meteoriche di dilavamento;

→ **ACQUE REFLUE URBANE:** il miscuglio di acque reflue domestiche, di acque reflue industriali, e/o di acque meteoriche di dilavamento, convogliate in reti fognarie e provenienti da agglomerato;

→ **AGGLOMERATO:** l'area in cui la popolazione o le attività produttive sono concentrate in misura tale da rendere ammissibile, sia tecnicamente che economicamente in rapporto anche ai benefici ambientali conseguibili, la raccolta e il convogliamento in fognatura delle acque reflue urbane verso un sistema di trattamento o verso un punto di recapito finale;

TIPI DI CONTAMINANTI

- Naturali
- Artificiali
- ☀ Biodegradabili
- ☀ A degradabilità intermedia
- ☀ Non biodegradabili
- Sostanze disciolte o colloidali
- Sostanze sospese
 - Sedimentabili
 - Non sedimentabili



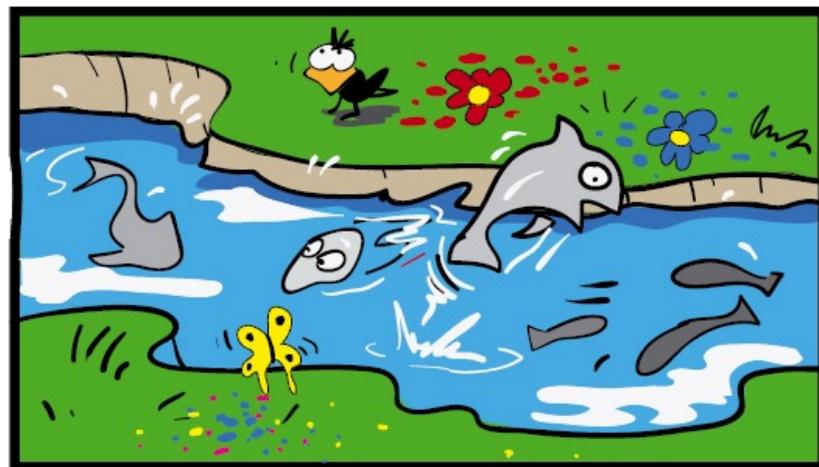
Classificazione e campo di dimensioni delle particelle presenti in acqua

AUTODEPURAZIONE

Serie di azioni fisiche, chimiche e biologiche cui sono sottoposte le sostanze estranee immesse nelle diverse matrici ambientali, tendenti a ridurre gradualmente la presenza fino alla completa scomparsa o, in alternativa, a trasformarle in composti naturali o stabili.

È possibile se:

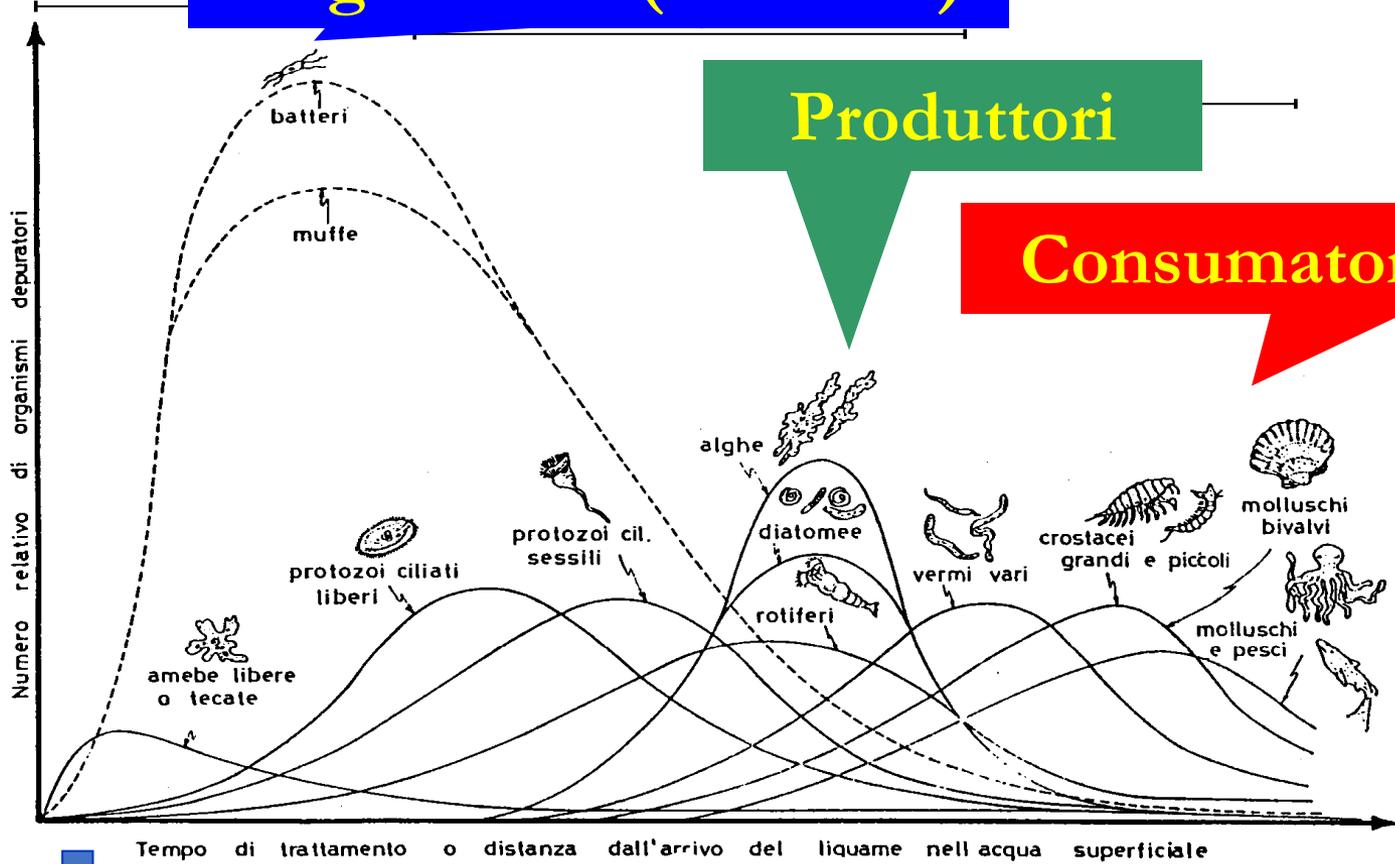
- I corpi idrici garantiscono una sufficiente diluizione del reflu.
- Assenza nei reflui di contaminanti non biodegradabili e/o tossici.



Degradatori (reducers)

Produttori

Consumatori



Scarico inquinato

Fiume

Mare

L'autodepurazione

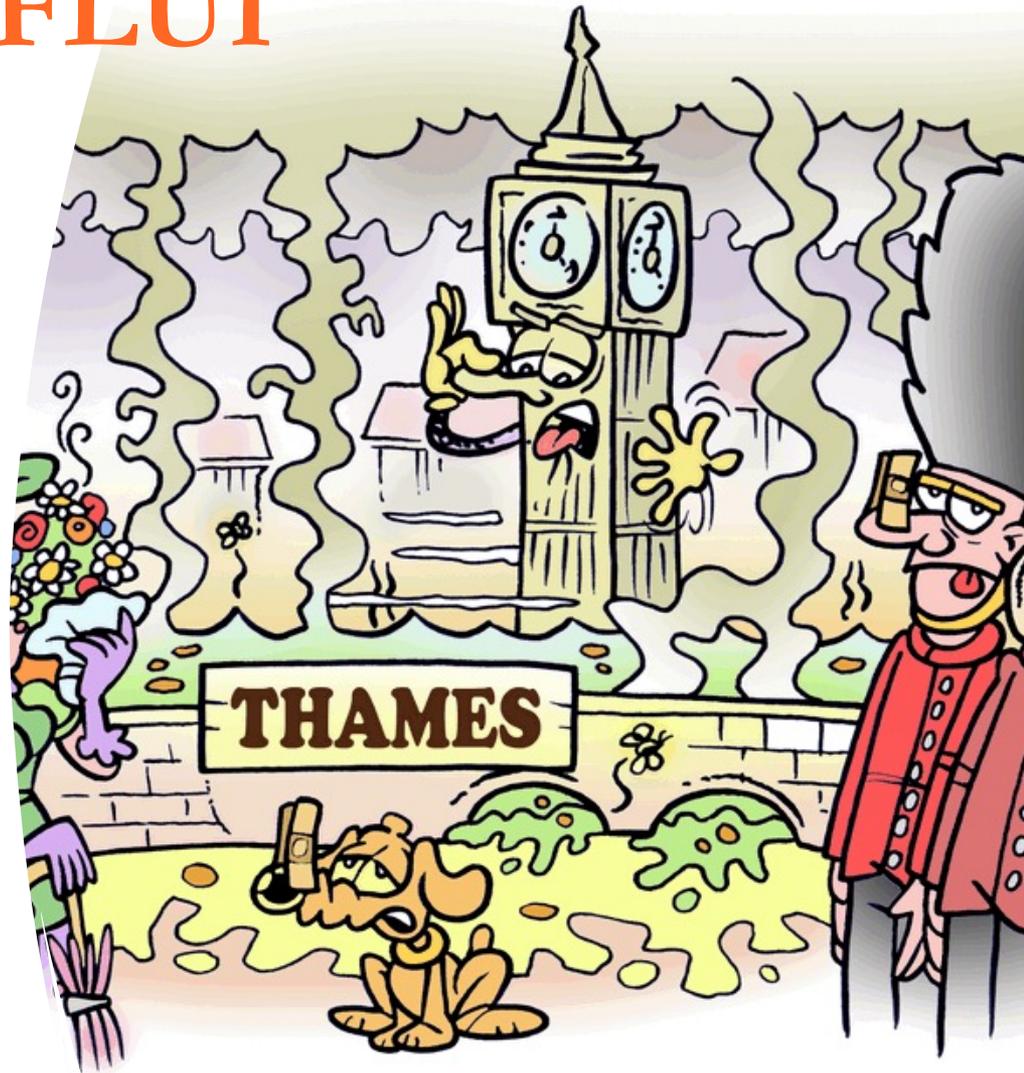
PROBLEMI LEGATI AI REFLUI

SANITARI

- ✓ pericolo infettivo e tossico
- ✓ bioaccumulo di contaminanti

AMBIENTALI

- ✓ putrefattivo
- ✓ alterazione degli ecosistemi
- ✓ problemi estetici

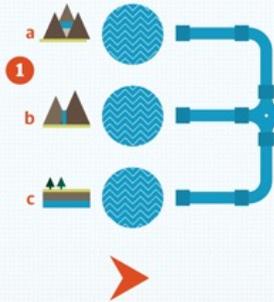


LA FILIERA DELL'ACQUA



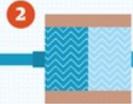
APPROVVIGIONAMENTO

Da invasi artificiali (a), sorgenti (b), e falde (c)



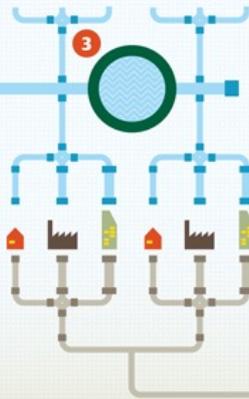
TRATTAMENTO

Potabilizzazione e disinfezione per eliminare gli inquinanti



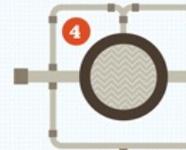
DISTRIBUZIONE

Somministrazione dell'acqua potabile all'utenza



COLLETTAMENTO

Raccolta e trasporto delle acque attraverso la fognatura



DEPURAZIONE

Eliminazione delle acque reflue dalle sostanze inquinanti non presenti nell'acqua erogata



ESPULSIONE

Le acque depurate vengono restituite all'ambiente



LE 6 TAPPE

1. Approvvigionamento
2. Trattamento
3. Distribuzione
4. Collettamento
5. Depurazione
6. Espulsione o smaltimento

La «FILIERA» DEI LIQUAMI

- ❖ Raccolta
- ❖ Allontanamento
- ❖ Trattamento
- ❖ Smaltimento

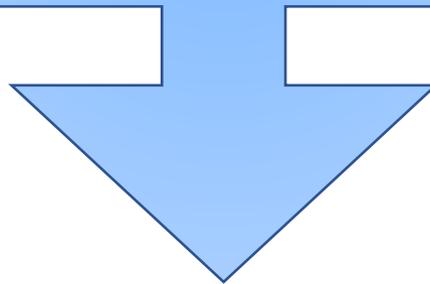
RACCOLTA

IMPIANTI DI SCARICO: insieme di tubazioni che permettono il corretto deflusso delle acque di apparecchi idrosanitari, evitando tutti quei problemi di igiene che possono insorgere qualora l'impianto non funzioni.

Acque nere: provenienti dagli apparecchi igienico-sanitari dei bagni, in particolari vasi e orinatoi.

Acque bianche: le acque usate per il lavaggio delle strade, quelle di raffreddamento che vengono dalle industrie, oppure quelle superficiali come pioggia o acque meteoritiche.

Acque grigie: provenienti da apparecchiature nelle quali vengono utilizzati detersivi, come lavelli da cucina, lavabi, lavabiancheria.



Devono essere raccolte e convogliate, attraverso diramazioni di scarico, in condotte di solito verticali fino agli impianti di trattamento in loco o in fognatura.

ALLONTANAMENTO

- **Fognatura statica**

Consiste nel conservare i liquami nel luogo stesso della raccolta, lasciando che essi subiscano in sito una parziale o totale trasformazione per poi essere smaltiti in depuratore. Per esempio il pozzo nero, non più utilizzato.

- Pozzi percolanti
- Pozzi a tenuta (non percolanti)

- **Fognatura dinamica a sistema separato**

Costituita da due distinti sistemi di canali (detti rispettivamente “neri” e “bianchi”), uno che raccoglie e convoglia le acque usate di origine civile e/o industriale e l’altro che raccoglie e convoglia le acque di origine meteorica.

- **Fognatura dinamica a sistema misto**

Raccoglie nella stessa canalizzazione sia le acque di tempo asciutto (acque reflue di insediamenti civili e/o produttivi) che quelle di origine pluviale.

Solidi sedimentabili



VALUTAZIONE “FORZA”
DEL LIQUAME

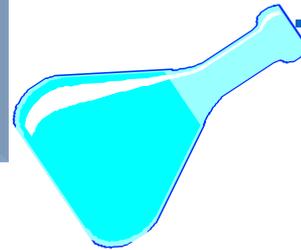
Richiesta di O₂

- **BIOCHEMICAL OXYGEN DEMAND (B.O.D.)**
- **CHEMICAL OXYGEN DEMAND (C.O.D.)**

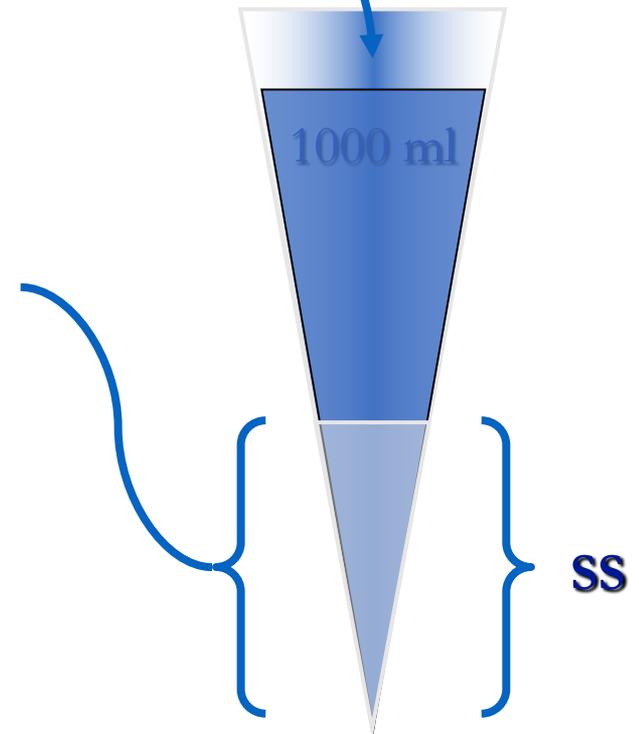
**SS (mg/L):
SOLIDI
SEDIMENTABILI**

quantità di solidi sedimentabili
presenti nel liquame

liquame



Vengono determinati mediante l'immissione, in un cono Imhoff, di 1000 ml di acqua in esame e successiva misura del volume occupato sul fondo del cono dai solidi sedimentati in un periodo di tempo determinato (2 ore).



BIOCHEMICAL OXYGEN DEMAND

È la richiesta biochimica di ossigeno, nota anche come BOD o BOD₅ e si definisce come la quantità di O₂ che viene utilizzata in 5 giorni dai microorganismi aerobi (inoculati o già presenti in soluzione da analizzare) per decomporre (ossidare) le sostanze organiche presenti in un litro d'acqua. È quindi una misura indiretta del contenuto di materia organica biodegradabile presente in un campione d'acqua o soluzione acquosa ed è uno dei parametri più in uso per stimare il carico inquinante delle acque reflue.

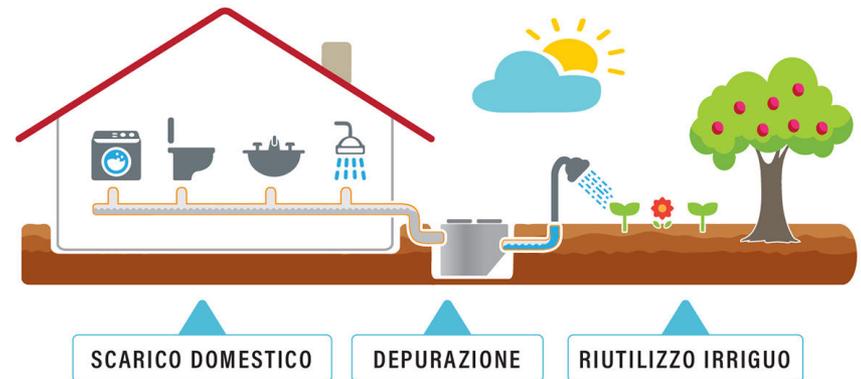
CHEMICAL OXYGEN DEMAND

È la richiesta chimica di ossigeno, espresso in mgO₂/l.

Rappresenta la quantità di ossigeno necessaria per la completa ossidazione per via chimica dei composti organici/inorganici presenti in un campione di acqua. Con il BOD rappresenta uno dei parametri comunemente utilizzati per la misura indiretta del tenore di sostanze organiche presenti oltre al loro grado di biodegradabilità -
RAPPORTO COD/BOD~2.

DEFINIZIONE DI ABITANTE EQUIVALENTE

L'**Abitante Equivalente** è l'**unità di misura** basilare per il dimensionamento e la scelta dell'ideale Sistema di **Depurazione delle Acque Reflue domestiche e/o assimilate**.



1 Abitante Equivalente = al carico organico biodegradabile avente una richiesta biochimica di ossigeno a **5 giorni (BOD₅)** pari a **60 grammi** di ossigeno al giorno

UBICAZIONE

- *idonea posizione plano-altimetrico* rispetto al sistema fognario da servire. Si deve preferire il convogliamento delle acque reflue all'impianto per gravità
- *dimensioni dell'area* destinata alla realizzazione dell'impianto
- presenza di un *idoneo recapito* finale dove convogliare la portata depurata
- presenza di *falda freatica*
- presenza di aree soggette a *rischio di inondazione*
- presenza di *preesistenze aree archeologiche e storico-culturale*, e di valenze naturalistiche e paesaggistiche
- idonea *distanza dai centri abitati* in modo da proteggerli da rumori e odori molesti.
- idonea *distanza dalle opere di adduzione dell'acqua potabile* per scongiurare inquinamenti

REFLUI: LE QUANTITÀ

Consumo di acqua pro-capite in Italia 428 litri/abit. Giorno
(dati ISTAT 2018)

✓ Abitanti Comune di Napoli

Nel comune di Napoli la **popolazione residente**, costituita dalle persone aventi dimora abituale nello stesso comune, ammonta a 1.004.500 unità.

✓ Abitanti Regione Campania Censimento Campania 2021

La popolazione censita in Campania al 31 dicembre 2019 ammonta a 5.712.143 unità.

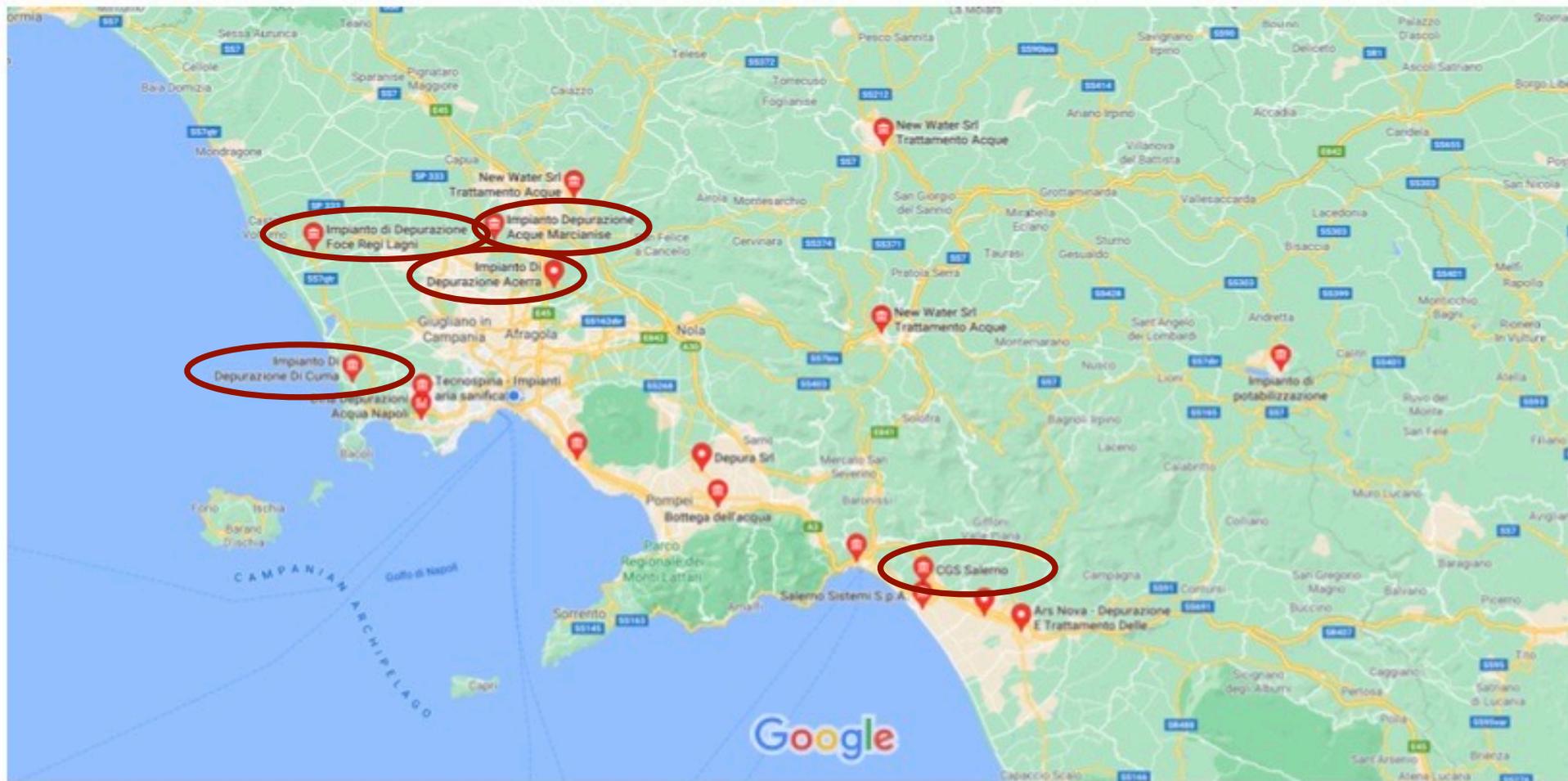
✓ Volume reflui Napoli

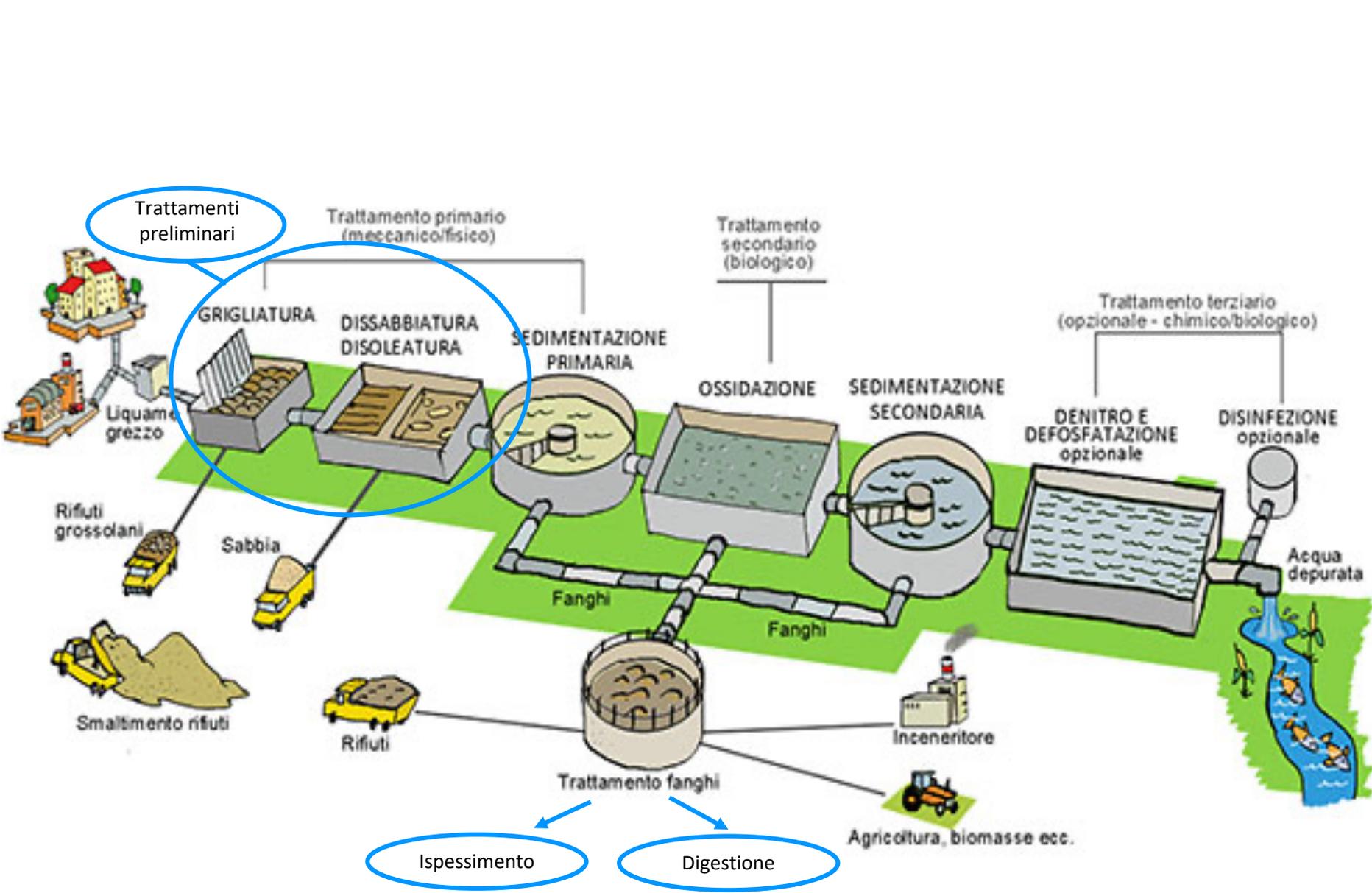
316.000 m³/giorno

✓ Volume reflui Campania

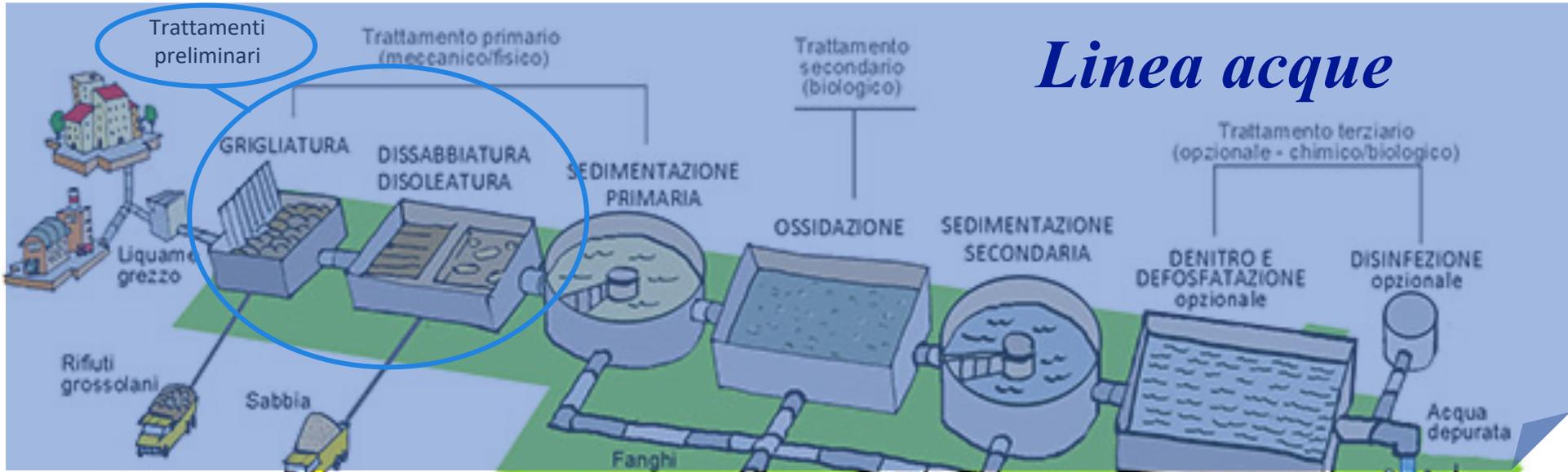
1.730.000 m³/giorno

Google Maps impianto di depurazione





Linea acque



Linea fanghi

TRATTAMENTI PRELIMINARI

Allontanano i materiali sospesi e neutralizzano o trasformano le sostanze inorganiche nocive.

- ✓ Grigliatura
- ✓ Dissabbiatura
- ✓ Disoleatura



TRATTAMENTI PRELIMINARI



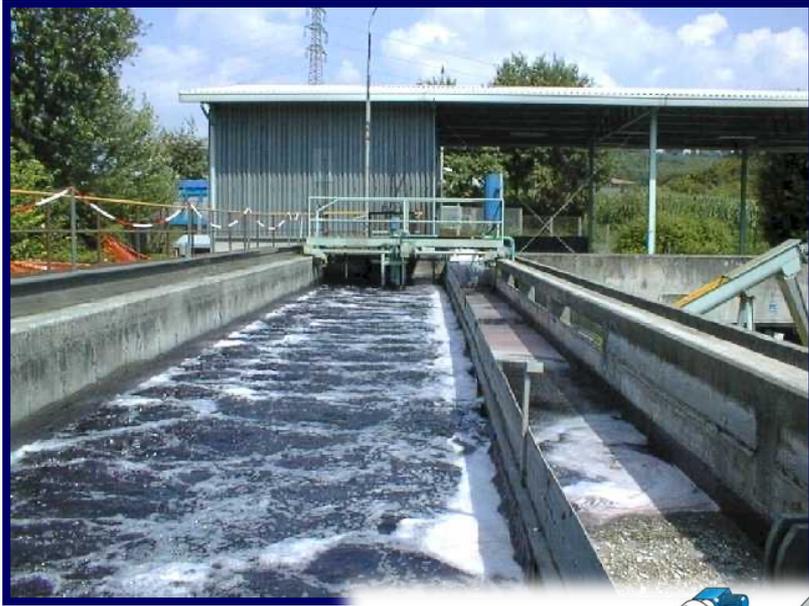
➤ *Grigliatura grossolana*

➤ *Grigliatura fine*



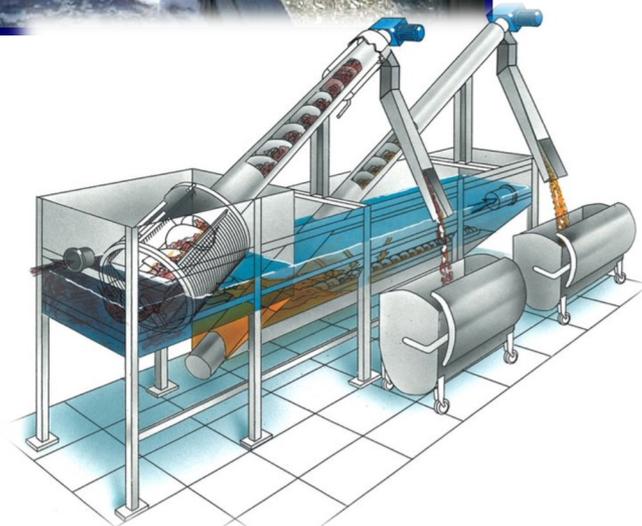
Di regola la prima fase del trattamento preliminare prevede una grigliatura **GROSSOLANA** seguita da un'altra griglia più **FINE**.

TRATTAMENTI PRELIMINARI



Dissabbiatura

È prevista per l'allontanamento di terricci e degli altri materiali inorganici di diametro $> 0,2$ mm presenti in sospensione nelle acque di rifiuto (quali ad esempio pezzetti di vetro e di metallo, sassolini e in genere tutti i materiali pesanti e abrasivi).



TRATTAMENTI PRELIMINARI

Disoleatura

Introdotta a valle delle griglie e dei dissabbiatori, quando sia accertato che oli e grassi siano presenti nei reflui in quantità tali da influenzare negativamente i trattamenti successivi, soprattutto con riferimento ai trattamenti biologici.

Gli oli tendono a *rivestire le materie biologiche* impedendo così il contatto di queste con l'O₂ limitando il trattamento ossidativo.

A volte ha lo scopo di recuperare gli oli e i grassi presenti nei reflui al fine del loro riutilizzo.

Il trattamento di disoleazione si fonda sul **minor peso specifico** di grassi e oli rispetto all'acqua, che ne consente il galleggiamento.



TRATTAMENTI PRIMARI

Trattamenti chimico-fisici

Lo **scopo** è separare i **solidi sospesi sedimentabili** che non si sono fermati nei precedenti trattamenti.

SEDIMENTAZIONE PRIMARIA

- ➔ Avviene in **bacini** in cui si crea una zona di **calma** che permette la sedimentazione di materia per gravità.
- ➔ I **bacini** si distinguono in base alla **direzione** di **flusso** del refluo tra ingresso e uscita:
 - *flusso verticale;*
 - *flusso orizzontale longitudinale;*
 - *flusso orizzontale radiale.*
- ➔ Il **tempo** di **permanenza** del refluo, scelto per il dimensionamento del bacino, è generalmente di 2h.
- ➔ Questa fase porta all'abbattimento di solidi sospesi compreso tra 50-60% e di BOD₅ tra 25-30%.

SEDIMENTAZIONE PRIMARIA



TRATTAMENTI SECONDARI

Tendono a ridurre il tenore di inquinanti organici

Ossidazione biologica

biodegradazione da parte di microrganismi di tutte le sostanze organiche presenti nell'acqua da depurare, fino a trasformarle in sostanze più semplici ed innocue dal punto di vista ambientale



TRATTAMENTI BIOLOGICI

La biomassa batterica cresce restando **ADESA A UNA SUPERFICIE**

ADESA

Biomassa

DISPERSA

Presenza di **focchi liberi** di muoversi all'interno della massa liquida



LETTI PERCOLATORI

Vasche circolari di grandi dimensioni riempite con materiale inerte: pietrisco, ghiaia...(filtro).

Il liquame è fatto cadere a pioggia.

Si forma un film biologico (BIOFILM) sulla superficie del materiale.

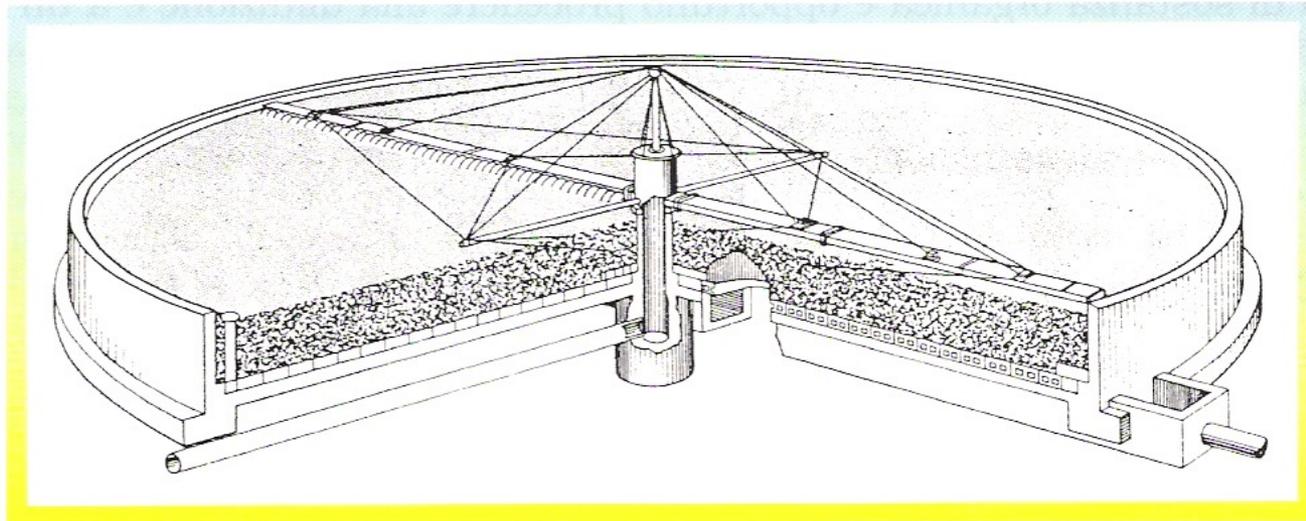
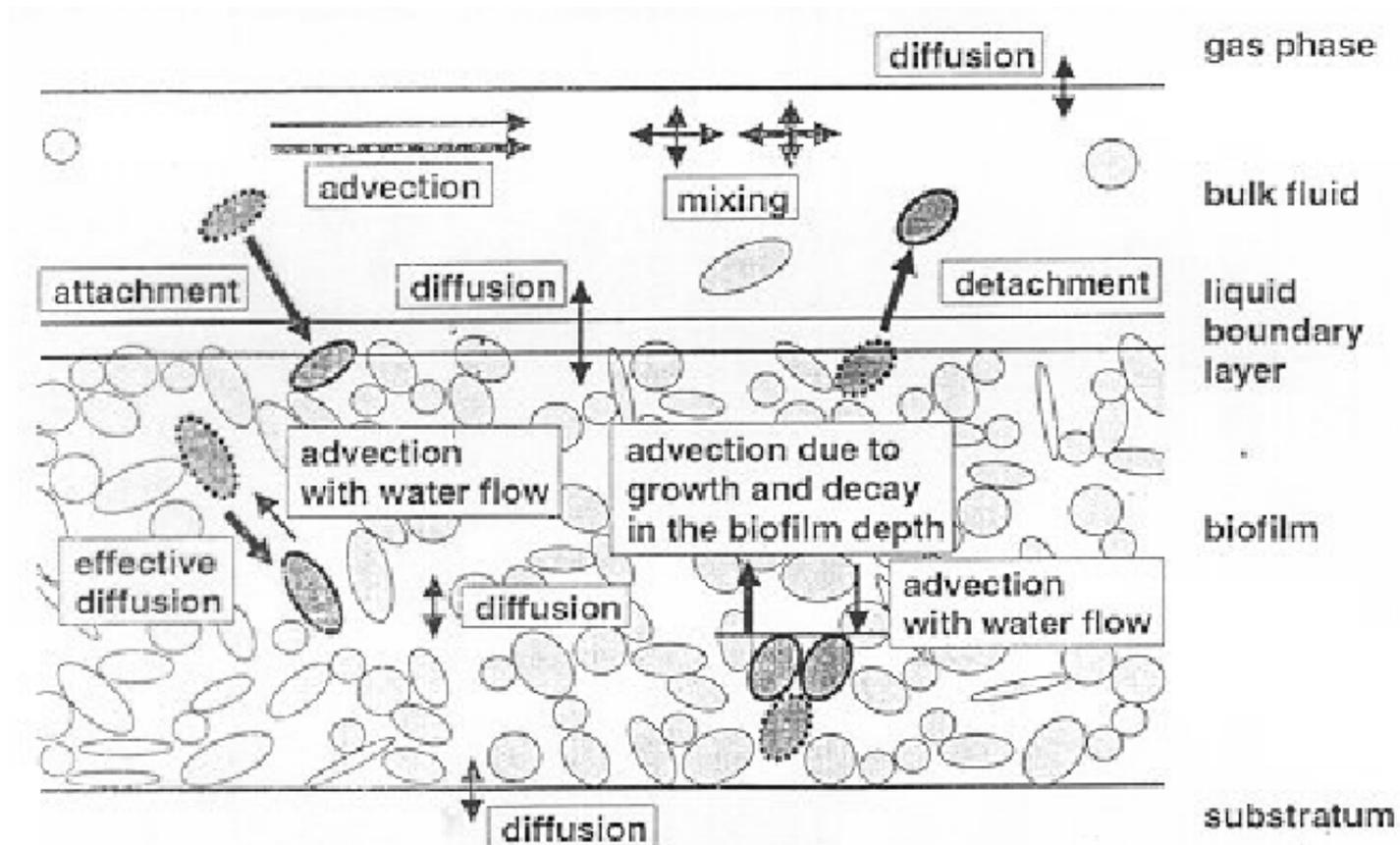


Fig. 16.3. Schema di filtro percolatore.

COMPOSIZIONE DEL BIOFILM

- ✓ Microorganismi adesi ad un materiale di supporto.
- ✓ Matrice di esopolimeri organici di origine microbica.
- ✓ Materiali inorganici in sospensione che aderiscono.



MECCANISMO DI DISTACCO DEL BIOFILM

All'aumentare dello spessore del biofilm l'ossigeno non riesce più a raggiungere strati più profondi del biofilm con la conseguente insorgenza di condizioni anaerobiche che comportano la morte dei microrganismi, aerobici, del biofilm.

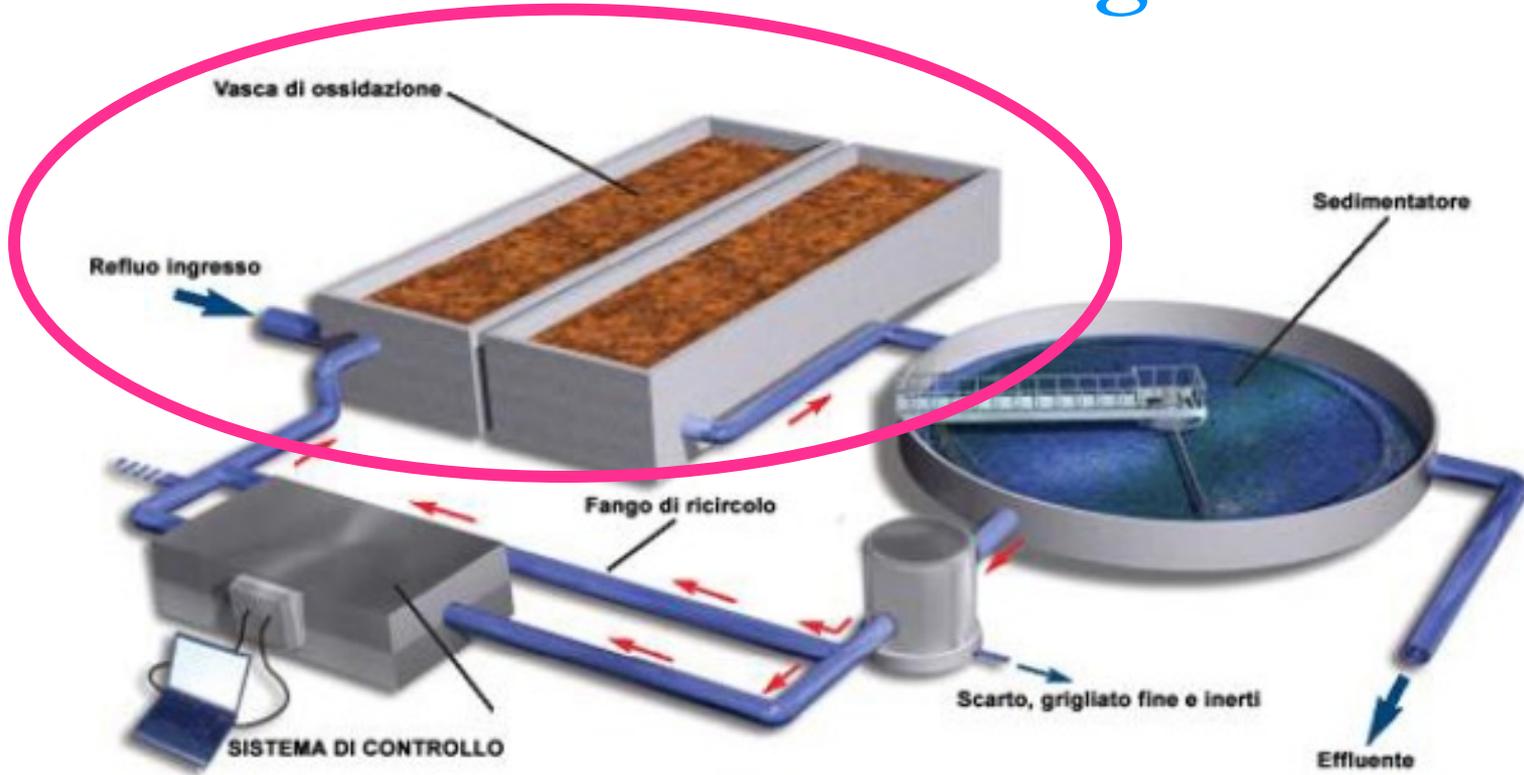
Il distacco del biofilm dal materiale di supporto ha luogo periodicamente, e le particelle vengono raccolte nel sedimentatore secondario.



TRATTAMENTI SECONDARI

Ossidazione biologica

IMPIANTO A FANGHI ATTIVI



Lagune areate: sono sistemi a fanghi attivi, formati però da vasche molto estese e poco profonde (50 cm), senza sistemi di aerazione forzata. Sistema di trattamento discontinuo.

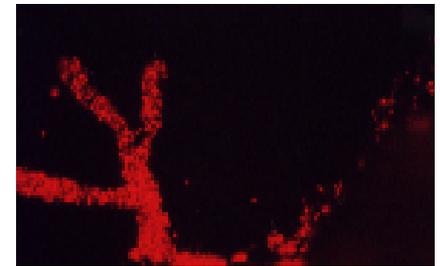
BIOMASSA DISPERSA – FANGHI ATTIVI



FANGO ATTIVO

Il fango attivo è costituito da componenti organiche ed inorganiche che si aggregano a formare i cosiddetti fiocchi. Questi contengono diverse specie di microrganismi:

- **FIOCIFORMATORI:** *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Alcaligenes*,...capaci di convertire substrato organico in glicocalice (strato contenente polisaccaridi che circonda la parete cellulare) che consente alle cellule di formare aggregati batterici favorendo la bioflocculazione.
- **FILAMENTOSI:** favoriscono la compattezza del fiocco costituendo lo scheletro su cui si accumulano sostanze inerti, altri batteri, ecc. Tra i microrganismi filamentosi nei fanghi attivi si possono trovare funghi, attinomiceti e batteri che presentano caratteristico accrescimento a filamento.



FATTORI CHE INFLUENZANO LA FORMAZIONE DEL FIOCCO

- *Rigonfiamento (bulking) dei fiocchi:* i microrganismi filamentosi si espandono verso l'esterno del fiocco, il quale diventa gelatinoso e trattiene acqua; la sedimentazione viene ostacolata.
- *Formazione di schiume biologiche:* sono dovute anch'esse a microrganismi di forma filamentosa, che si accrescono sulla superficie delle vasche formando masse rigide che disturbano la sedimentazione.
- *Crescita dispersa:* per la presenza di tensioattivi o sostanze tossiche i batteri non aderiscono fra loro, e non determinano più la formazione di fiocchi.
- *Formazione di fiocchi troppo piccoli (pin point):* l'effluente è torbido, i solidi rimangono in sospensione e non si ha alcuna separazione di sedimento.

BULKING FILAMENTOSO

Batteri filamentosi come indicatori

Basso ossigeno disciolto	<i>Sphaerotilus natans</i> , <i>Haliscomenobacter hydrossis</i> , type 1701
Basso carico	<i>Microthrix parvicella</i> , <i>Nocardia</i> spp., <i>Haliscomenobacter hydrossis</i> , types 021N, 0041, 0675, 0092, 0581, 0961, 0803
Liquami settici, solfuri	<i>Thiothrix</i> spp., <i>Beggiatoa</i> spp., type 021N
Carenza di nutrienti	<i>Thiothrix</i> spp., <i>Sphaerotilus natans</i> , <i>Haliscomenobacter hydrossis</i> , types 021N, 0041 e 0675
Basso pH	Funghi

S.B.I. Sludge biotic index

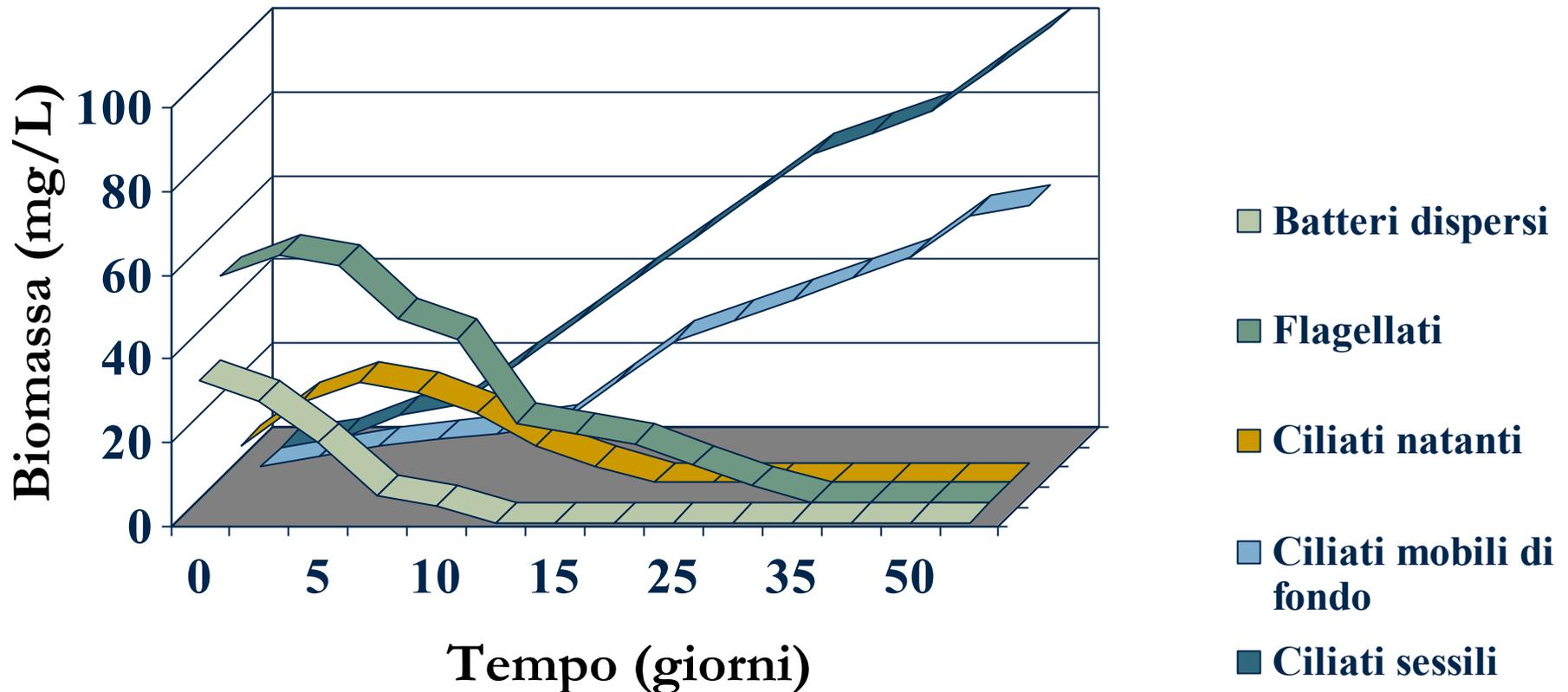
ruolo indicatore dei Protozoi nei fanghi

L'analisi della microfauna che si sviluppa nei reattori biologici è in grado di dare utili e pronte indicazioni sull'attività biologica del fango attivo, in base alla comunità di microrganismi che in esso si sviluppa.

L'indice biotico del fango è basato sia sulla differente sensibilità mostrata da alcuni gruppi della microfauna ai principali parametri fisici, chimici, e gestionali, sia sull'abbondanza e diversità delle specie presenti distinte in tre gruppi funzionali:

1. **NATANTI**, che nuotano nella frazione liquida e rimangono in sospensione nella vasca di sedimentazione.
2. **MOBILI DI FONDO**, che abitano la superficie del fiocco di fango su cui si spostano.
3. **SESSILI**, che sono stabilmente fissati mediante un peduncolo al fiocco di fango, e quindi precipitano con esso durante la sedimentazione.

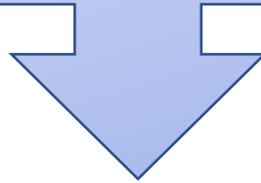
Dinamica di colonizzazione del fango attivo



S.B.I.

ruolo indicatore dei Protozoi nei fanghi

Incrociando il numero di microrganismi per ogni specie microbica considerata nell'ambito dei ciliati natanti, sessili e mobili di fondo



Classe di qualità del fango



EFFICIENZA DEPURATIVA

Gruppo dominante	Efficienza	Possibili cause
Piccoli flagellati	Scarsa	Fango poco ossigenato; carico troppo forte; apporto di sostanze in fermentazione.
Piccoli ciliati natanti	Mediocre	Tempo di contatto del liquame troppo breve; fango poco ossigenato.
Grandi ciliati natanti	Mediocre	Carico troppo forte.
Ciliati mobili di fondo	Buona	
Ciliati sessili + mobili di fondo	Buona	
Ciliati sessili	In ribasso	Fenomeni transitori (carico discontinuo, estrazione recente di fanghi, lento tempo di ricircolo).
Piccole amebe nude o flagellati	Scarsa	Carico elevato non facilmente biodegradabile.
Amebe con teca	buona	Basso carico del fango; liquame diluito; buona nitrificazione.

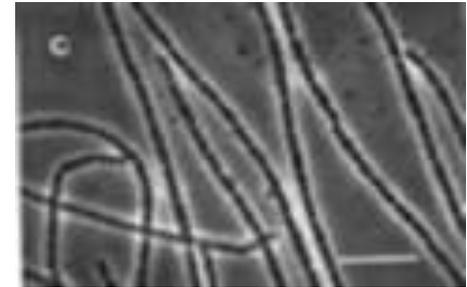
BATTERI FILAMENTOSI



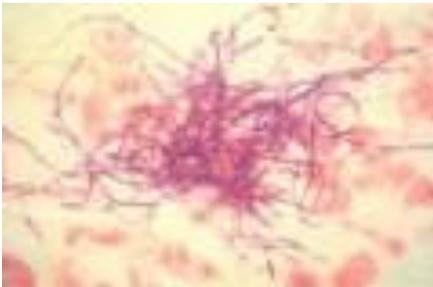
Thiothrix



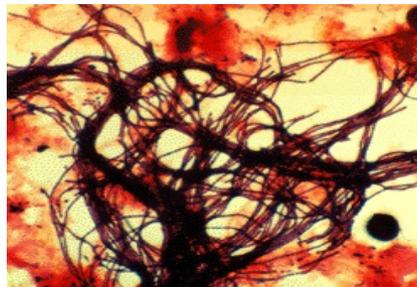
Beggiatoa



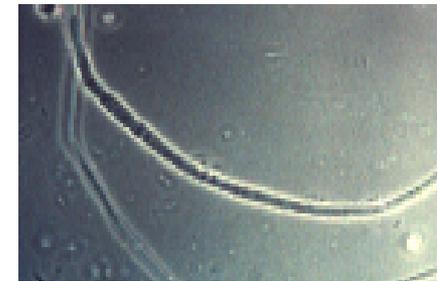
Sphaerotilus



Nocardia



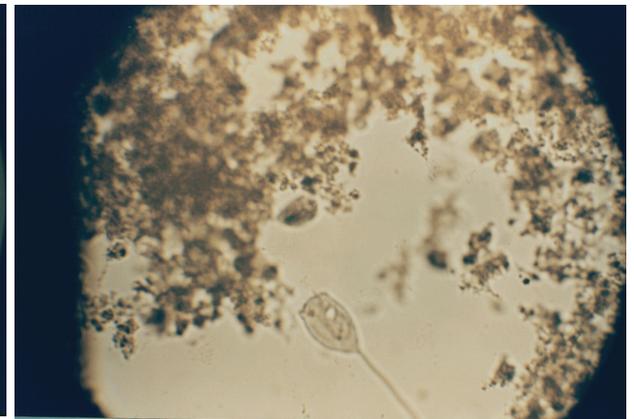
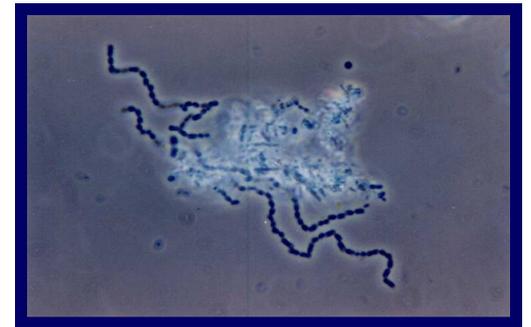
Microthrix parvicella



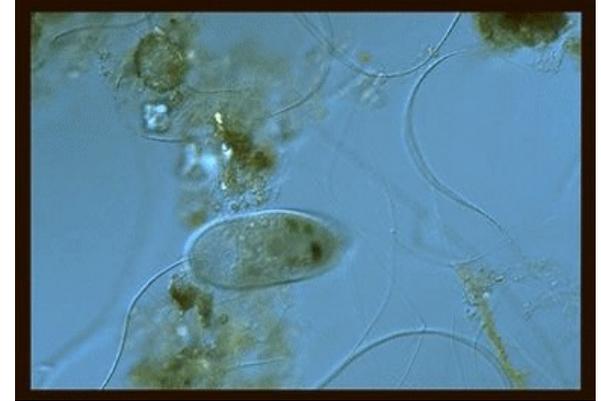
Type 021N

Decompositori

- Batteri dispersi e Filamentosi
 - Alghe
 - Funghi, Lieviti e Muffe



Consumatori



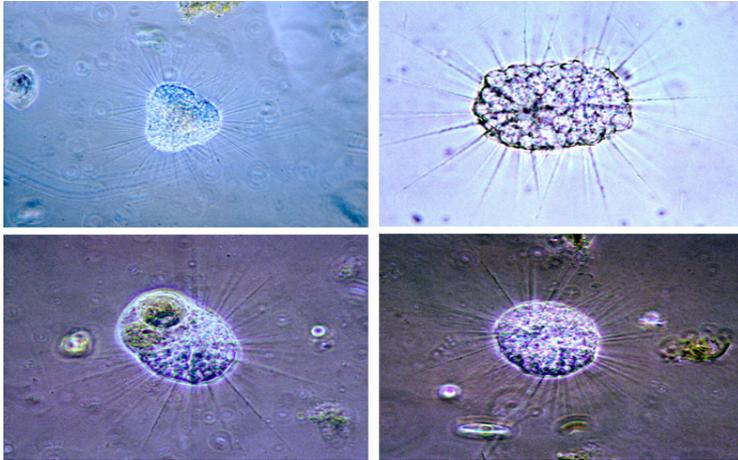
- Protozoi Flagellati

- Protozoi Ciliati

- Metazoi



SUTTORI



Gli *Acineti* sono protozoi ciliati che possono assumere forme estremamente eleganti; la cellula è racchiusa dentro una lorica e sostenuta da un peduncolo rigido.

Dal corpo, solitamente sferico, si irradiano lunghi e fini axopodi. A dispetto della loro bellezza, gli Acineti sono organismi predatori terribilmente insidiosi: gli axopodi sono velenosi e gli altri microrganismi (flagellati, ciliati, rotiferi, ecc.) che vi urtano restano paralizzati; successivamente la preda viene inglobata e digerita.

***Tokophrya*:** Forma del corpo variabile, spesso piramidale con la punta verso il basso su cui poggia il peduncolo rigido. I tentacoli sono raggruppati in due o quattro fasci nella parte anteriore.





Flagellati

I flagellati sono dotati di uno o più flagelli, si riproducono per scissione binaria longitudinale. Tra questi protozoi vi sono organismi che si alimentano in modo autotrofico con l'aiuto di pigmenti fotosintetici (fitoflagellati) ed altri con alimentazione eterotrofa (zooflagellati). Alcune forme sono in grado di comportarsi da autotrofi o eterotrofi a seconda delle condizioni ambientali.

Nei fanghi attivi i piccoli flagellati eterotrofici sono in genere molto comuni e spesso molto numerosi. Piccole quantità di flagellati di larghe dimensioni possono essere osservate in fanghi attivi che ricevono liquami diluiti o che presentano un basso carico del fango. Es. di grandi flagellati sono *Euglena* e *Peranema*, di piccoli flagellati *Bodo*, *Bodocaudatus*, ecc.



***Aspidisca lynceus*:** ciliato di piccole dimensioni (30-50 μm) di forma tondeggiante, fornito di una rigida pellicola. Si muove in continuazione sul fiocco di fango per mezzo dei cirri. Molto comune ed abbondante nei fanghi attivi.

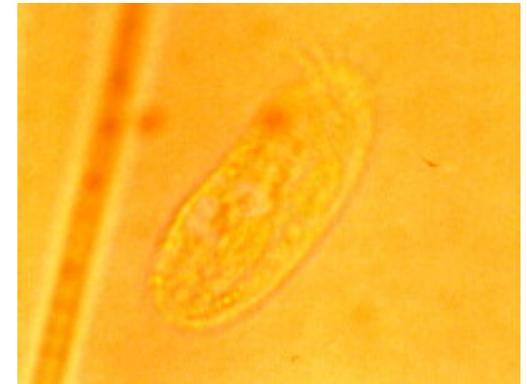
***Euplotes*:** ciliato di forma ovale, appiattito dorso-ventralmente, rigido. La superficie dorsale presenta evidenti solcature; la superficie ventrale, appiattita, porta numerosi cirri. Si differenzia da *Aspidisca lynceus* per la maggiore taglia (40-70 μm), la forma più allungata ed il movimento meno agitato ed alternato a periodi di pausa. La presenza di *E. patella* è correlata all'ingresso di liquami diluiti.

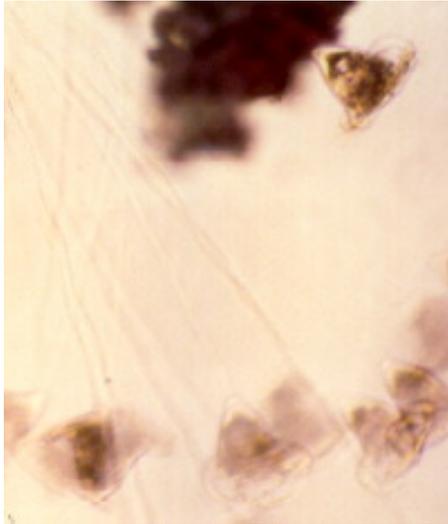




Coleps hirtus: protozoo ciliato a forma di barile lungo 50-70 μm , dotato di caratteristiche placche sulla superficie esterna. La bocca apicale larga gli permette di nutrirsi di liquidi organici, alghe, batteri, flagellati e ciliati. Tollera poco la presenza di ioni ammonio o ammoniaca per cui si associa ad impianti che trattano liquami a basso contenuto di azoto. La sua abbondanza è spesso indice di buona efficienza dell'impianto.

Stylonychia: protozoo ciliato ovale, allungato, dal corpo rigido e appiattito. Dimensioni: 100-150 micrometri. Ventralmente presenta numerosi cirri di cui tre caudati che fuoriescono posteriormente dal corpo. Abbastanza frequente nei fanghi attivi; se ne osservano due specie: *S. putrina* e *S. mytilus*.





***Vorticella convallaria*:** Protozoo ciliato sessile (che si fissa a un substrato) lungo 40-120 μm e caratterizzato dalla contrattilità del gambo. Si nutre di batteri. Molto comune nei fanghi attivi. La presenza abbondante della specie *V. aquadulcis* è associata ad una buona ossigenazione, *V. microstoma* domina, invece, in occasione di basso rendimento di depurazione biologica per scarsa ossigenazione.

***Epistylis* spp.:** Ciliati coloniali sessili a peduncolo rigido. Hanno un rigonfiamento attorno al peristoma e le loro dimensioni possono essere rilevanti (100-300 μm). Le colonie, spesso estese, possono comprendere centinaia di individui. Si nutre di batteri. Diverse specie sono state osservate nei fanghi attivi, la più comune è *E. plicatilis*.





***Charchesium* spp.:** Ciliati coloniali le cui colonie possono raggiungere dimensioni superiori al mm, i singoli individui hanno dimensioni medie di 80-10 μ m. I mionemi dei singoli peduncoli non sono riuniti tra loro, così ogni individuo può contrarsi indipendentemente dagli altri. Frequente nei fanghi con la specie *C. polypinum*

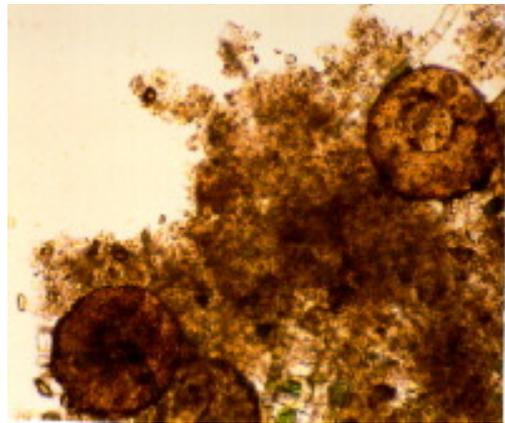
Telotroco: È la forma liberamente natante dei ciliati Peritrichi, senza peduncolo, provvista posteriormente di un anello di ciglia, che alcuni individui sessili possono sviluppare per colonizzare nuovi substrati.



Le **amebe** sono protozoi il cui loro corpo muta continuamente forma grazie all'emissione continua di «pseudopodi» (protuberanze che servono al microrganismo per spostarsi sulle superfici). Si nutrono di batteri e alghe unicellulari che inglobano direttamente nel citoplasma con un meccanismo chiamato «fagocitosi». Nei fanghi attivi si osservano amebe nude come *Chaos* e amebe tectate come *Arcella* e *Diffugia*.



Chaos



Arcella: Ameba dal guscio liscio e rigido di origine proteica. Ampia apertura centrale da cui escono pseudopodi digitiformi. Dimensioni variabili da specie a specie (50- 200 μm).

Diffugia: Ameba dal guscio ovale, sferico o ovoidale, rugoso per la presenza di particelle (granuli di sabbia, gusci di diatomee che sono saldamente attaccati alla superficie). Apertura terminale spesso relativamente larga dalla quale escono pseudopodi digitiformi. 600-400 μm



Metazoi

La loro presenza negli impianti di depurazione a fanghi attivi è limitata ad alcune forme semplici con tempi di generazione minori dell'età del fango. I metazoi con effettiva possibilità di svilupparsi all'interno della vasca di ossidazione sono: rotiferi, nematodi e gastrotrichi; oligocheti e larve di insetti possono essere osservati sporadicamente.



Nematode: vermiformi, lunghi da 300 a 1000 μm , si muovono con un caratteristico movimento a frusta. I sessi sono generalmente separati. I nuovi individui si sviluppano da uova deposte.

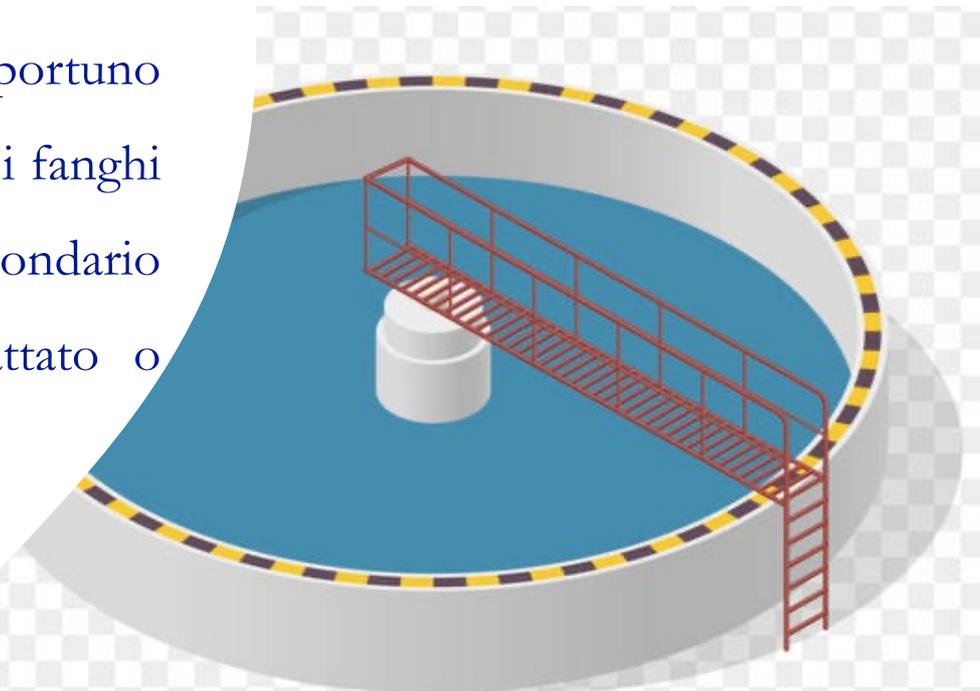
Rotifero: Animali dalla forma assai varia, negli impianti di depurazione sono più frequenti quelli appartenenti al genere *Rotaria*. Questi sono allungati ed estensibili a telescopio dotati di un apparato rotatorio con cui filtrano l'acqua circostante.



SEDIMENTAZIONE SECONDARIA

Segue la fase ossidativa e ha il compito di separare i fanghi biologici dal resto del refluo chiarificato o trattato.

Infatti, dopo un tempo opportuno trascorso nella vasca di ossidazione, i fanghi attivi passano al sedimentatore secondario dove si separano dal refluo trattato o chiarificato.

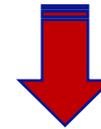


SEDIMENTAZIONE SECONDARIA

Nel sedimentatore secondario

VICINANZA DEL PELO LIBERO

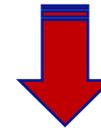
refluo chiarificato (l'acqua trattata, più chiara)



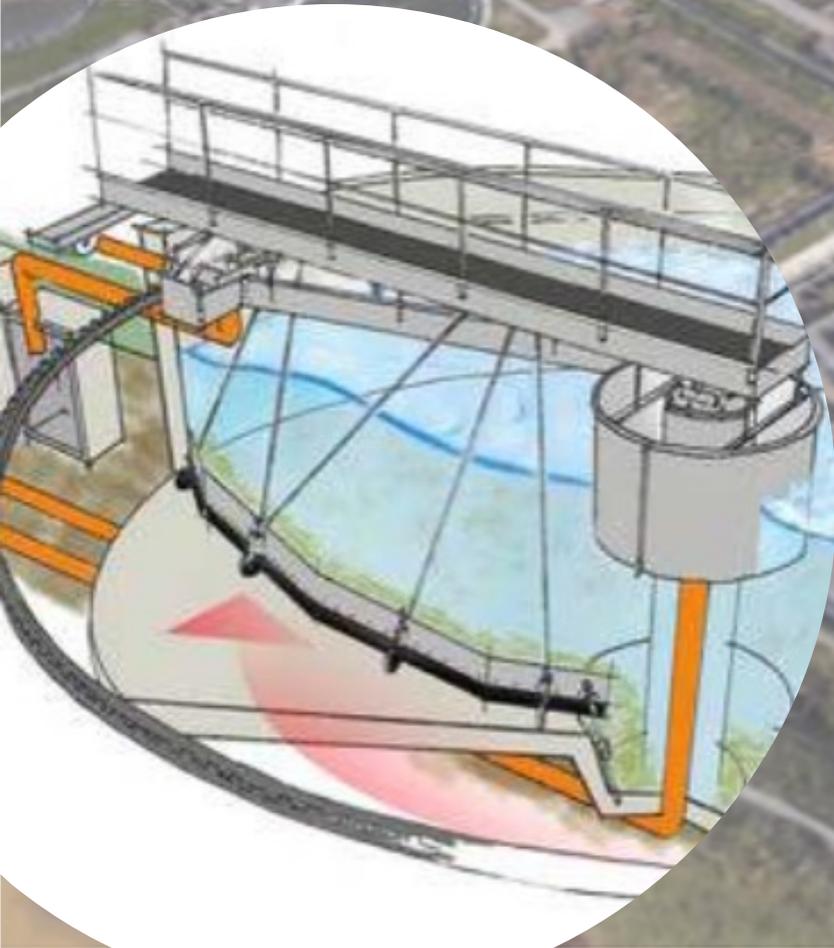
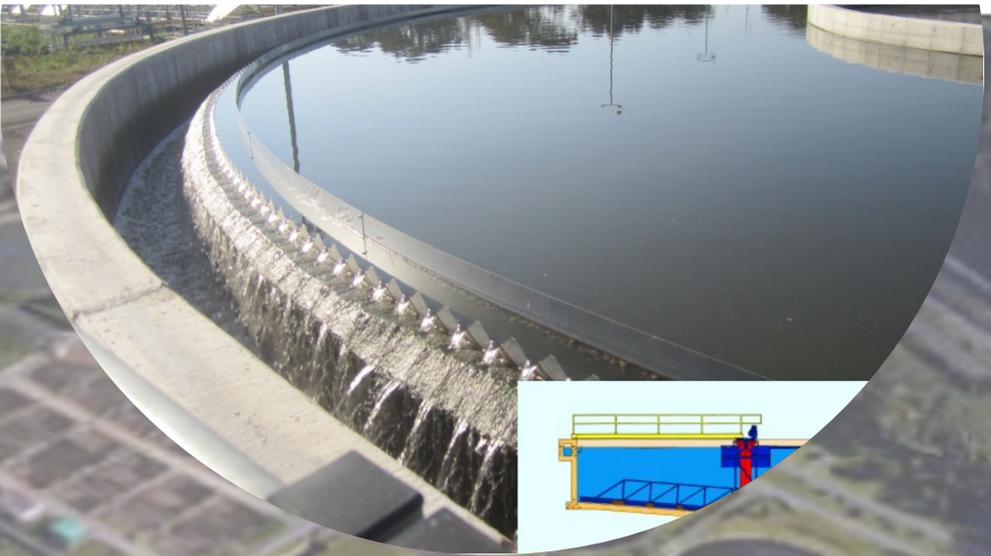
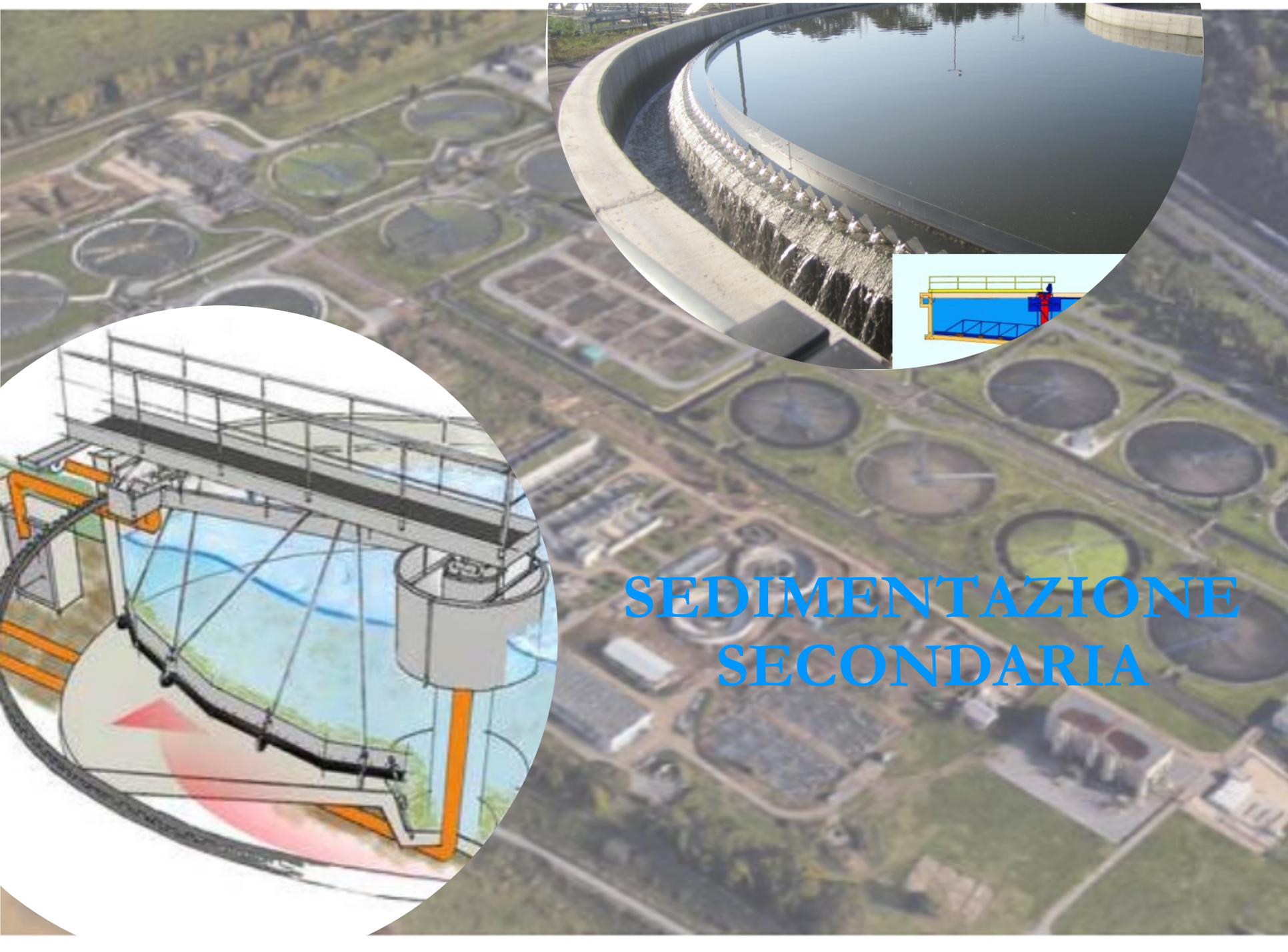
(*linea acque*) verrà avviato ad ulteriori trattamenti come la denitrificazione, la defosfatazione e la disinfezione

FONDO

accumulo fanghi biologici sedimentati



(*linea fanghi*) possono essere pompate nuovamente nella vasca di ossidazione o nel primo sedimentatore per migliorare le caratteristiche dei fanghi primari; possono subire l'ispessimento, la digestione e altri trattamenti finalizzati allo smaltimento a norma di legge



SEDIMENTAZIONE SECONDARIA

TRATTAMENTI TERZIARI

Importantissimi per permettere una depurazione ancora più efficace e spinta

A MONTE
DELLA VASCA DI
OSSIDAZIONE

A VALLE DEL
PROCESSO
OSSIDATIVO

MIGLIORANO

le caratteristiche del fango biologico con il conseguente aumento della resa dell'ossidazione biologica

l'acqua chiarificata (che verrà scaricata nel corpo recettore dopo aver subito tutti i dovuti trattamenti)

il fango biologico (che viene ricircolato in parte nella vasca di prima sedimentazione, in parte nella vasca di ossidazione, e in parte smaltito dopo opportuni trattamenti)



TRATTAMENTI I TERZIARI

- ✓ trattamenti chimico-fisici (chiariflocculazione)
- ✓ trattamenti meccanici (filtrazione su carboni attivi o su filtri a sabbia)
- ✓ trattamenti biologico-naturali (fitodepurazione, lagunaggio)
- ✓ trattamenti biologici (nitrificazione, denitrificazione e defosfatazione)
- ✓ trattamenti di disinfezione

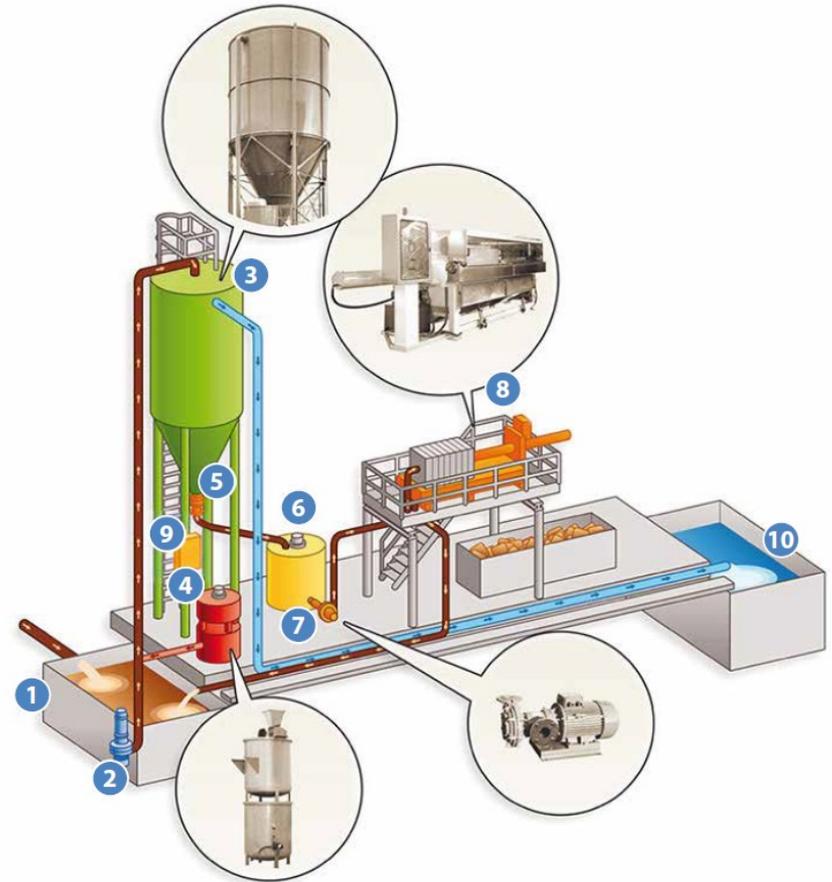
CHIARIFLOCCULAZIONE

Consiste nella **precipitazione di sostanze sospese non sedimentabili** che durante questo processo formano via via aggregati di maggiori dimensioni fino a costituire un precipitato che si deposita sul fondo della vasca utilizzata per il trattamento.

Questo processo permette, a seconda di come viene eseguito:

- ✓ la chiarificazione delle acque trattate
- ✓ la precipitazione di alcuni metalli
- ✓ la riduzione di COD e BOD
- ✓ la defosfatazione
- ✓ rimozione di oli e grassi

Questo trattamento può essere effettuato a monte dell'ossidazione biologica e/o sull'effluente dell'ossidazione biologica.



- 1- POZZO DI RACCOLTA
- 2- POMPA SOMMERSA
- 3- CHIARIFICATORE
- 4- CENTRALINA PREPARAZIONE E DOSAGGIO POLIELETTROLITA
- 5- VALVOLA PNEUMATICA SCARICO FANGHI
- 6- VASCA ACCUMULO FANGHI
- 7- POMPA PER ALIMENTAZIONE FILTROPRESSA
- 8- FILTROPRESSA
- 9- QUADRO ELETTRICO
- 10- VASCA STOCCAGGIO ACQUA CHIARIFICATA

RIMOZIONE DELL'AZOTO

L'azoto nelle acque di scarico può essere presente in diverse forme:

- AZOTO ORGANICO
- AZOTO AMMONIACALE
- AZOTO NITROSO
- AZOTO NITRICO

L'eliminazione dei composti azotati dai reflui avviene mediante **DUE FASI**:

- LA NITRIFICAZIONE
- LA DENITRIFICAZIONE

Nei reflui in arrivo nell'impianto, una buona parte della sostanze organiche a base d'azoto se completamente biodegradata si trova sotto forma di ammonio NH_4^+ , mentre ai fini della denitrificazione servono soprattutto i nitrati NO_3^- .

Pertanto per attuare la rimozione completa delle sostanze azotate è necessario preventivamente effettuare una **nitrificazione** (che avviene principalmente nella vasca di **aerazione**) mediante la quale, in condizioni aerobiche e in presenza di O_2 avviene l'ossidazione biologica di NH_4^+ a NO_2^- (NITRITO) e di NO_2^- a NO_3^- (NITRATO) (*Nitrosomonas* spp. e i *Nitrobacter* spp.)

Successivamente, nella vasca NON OSSIGENATA o ANOSSICA di **denitrificazione**, i nitrati NO_3^- vengono convertiti in azoto molecolare gassoso N_2 dai batteri anaerobi (*Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas denitrificans*, *Paracoccus denitrificans*, *Thiobacillus denitrificans*).

RIMOZIONE DEL FOSFORO

La presenza di quantità eccessive di fosforo nei reflui civili e industriali porta alla formazione di fenomeni di **EUTROFIZZAZIONE** nel corpo ricettore.

Il fosforo ha l'inconveniente di non poter essere ridotto in forma gassosa e liberato nell'atmosfera.

In un impianto convenzionale a fanghi attivi si ha già una rimozione parziale del fosforo (20-30%), con trattamenti specifici si può arrivare al **90%**.

L'eliminazione specifica del fosforo viene realizzata mediante un trattamento **chimico-fisico** di chiariflocculazione o mediante un trattamento **biologico**.

DEFOSFATAZIONE CHIMICA

È un trattamento di chiariflocculazione attraverso il quale si favorisce la precipitazione del fosforo soprattutto sotto forma di fosfati insolubili.

solfato ferrico, o cloruro ferrico con aggiunta di calce spenta che incrementa il pH, le reazioni sono:



con produzione di FePO_4 insolubile – **AUMENTO DEL FANGO DEL 40%**

DEFOSFATAZIONE BIOLOGICA

Avviene mediante l'utilizzo di ceppi batterici fosfo-accumulanti, come *Acinetobacter* spp., in grado di accumulare polisolfati all'interno della cellula.

DISINFEZIONE

La disinfezione serve principalmente ad abbattere la presenza di tutti i patogeni nell'effluente depurato (**BATTERI, FUNGHI, VIRUS**). Essa può avvenire tramite:

- CLORAZIONE
- USO DI ACIDO PERACETICO
- OZONIZZAZIONE
- RAGGI UV

CLORAZIONE

È il procedimento più utilizzato per la depurazione microbiologica delle acque. Esso reagisce ossidando le sostanze organiche e inorganiche e inattivando i microrganismi.

ACIDO PERACETICO

È un potente biocida che basa la sua azione sull'alterazione di strutture cellulari come enzimi e membrane. È particolarmente instabile pertanto viene commercializzato in soluzioni al 5% o 15% pronto per essere solubilizzato nelle giuste quantità nelle acque da depurare.

OZONIZZAZIONE

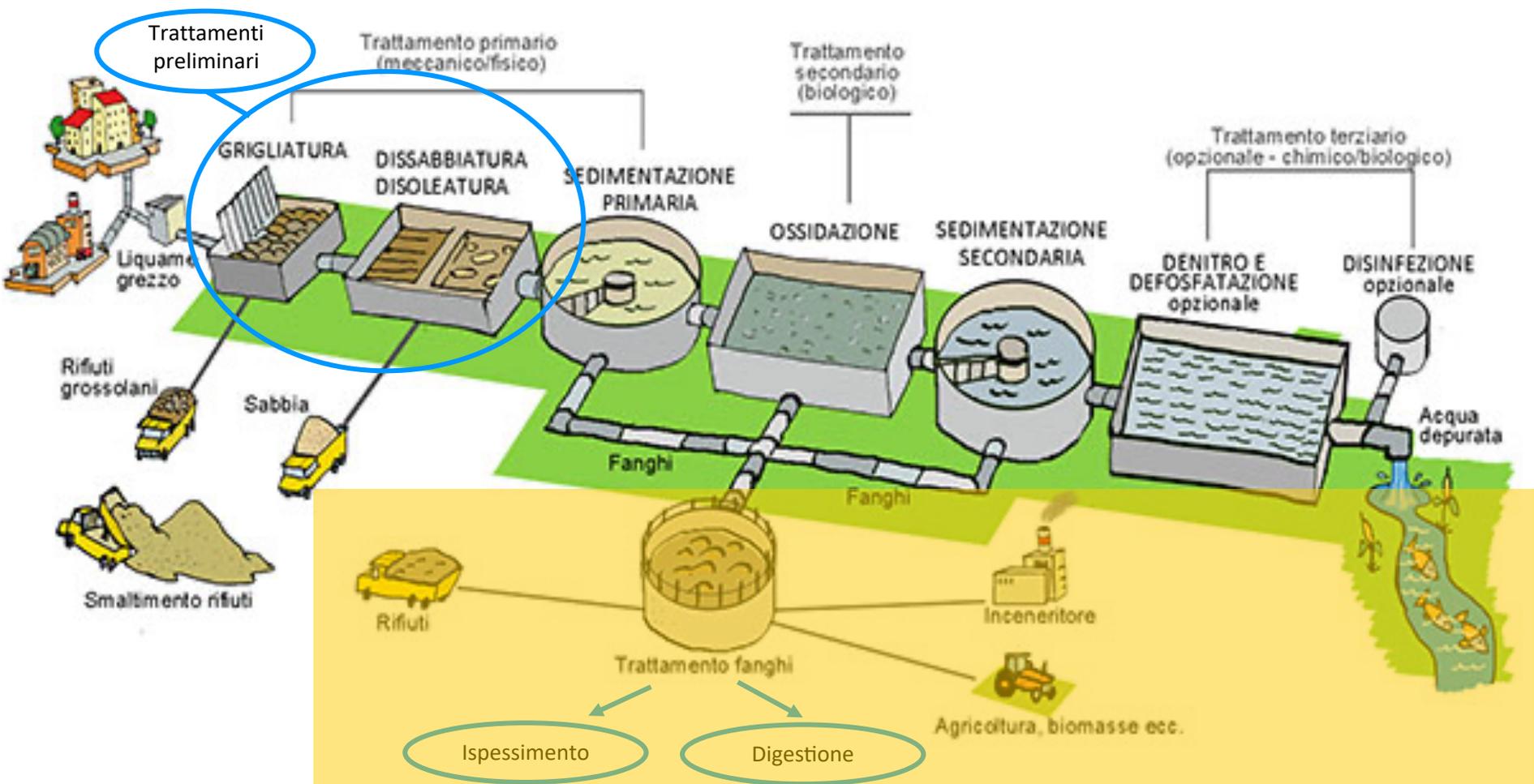
È una tecnica di disinfezione delle acque che impiega ozono (O_3), prodotto mediante scariche elettriche ad alto voltaggio, in una apposita camera nella quale viene fatto passare un flusso d'aria o di O_2 .

RAGGI UV

Alternativamente alle sostanze chimiche, la disinfezione dell'acqua può avvenire utilizzando luce ultravioletta

L'EFFLUENTE FINALE





Linea fanghi

TRATTAMENTO FANGHI

I fanghi provenienti dalla sedimentazione **primaria** e quelli **secondari** vengono **omogeneizzati** (mescolati mediante mezzi meccanici o per insufflazione di aria) al fine di rendere uniforme la loro composizione prima di inviarli ai trattamenti successivi.

I fanghi ottenuti nella dalla **linea acque**, per il **BOD residuo** e una quantità di **batteri**, sono altamente **putrescibili**, vengono **stabilizzati** in modo da renderli idonei al successivo **essiccamento e smaltimento**.



LE FASI PRINCIPALI RELATIVE AL TRATTAMENTO DEI FANGHI

❖ **PREISPESSIMENTO (O ADDENSAMENTO O CONCENTRAZIONE)**

Questa fase serve ad aumentare il contenuto di sostanza secca del fango in modo da ridurre i volumi necessari al suo trattamento.

❖ **STABILIZZAZIONE**

Ha la funzione di mineralizzare parte delle sostanze organiche putrescibili ed eliminare i batteri patogeni e i parassiti normalmente presenti nel fango.

❖ **POSTISPESSIMENTO**

Ha la funzione di aumentare ulteriormente il contenuto di sostanze solide nei fanghi stabilizzati.

❖ **CONDIZIONAMENTO**

Ha la funzione di indebolire i legami dell'acqua con le particelle solide per facilitarne la sua fuoriuscita.

❖ **DISIDRATAZIONE E ESSICCAMENTO**

Serve ad eliminare una buona parte dell'acqua presente nei fanghi stabilizzati.

❖ **INCENERIMENTO O COMPATTAZIONE**

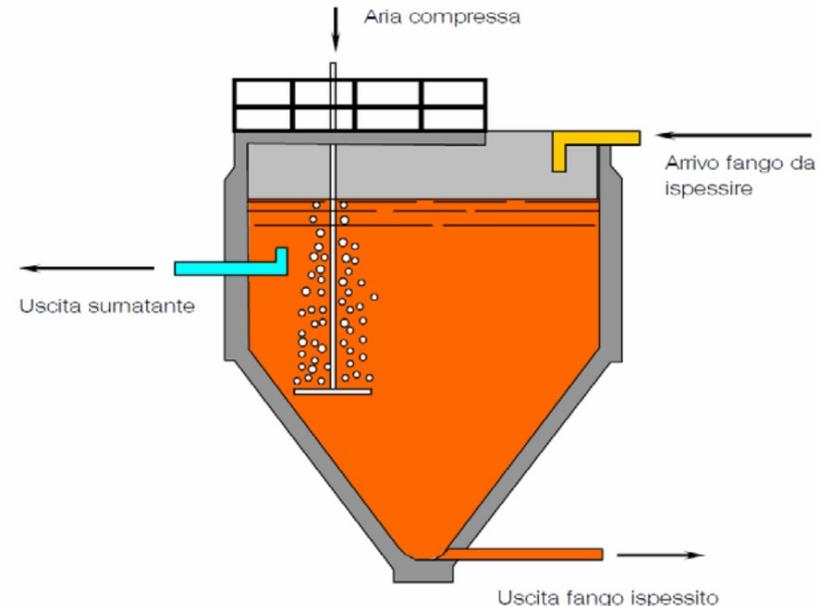
Costituiscono la fase che precede lo smaltimento finale.

Viene eseguito inviando i fanghi in una vasca di sedimentazione, **blandamente aerata**.

Nel fango viene insufflata aria per mantenere la quantità di ossigeno disciolto a valori sufficientemente alti da evitare che si possano instaurare **reazioni di tipo anaerobico**, per tempi **sufficientemente lunghi**.

Quando la sedimentazione ha raggiunto valori accettabili si **interrompe** il flusso dell'aria e si preleva il fango dal fondo della vasca mentre dalla superficie si estraggono le acque separate (surnatante) che viene ricircolato nell'impianto.

ISPESSIMENTO DISCONTINUO PER GRAVITÀ

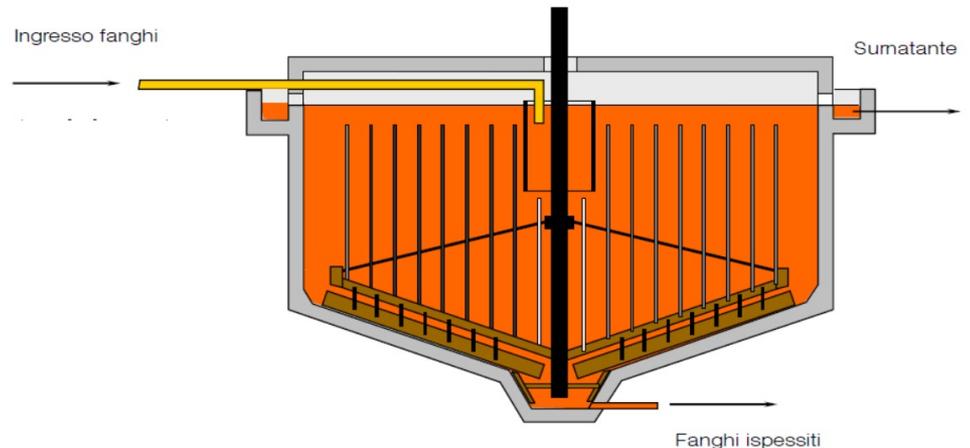


Simile ad un decantatore. Viene **alimentato** dal centro. Nella vasca è presente un **sistema di agitazione** lento dotato di aste metalliche verticali la cui funzione è quella di facilitare la fuoriuscita dell'acqua inglobata nei fiocchi.

Questo sistema risulta particolarmente efficace nel caso di fanghi attivi contenenti elevate quantità di nitrati, nei quali può svilupparsi azoto gassoso che, se non eliminato, causerebbe la risalita del fango causata dalle bolle di gas inglobate nei fiocchi.

L'agitatore è dotato, nella parte inferiore, di **alette raschiatrici** il cui scopo è quello di convogliare il fango verso il centro della vasca (**tramoggia di raccolta**) da dove poi sarà estratto. Il **surnatante** viene ricircolato.

ISPESSIMENTO CONTINUO PER GRAVITÀ



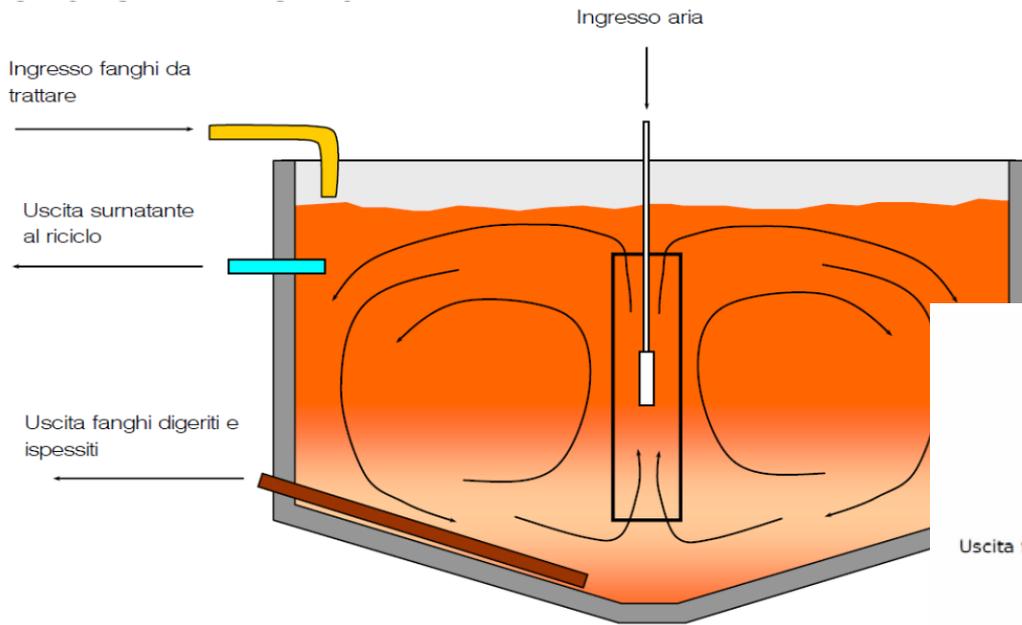
IL PROCESSO DI STABILIZZAZIONE LA DIGESTIONE

È un complesso di processi metabolici attraverso i quali il contenuto organico putrescibile dei fanghi, provenienti dalle vasche di sedimentazione primaria e secondaria, viene trasformato in sostanze stabili più semplici.

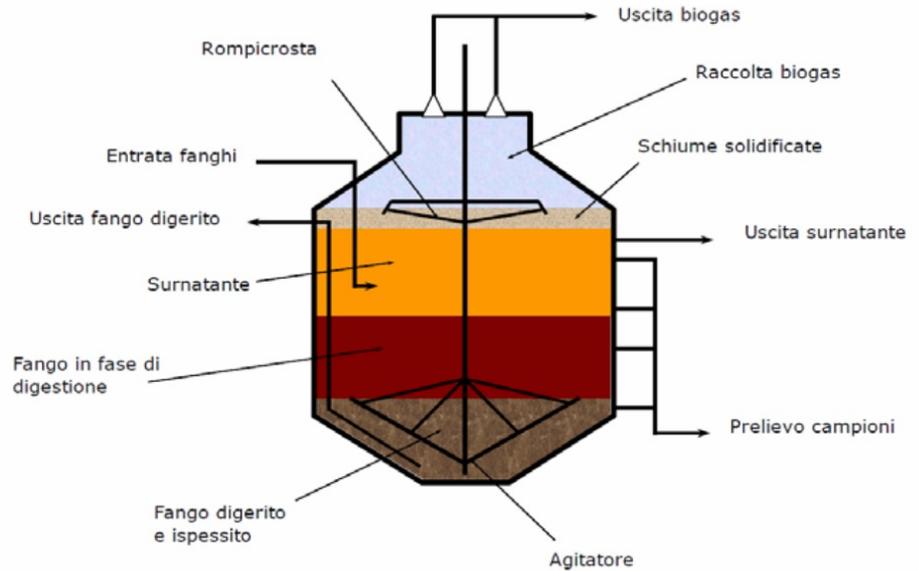
La digestione consente di risolvere uno dei problemi maggiori che si riscontrano nello smaltimento dei fanghi, ovvero la loro putrescibilità; questa è legata ai microrganismi presenti, anche patogeni, che continuano a metabolizzare le sostanze biodegradabili residue trasformandole in sostanze inorganiche non putrefattive e non patogene.

**DIGESTIONE
AEROBICA**

**DIGESTIONE
ANAEROBICA**



DIGESTORI AEROBICI



DIGESTORI ANAEROBICI

CONDIZIONAMENTO DEL FANGO

Intervenendo sulle caratteristiche **chimico-fisiche** del fango si può modificare l'interazione/legame fra particelle ed acqua, permettendo di:

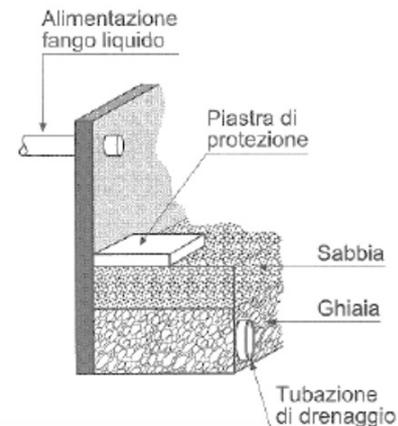
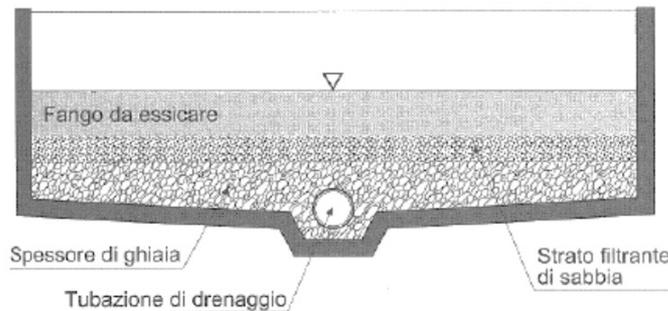
- INCREMENTARE LA DISIDRATABILITÀ DEL FANGO
- AUMENTARE LA VELOCITÀ DI SEPARAZIONE SOLIDO-LIQUIDO
- MIGLIORARE LE CARATTERISTICHE DEL SURNATANTE SEPARATO (IN TERMINI DI SOLIDI SOSPESI)

LINEA FANGHI: TRATTAMENTI FINALI ESSICCAMENTO

LETTI DI ESSICCAMENTO

Processo naturale in cui la componente acquosa del fango è rimossa per **evaporazione/drenaggio** senza necessità di apparecchiature specifiche nè di consumi energetici.

L'acqua drenata, raccolta attraverso le tubazioni di fondo, è ricircolata alla linea acque.



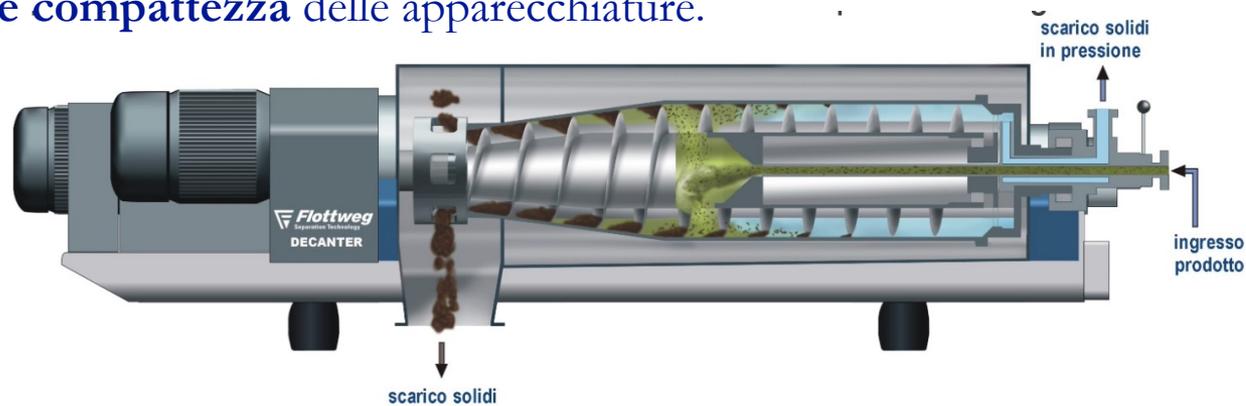
DISIDRATAZIONE MECCANICA

La disidratazione meccanica consente di trasformare il fango da liquido a semisolido e di giungere a concentrazioni di solidi fino al 40-50%.

CENTRIFUGAZIONE

La separazione solido-liquido avviene per sedimentazione.

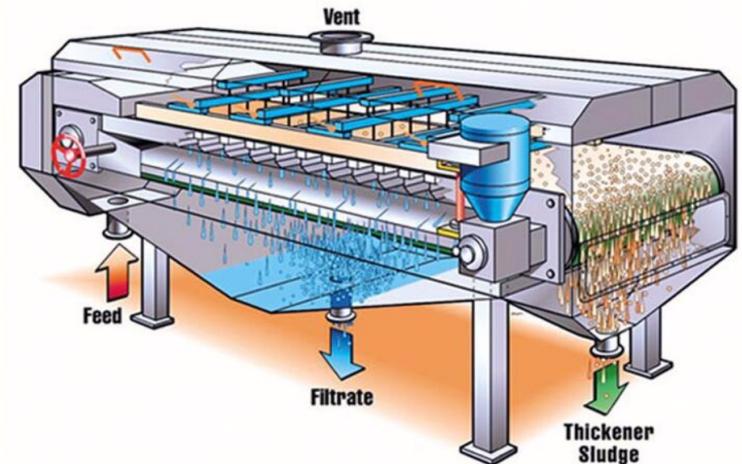
I **vantaggi principali** di questa tecnica consistono nell'**elevata produttività** ottenuta e nella **notevole compattezza** delle apparecchiature.



FILTRAZIONE CON NASTROPRESSA

In questo processo la disidratazione avviene per drenaggio e compressione.

Inoltre verso la fase terminale il fango è soggetto anche a forze di taglio dovute al moto relativo dei due nastri.



RIUTILIZZO DELLE ACQUE REFLUE

Ai fini del riutilizzo delle acque reflue, l'attenzione deve essere posta:

- 🔹 alla prevenzione dell'inquinamento alla fonte attraverso il divieto o il controllo puntuale nell'uso di alcune sostanze contaminanti;
- 🔹 alla raccolta e trattamento delle acque reflue in modo efficace e diffuso;
- 🔹 all'affinamento dei reflui e la loro distribuzione per farne una fonte alternativa di acqua, sicura ed economica, sia per l'irrigazione che per le industrie e per l'ambiente;
- 🔹 alla possibilità di recuperare energia e materiali presenti nelle acque reflue urbane, quali nutrienti come il fosforo e prodotti chimici come biopolimeri o cellulosa, riutilizzabili nell'industria o nell'agricoltura.

DESTINAZIONI DEGLI EFFLUENTI

■ Irrigazione

- Riutilizzo diretto (in uso nei Paesi ove le disponibilità idriche sono limitate)
 - Immissione in corpi idrici superficiali

DESTINAZIONI DEI FANGHI

- Coadiuvanti nell'industria di produzione di materiale edile
- Collocazione in discariche controllate
- Ammendanti
- Compostaggio
- Incenerimento

Le diverse destinazioni sono condizionate dalle caratteristiche qualitative dei fanghi (ad es. contenuto in metalli pesanti)

Regolamento (UE) 2020/741



Con la sua approvazione e pubblicazione, nel maggio 2020, viene sancito e promosso il riutilizzo delle acque reflue urbane depurate in condizioni sicure al fine di aumentare l'approvvigionamento idrico, alleviare la pressione su risorse idriche troppo sfruttate e consentire il riciclo di elementi nutrienti in sostituzione dei concimi chimici



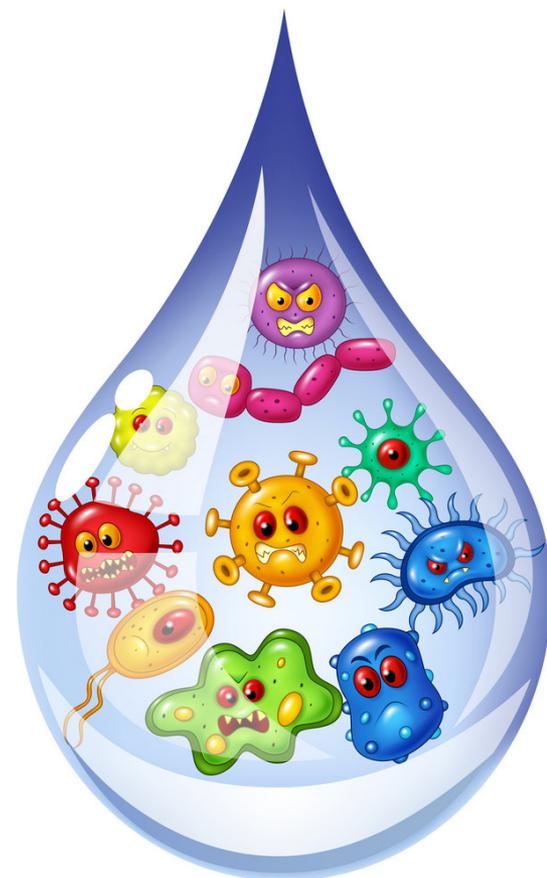
LEGAMI TRA REFLUI E SARS-CoV-2?

L'Istituto Superiore di Sanità il 22 aprile 2020 ha emesso un comunicato (n. 30/2020) dal quale risultano due punti essenziali:

- ✓ il ritrovamento di materiale genetico del virus nelle acque reflue non produce alcun rischio epidemiologico;
- ✓ si rafforzano le prospettive di usare il controllo delle acque in fognatura dei centri urbani come strumento non invasivo per rilevare precocemente la presenza di contagio nella popolazione.

12 maggio 2020 l'Istituto Superiore di Sanità aveva affermato che le ordinarie modalità di depurazione dei reflui, se praticate in maniera corretta, sono sufficienti a inattivare il virus.

È stato dimostrato che cloro e biossido di cloro questi ultimi sono in grado di disattivare completamente il virus a concentrazione in tempi inferiori (circa dieci milligrammi per litro di cloro per dieci minuti) rispetto a quelli richiesti per abbattere le concentrazioni dei tradizionali indicatori batterici di contaminazione, come ad esempio l'*Escherichia coli*.





ISS, 8 luglio 2020 - Il progetto ISS, condiviso con la Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome, coinvolge SNPA, ASL, IZS, Università, centri di ricerca ed oltre 50 gestori del servizio idrico integrato.

- sorveglianza epidemiologica di Sars-Cov-2 attraverso le acque reflue urbane (SARI, Sorveglianza Ambientale Reflue in Italia), che potrà fornire indicazioni utili sull'andamento epidemico e sull'allerta precoce di focolai
- monitoraggio preventivo sulla presenza del virus e la sua possibile propagazione in Italia
- campioni prelevati prima dell'ingresso nei depuratori dei centri urbani possono essere utilizzati come «spia» di circolazione del virus nella popolazione.

Gli studi italiani hanno dimostrato l'importanza di costruire una rete capillare di sorveglianza in grado di fotografare l'andamento dei contagi nei contesti regionali e locali, evidenziando come questo approccio può anticipare la conoscenza sui luoghi di circolazione del virus nel nostro Paese



17-03-2021. La Commissione Europea ha pubblicato una raccomandazione sul monitoraggio del SARS-CoV-2 e delle sue varianti nelle acque reflue dell'UE.

L'obiettivo è sfruttare ulteriormente una nuova fonte di informazioni indipendenti sulla diffusione del virus e delle sue varianti, che apporterà un contributo significativo ed economicamente efficace al processo decisionale relativo alla Sanità Pubblica. La raccomandazione invita gli Stati membri a istituire sistemi di monitoraggio delle acque reflue e a garantire la tempestiva trasmissione dei dati alle autorità sanitarie competenti. Dovrebbero essere messi a disposizione e utilizzati metodi comuni di campionamento, misurazione e analisi, raccolti su una piattaforma europea di scambio, al fine di garantire che i dati siano affidabili e comparabili.