

Scuola Protezione Civile “Ernesto Calcara”
Corso di Gestione Integrata dei Rifiuti Solidi
ottobre-novembre 2008

IMPIANTI DI TRATTAMENTO DELLE ACQUE

Prof. Ing. Maria Laura MASTELLONE
Docente di Impianti Chimici e Biochimici - SUN



Dipartimento di Scienze Ambientali
Seconda Università di Napoli



AMRA scarl
Settore Rischio Antropico -
Gestione dei Rifiuti

Fonti di Inquinamento

1. **Fonti naturali**, causate da imputridimento di detriti animali o vegetali, dal dilavamento di sostanze umiche, da torbidità a seguito di fenomeni di piena ecc.
2. **Fonti di origine domestica o civili** in genere costituite dalle acque residuali urbane caratterizzate da rilevanti contributi di natura organica-biologica oltre che da numerosi agenti chimici che sempre più sono entrati nell'uso quotidiano delle pratiche domestiche.
3. **Fonti di origine agricola** dovute ad un utilizzo di concimi di sintesi ed in particolare di origine zootecnica in misura eccedente alle buone pratiche agronomiche o di fitofarmaci distribuiti sulle colture o sui suoli.
4. **Fonti di origine industriale**, causata dagli scarti o dai sottoprodotti dei cicli produttivi delle diverse industrie.
5. **Fonti da traffico veicolare** quale la ricaduta degli inquinanti aerodispersi e l'immissione di sostanze tossiche o nocive fuoriuscite da mezzi di trasporto.

Classificazione dell'Inquinamento

Chimico	Fisico	Fisiologico	Biologico
Organico (Composti del carbonio)	Colore	Gusto	Virus
	Torbidità	Odore	Batteri patogeni e non
	Temperatura		Funghi
Inorganico (Composti minerali)	Sostanze sospese		Alghe
	Schiume		Organismi animali
	Radioattività		

Tipologia delle Acque di Scarico

I principali tipi di acque di scarico, o acque reflue, conferite agli impianti di depurazione sono:

1. **Acque reflue domestiche:** acque reflue provenienti da insediamenti di tipo residenziale e da servizi e derivanti prevalentemente dal metabolismo umano e da attività domestiche. Nella maggior parte dei casi si tratta di scarichi provenienti dai bagni e dalle cucine, più raramente da mense
2. **Acque reflue industriali:** qualsiasi tipo di acque reflue scaricate da edifici in cui si svolgono attività commerciali e industriali, diverse dalle acque reflue domestiche e dalle acque meteoriche di dilavamento
3. **Acque reflue urbane:** acque reflue domestiche o il miscuglio di acque reflue domestiche , di acque reflue industriali e quelle meteoriche di dilavamento
4. **Acque di infiltrazione:** infiltrazioni di acqua di falda all'interno della rete fognante costruita in modo non adeguato
5. **Acque meteoriche:** acque di dilavamento dei terreni e delle zone urbanizzate derivanti dalle precipitazioni meteoriche

Classi di contaminanti

I trattamenti depurativi hanno come obiettivo la riduzione o l'eliminazione dei seguenti contaminanti dall'acqua di scarico

Solidi sospesi: La presenza di solidi sospesi nelle acque di scarico non trattate può portare allo sviluppo di depositi di fango e di condizioni anaerobiche

Composti organici biodegradabili: Composti essenzialmente di proteine, carboidrati e grassi, i composti organici biodegradabili vengono comunemente misurati come BOD (domanda di ossigeno biologico) e COD (domanda di ossigeno chimico). Se scaricati nell'ambiente senza alcun trattamento la loro stabilizzazione biologica può portare all'esaurimento delle risorse naturali di ossigeno e allo sviluppo di condizioni settiche

Patogeni: Gli organismi patogeni possono trasmettere malattie

Nutrienti: Sia l'azoto che il fosforo, insieme con il carbonio, sono nutrienti essenziali per la crescita. Quando scaricati negli ambienti acquatici possono portare allo sviluppo di indesiderate forme di vita acquatiche (eutrofizzazione). Se scaricate in modo massiccio sui terreni possono determinare l'inquinamento delle acque sotterranee

Metalli pesanti: I metalli pesanti sono solitamente scaricati nelle acque dalle attività commerciali e industriali e devono essere rimossi nel caso di riutilizzo dell'acqua di scarico

Composti organici e inorganici sospesi o noti come cancerogeni, mutageni o ad elevata tossicità. Molti di questi composti si trovano nelle acque di scarico

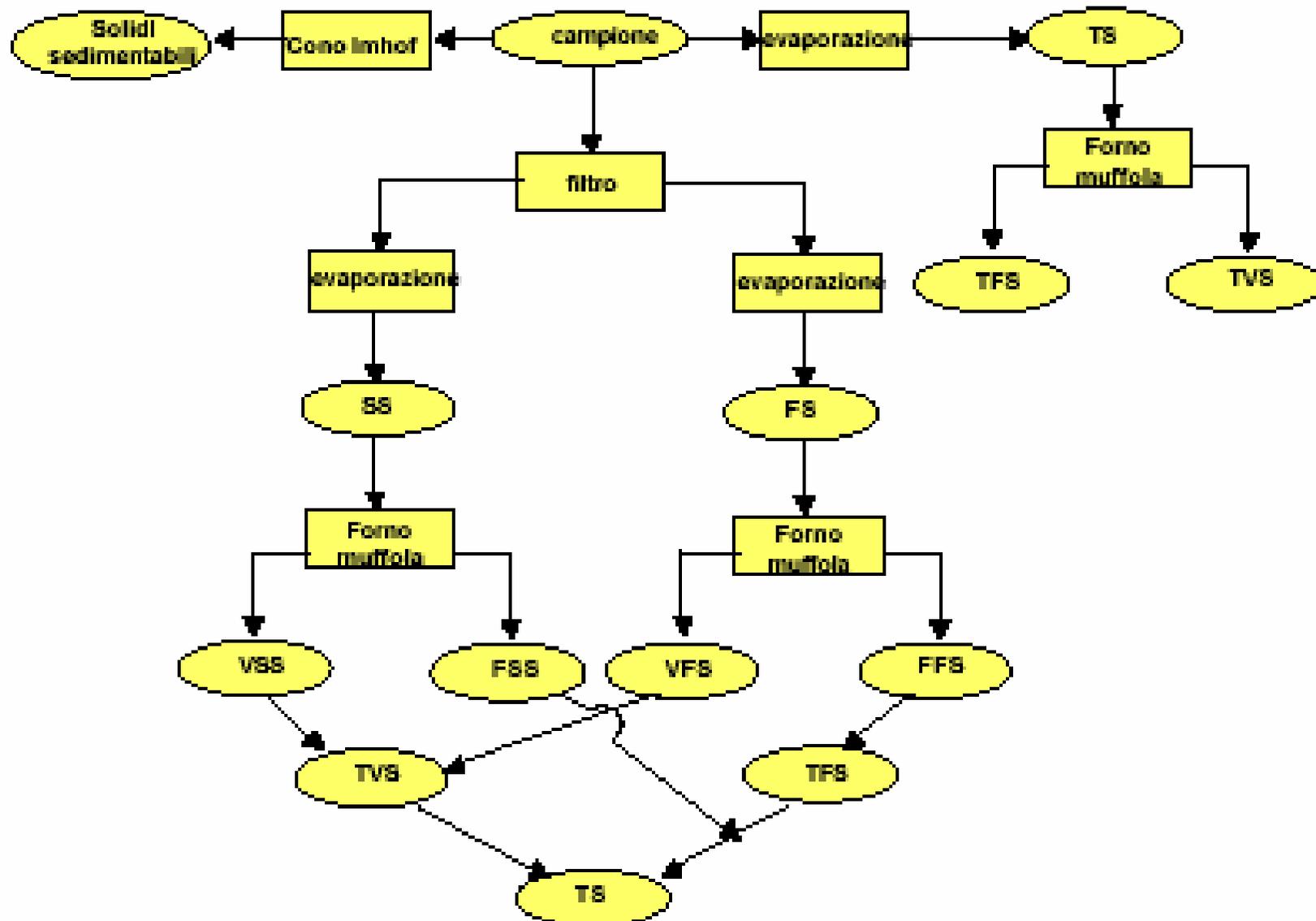
Componenti organici refrattari: Composti organici che tendono a resistere ai metodi convenzionali di trattamento. Esempi di tal genere sono i tensioattivi, fenoli e pesticidi agricoli

Composti inorganici disciolti: Costituenti inorganici come calcio, sodio, solfati e cloruri vengono aggiunti all'acqua in conseguenza del suo utilizzo comune e devono essere rimossi se l'acqua di scarico viene riutilizzata

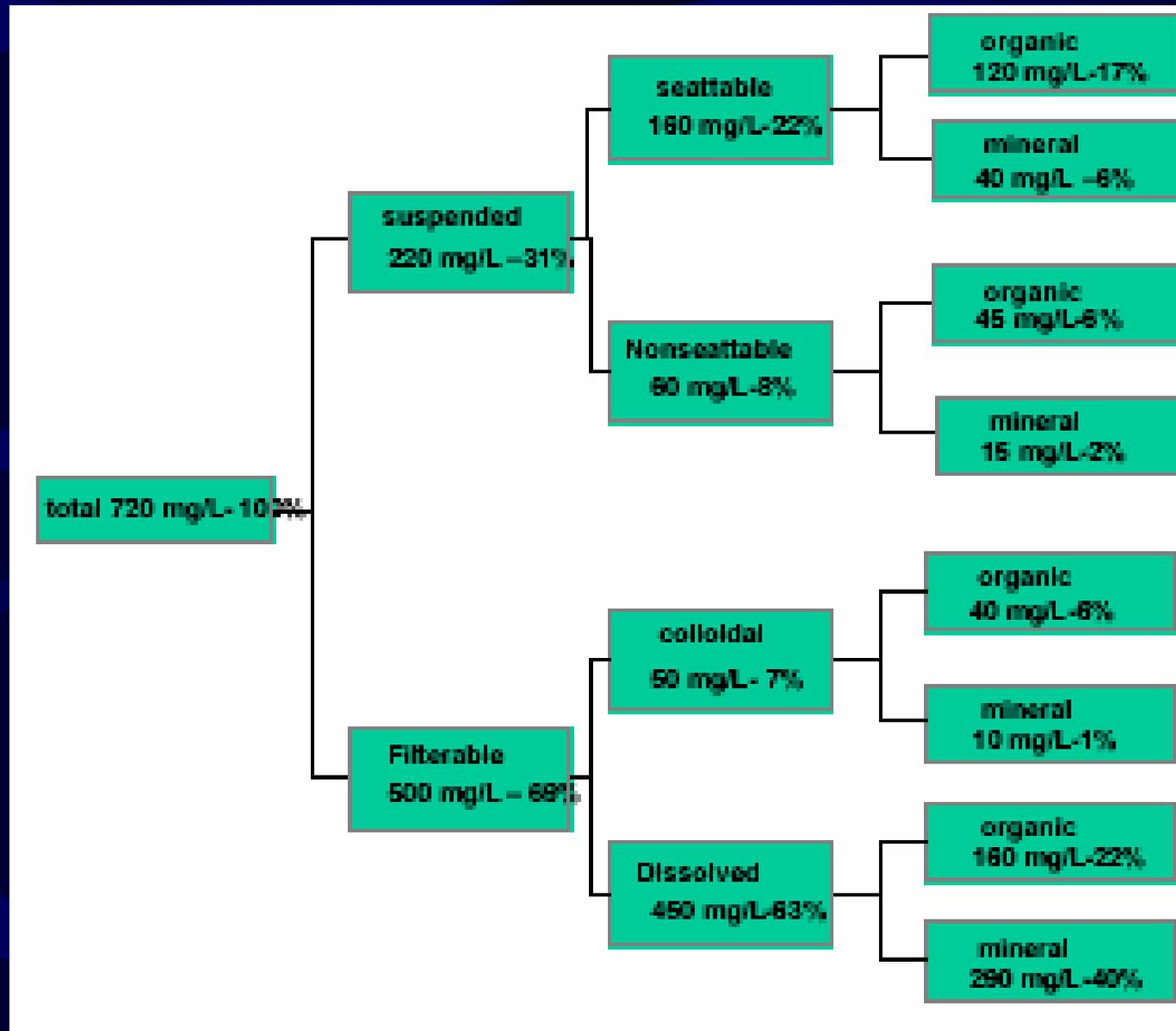
Unità di misura

Densità	$\frac{\text{Massa di soluzione}}{\text{unità di volume}}$	Kg/m ³
Percentuale di volume	$\frac{\text{Volume del soluto} * 100}{\text{Volume totale della soluzione}}$	% (di volume)
Percentuale di massa	$\frac{\text{Massa del soluto} * 100}{\text{Massa combinata del soluto + solvente}}$	% (di massa)
Rapporto di volume	$\frac{\text{Millilitri}}{\text{Litro}}$	mL/L
Massa per unità di volume	$\frac{\text{Microgrammi}}{\text{Litri di soluzione}}$	g/L
	$\frac{\text{Milligrammi}}{\text{Litri di soluzione}}$	mg/L
	$\frac{\text{Grammi}}{\text{Metri cubi di soluzione}}$	g/m ³
	$\frac{\text{Milligrammi}}{10^6 \text{ milligrammi}}$	ppm
Molalità	$\frac{\text{Moli di soluto}}{1000 \text{ grammi di solvente}}$	mol/kg
Molarità	$\frac{\text{Moli di soluto}}{\text{Litri di soluzione}}$	mol/L
Normalità	$\frac{\text{Equivalenti di soluto}}{\text{Litri di soluzione}}$	equiv/L

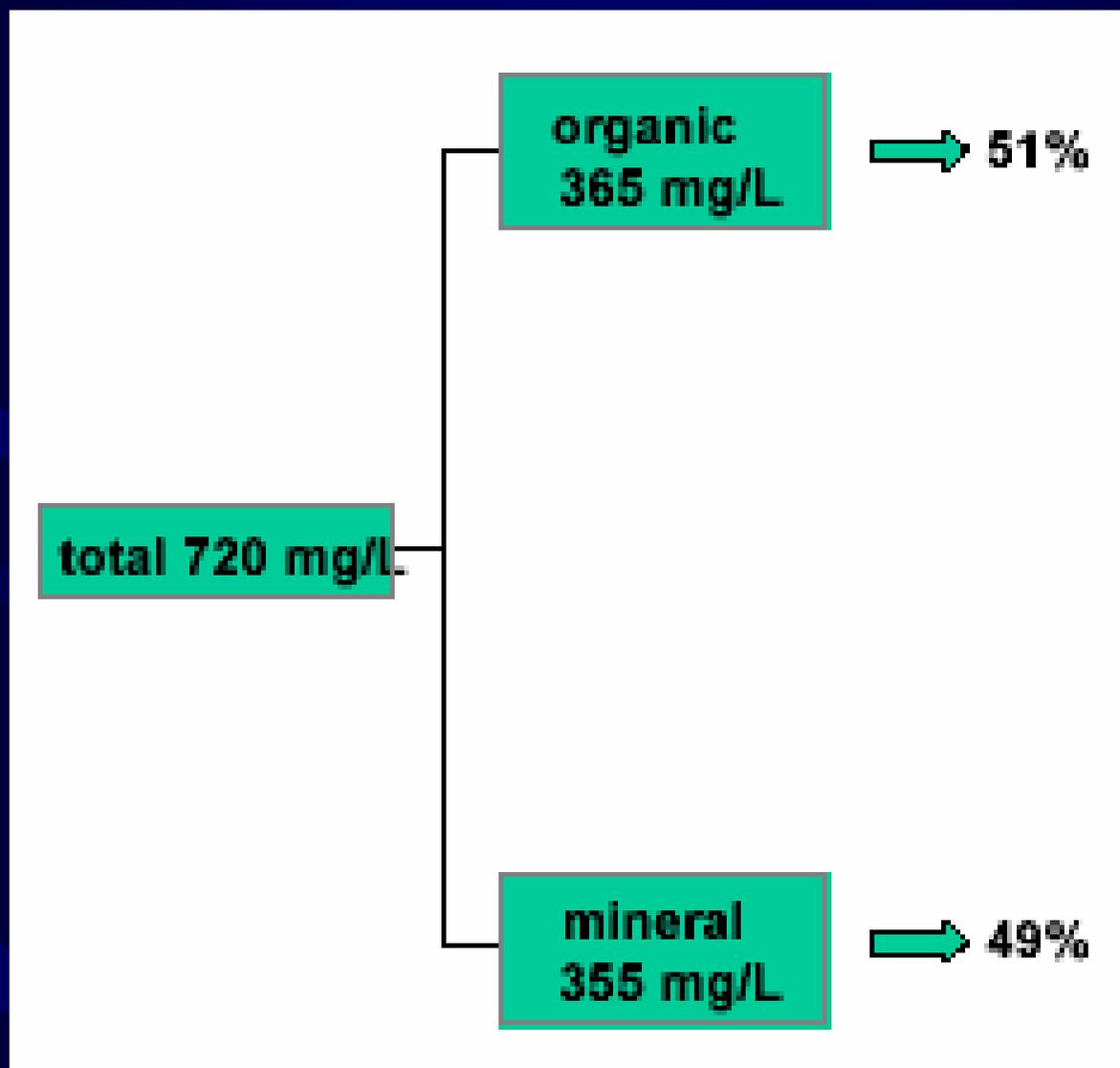
Relazione tra i solidi in un'acqua di scarico



Relazione tra i solidi in un'acqua di scarico



Relazione tra le sostanze organiche in un'acqua di scarico



La distribuzione delle sostanze organiche nelle diverse frazioni di solidi (solidi volatili) permette di prevedere le prestazioni ottenibili con l'applicazione di trattamenti fisici di depurazione.

In particolare, l'uso della sedimentazione primaria è parificabile alla eliminazione dei solidi sedimentabili, ciò in termini di eliminazione di sostanze organiche corrisponde al 33% del totale il che equivale ad una buona prestazione anche se non è in grado di produrre un effluente conforme ai limiti di legge.

La rimozione del restante 67% del carico organico in ingresso viene demandata al seguente trattamento biologico.

Con la flocculazione si può arrivare a rimuovere un ulteriore 12% del carico organico in arrivo. In caso di *wash-out* del sedimentatore primario (dilavamento del sedimentatore a causa di una portata troppo elevata), l'intero carico organico transita invariato fino al biologico determinandone un sovraccarico.

Emissione di odori dall'acqua reflua

I fattori che contribuiscono alle emissioni di odori provengono

- dai componenti tipici dell'acqua reflua,
- dalle trasformazioni biochimiche che avvengono in impianto
- dai reagenti chimici che possono essere aggiunti nei vari step del trattamento.

Odori tipici dell'acqua reflua

Gli odori tipici delle acque reflue sono dovuti alla presenza di:

- composti alifatici aromatici e idrocarburi clorurati derivanti dai detergenti utilizzati in casa
- solventi
- derivati del petrolio
- odori associati con i rifiuti umani (ammoniaca, urea dalle urine , indolo dalle feci)

La maggior parte dei composti organici volatili hanno bassa solubilità e quindi possono essere parzialmente strippati in condizioni di aerazione o di sollevamento dei liquami. Alcuni VOC possono essere adsorbiti nel fango primario e quindi essere rilasciati durante i processi di digestione dei fanghi.

Altri fattori a volte presenti nell'acqua reflua possono potenzialmente generare odori:

- reflui dalle industrie alimentari
- acque reflua a temperatura elevata
- infiltrazione di acqua sulfurea o presenza di composti solforosi nell'acqua reflua
- infiltrazioni di acqua salmastra
- scarichi tossici.

Odori generati da trasformazioni biochimiche

La maggior parte dei composti chimici che generano odori si sviluppano quando si verificano condizioni anaerobiche. Nei fanghi primari la scomparsa dell'ossigeno disciolto residuo avviene molto più velocemente che nell'acqua reflua in quanto la presenza di microrganismi che consumano ossigeno, è di qualche ordine di grandezza maggiore ed anche la disponibilità di substrato è molto elevata.

Nel caso in cui si hanno condizioni anaerobiche possono avere luogo i seguenti processi che producono odori:

- **Fermentazione** dei grassi polisaccaridi e proteine porta alla produzione di acidi grassi, alcoli, aldeidi, detoni, ammoniaca, ammine, mercaptani e solfuri.
- **Riduzione dei solfati** con formazione di solfuro di idrogeno.

Alcune reazioni biochimiche possono invece ridurre gli odori come ad esempio l'ossidazione dei composti maleodoranti in caso di condizioni aerobiche e nel caso del processo di digestione anaerobica i batteri metanogenici spezzano gli acidi grassi volatili per ottenere metano inodore.

Odori generati da aggiunta di chemicals

I prodotti chimici utilizzati in alcuni trattamenti agiscono soprattutto nel rilascio delle sostanze odorigine già presenti nel refluo, ad esempio:

- L'aggiunta di sali di ferro per la rimozione del fosforo o per coadiuvare la sedimentazione e la rimozione del BOD provoca la precipitazione dei solfuri riducendo quindi il potenziale rilascio di odori. Se tuttavia il dosaggio di sali (ad esempio cloruro ferrico) diventa eccessivo può determinare un abbassamento del pH con conseguente rilascio dei solfuri.
- L'aggiunta di calce per coadiuvare la sedimentazione o per stabilizzare i fanghi, inibisce il rilascio del solfuro di idrogeno, a causa dell'incremento del pH, ma d'altro canto favorisce il rilascio dell'ammoniaca e degli altri composti odorigeni dell'azoto.

Costituenti delle acque reflue

Le acque reflue contengono migliaia di composti organici differenti.

I principali costituenti del materiale organico contenuto in un'acqua sono:

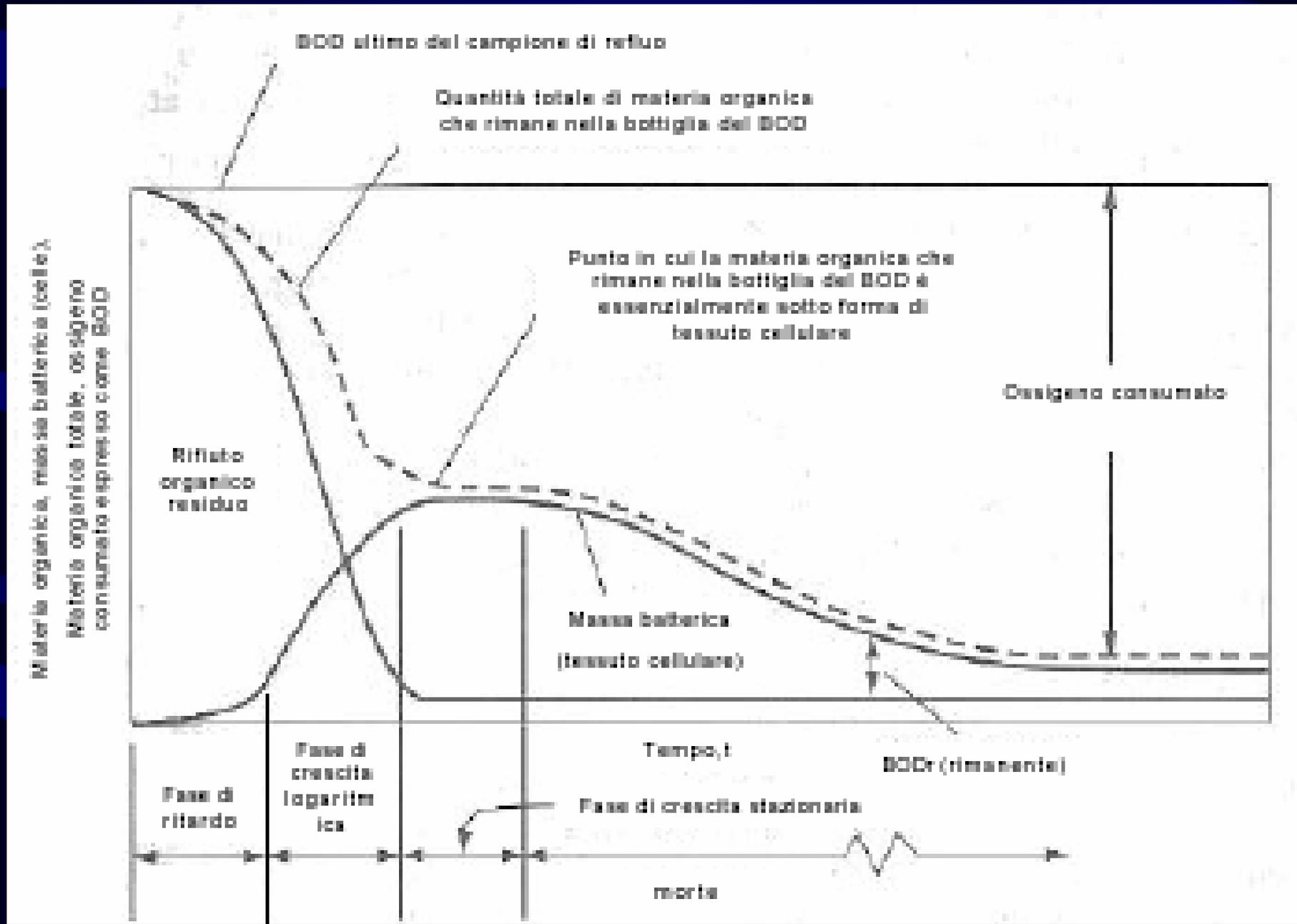
- **proteine:** sono i principali costituenti degli organismi animali. Tutte le proteine contengono **carbonio**, che è l'elemento comune a tutte le sostanze organiche, così come l'ossigeno e l'idrogeno. Possono contenere azoto fino al 16% e in molti casi zolfo, ferro e fosforo.
- **carboidrati:** molto comuni in natura, includono zuccheri, cellulosa e fibre vegetali. Contengono carbonio, idrogeno, e ossigeno. Alcuni sono solubili in acqua e altri no.
- **grassi ed oli:** costituiscono il terzo componente principale del cibo. Sono composti di acidi grassi con alcoli e glicerina.
- **tensioattivi:** grandi molecole organiche poco solubili in acqua e causa di schiume negli impianti di trattamento e nei corsi d'acqua in cui sono scaricati. Derivano principalmente dai detersivi sintetici.
- **composti a basso peso molecolare (VOC):** composti organici che hanno punto di ebollizione = 100°C e/o pressione di vapore $> 1\text{mmHg}$ a 25°C , considerati volatili. Una volta nello stato solido sono molto mobili e possono quindi essere rilasciati facilmente nell'ambiente.
- **pesticidi :** sono molto tossici per qualunque forma di vita.

Misure analitiche

Il contenuto organico in un'acqua viene normalmente quantificato, nel caso della routine, utilizzando tecniche analitiche che determinino complessivamente o diano comunque informazioni sul contenuto globale di queste sostanze nell'acqua. Le determinazioni più utilizzate sono il BOD, il COD ed il TOC.

BOD (Biochemical Oxygen Demand)

Rappresenta la quantità di ossigeno richiesta dai microrganismi aerobi per assimilare e degradare le sostanze organiche presenti nei liquami. La richiesta biochimica di ossigeno è tanto più elevata quanto maggiore è la concentrazione di sostanze organiche presenti nei liquami e quanto maggiore è la velocità con cui sono degradate dai microrganismi.



Misure analitiche

COD (Chemical Oxygen Demand)

Quantità di ossigeno richiesta per ossidare chimicamente, con particolari modalità operative standardizzate le sostanze ossidabili presenti nei liquami: è un indice che individua non solo le sostanze organiche ossidabili biologicamente, ma anche le sostanze organiche non biodegradabili ossidabili solo chimicamente. Si misura in mgO_2/l .

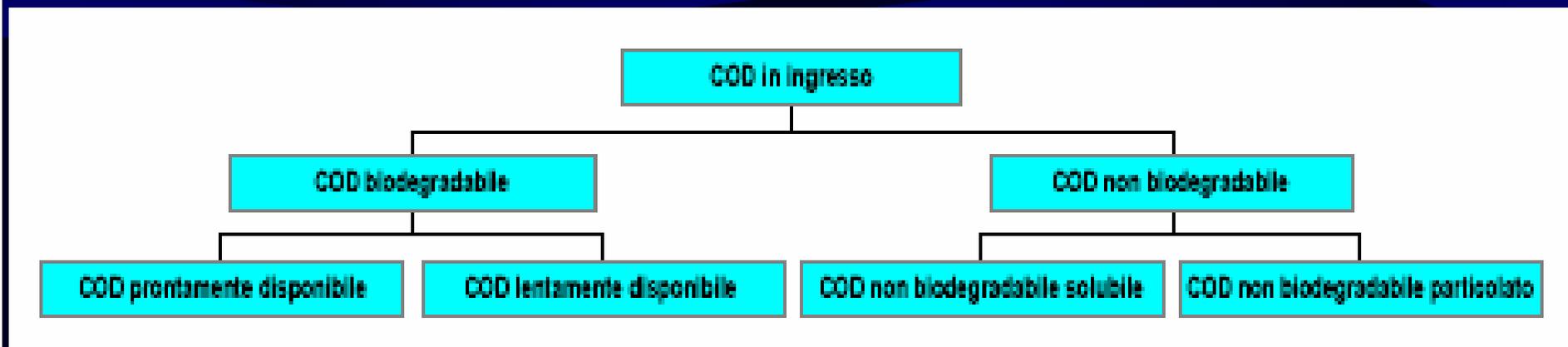
E' un metodo veloce (3 h) basato sulla ossidazione chimica delle sostanze carboniose. L'ossidazione viene condotta ad alta temperatura a riflusso utilizzando bicromato in ambiente acido con H_2SO_4 come ossidante in presenza di catalizzatori quali il solfato d'argento.

BOD e COD sono due misure in stretta connessione. Il rapporto medio tra BOD_5 e COD in un'acqua di scarico domestica va da 0.4 a 0.8.

RBCOD - COD prontamente disponibile (in soluzione) relativo a composti organici a basso peso molecolare quali VFA, zuccheri, alcoli, aldeidi...

SBCOD - COD lentamente biodegradabile (in sospensione o particolato) relativo a sostanze di medio alto peso molecolare ed in sospensione che debbono essere prima adsorbiti sulla biomassa e poi idrolizzati a RBCOD (versione Mamais et al.,) o idrolizzati in soluzione a RBCOD (IAWQ),

NBCOD - COD non biodegradabile relativo a composti recalcitranti che si comportano da puri traccianti negli impianti (sia in soluzione che in sospensione)



IMPIANTO Dimensione (AE)	COD _{tot} (mgCO ₂ /l)	COD (s.d. mg/l)	RBCOD (%COD)	NBCODs (CODs efflu) (%COD)
700	316	207	9	9
2500	416	315	8	6
60000	196	63	5	13
85000	453	222	4	13
100000	393	162	18	15
Acqua reflua tipica*	260	/	12	12

Misure analitiche

TOC (total organic carbon)

La misura del carbonio totale in un'acqua può essere considerata l'analisi più accurata tra quelle presentate. Tuttavia, il fatto che la tecnica è quasi esclusivamente strumentale e relativamente recente, BOD e COD rimangono i metodi più largamente utilizzati per la determinazione del contenuto organico.

La tecnica si basa sull'ossidazione, chimica od ad alta temperatura in corrente di ossigeno, di una quantità nota di campione e successiva determinazione tramite cella ad infrarossi dell'anidride carbonica prodotta. Le interferenze maggiori sono date dalla presenza di carbonati, i quali vengono decomposti a temperature intorno ai 550°C e quindi generano un errore per eccesso nella determinazione del carbonio organico. Ciò può essere evitato tramite opportuni pretrattamenti del campione, ad esempio l'acidificazione a pH 2 prima dell'analisi, in modo da convertire queste sostanze a CO₂ prima dell'analisi. Si misura in mgC/l.

Componenti inorganiche

L'azoto insieme col fosforo rappresenta il nutriente di maggiore importanza per la crescita biologica. Le analisi di azoto sono necessarie per valutare la trattabilità di un'acqua reflua attraverso i processi biologici. Laddove allo scarico sono presenti problemi di crescita algale, l'azoto viene ridotto o rimosso prima dello scarico. L'azoto è presente nelle acque di scarico in diverse forme: azoto organico (25% del totale), ammoniacale (N-NH₄), nitriti (N-NO₂) e nitrati (N-NO₃).

Le determinazioni dell'azoto organico e totale si basano sul metodo di Kjeldahl, ossia la digestione del campione (dopo bollitura per l'eliminazione dell'azoto ammoniacale) con conseguente trasformazione dell'azoto organico in ammonio e successiva titolazione. Quindi l'azoto kjeldhal (TKN) misura sia l'azoto organico che quello ammoniacale: $TKN = N_{org} + N-NH_4$

Componenti inorganiche

Analogamente all'azoto, il fosforo è un elemento fondamentale nella crescita di alghe e altri organismi biologici. Un apporto eccessivo può portare a fenomeni di eutrofizzazione, per cui è fondamentale il controllo nelle acque superficiali dei composti del fosforo derivanti da scarichi civili, industriali e dallo scorrimento superficiale. E' presente nelle acque di scarico sia in forma solubile che particellata ed in forma organica ed inorganica. Il fosforo organico è presente in quantità non superiore in genere al 10% del totale. Il fosforo inorganico è essenzialmente presente come polifosfati e ortofosfati, con ripartizione nelle due forme anche molto variabile durante il giorno. Gli **ortofosfati** possono essere assimilati senza bisogno di trasformazione. La forma predominante nei liquami è HPO_4^{--} , con variazioni che dipendono dal valore di pH.

I **polifosfati** comprendono molecole con due o più atomi di fosforo, ossigeno e in alcuni casi idrogeno. Sono soggetti a processi idrolitici lenti per formare ortofosfati.

Il **fosforo organico** per decomposizione batterica produce ortofosfati

L'ingegneria biochimica

La differenza tra l'ingegneria biochimica e l'ingegneria chimica non risiede nei principi delle operazioni e dei processi unitari bensì nella natura dei sistemi reagenti.

Gli impianti biochimici, infatti, convertono una materia vivente come le cellule o gli enzimi estratti da queste ultime.

L'utilizzo di tali sistemi viventi comporta una scelta dei parametri di funzionamento degli impianti biochimici molto ristretta in quanto essi devono coincidere con quelli della biosfera. Parametri quali temperatura, pH, potenziale redox e ambiente (medium) reagente sono quindi ben definiti.

Glossario

Processi aerobici: processi di trattamento biologico che avvengono in presenza di ossigeno
Processi anaerobici: processi di trattamento biologico che avvengono in assenza di ossigeno

Nitrificazione: processo biologico in cui l'ammoniaca viene convertita prima a nitriti poi a nitrati.

Denitrificazione anossica: processo in cui l'azoto sotto forma di nitrati (NO_3^-) viene convertito biologicamente ad azoto gassoso (N_2) in assenza di ossigeno. Questo processo è anche conosciuto come denitrificazione anaerobica .

Rimozione biologica dei nutrienti: termine applicato alla rimozione di azoto e fosforo nei processi di trattamento biologico

Processi facoltativi: processi di trattamento biologico in cui gli organismi possono essere attivi sia in presenza che in assenza di ossigeno molecolare (microrganismi facoltativi)

Rimozione del carbonio organico (BOD): conversione biologica del materiale organico, contenuto nelle acque reflue, in tessuti cellulari, gas e prodotti finali. In tale processo si assume che tutto l' azoto presente in vari composti, venga convertito in ammoniaca.

Substrato: termine usato per indicare il materiale organico o i nutrienti che sono convertiti durante il processo biologico o che possono essere limitanti nel processo biologico.

Processi a crescita sospesa: processi di trattamento biologico in cui i microrganismi, responsabili della conversione della sostanza organica o di altri componenti delle acque reflue a gas e materiale cellulare, sono mantenuti in sospensione nel mixed liquor .

Processi a crescita adesa: processi di trattamento biologico in cui i microrganismi, responsabili della conversione della sostanza organica o di altri componenti delle acque reflue a gas e materiale cellulare, sono attaccati ad un supporto inerte. I processi di trattamento a crescita adesa sono anche noti come processi su film fissi.

Definizioni

La cellula. Le cellule sono la più piccola unità di vita. Esse possono interagire tra loro (organismi multicellulari) o essere completamente indipendenti (o. unicellulari). Strutturalmente la cellula può contenere il citoplasma (sistema colloidale formato da molecole organiche più piccole e sali inorganici in soluzione circondato da una membrana permeabile) attraverso cui si hanno fenomeni di trasporto in-out. I cromosomi, che trasmettono le informazioni genetiche da una generazione all'altra, sono, nella maggior parte delle cellule, circondati da una membrana a formare un nucleo. Le cellule in cui esiste tale nucleo sono definite eucariote. Vi sono poi altre strutture intracellulari che servono per attività specifiche.

Nell'ambito dell'ing. biochimica sono molto importanti tre tipi di microorganismi: batteri, alghe e funghi.

I batteri. I batteri sono organismi uni-cellulari le cui dimensioni sono in media comprese tra 0.5 e 20 μm . La loro forma dipende da quella delle pareti cellulari e può essere sferica, ovoidale, a spirale o a filamento. Il citoplasma dei batteri spesso contiene materiale di supporto come carboidrati e lipidi. Questi microorganismi si muovono grazie ad uno o più flagelli. In condizioni ambientali avverse molti batteri producono delle spore che possono resistere in condizioni estremamente avverse e che possono germinare una volta ripristinato un ambiente idoneo.

Le alghe. Esse sono organismi fotosintetici la cui grandezza può arrivare fino a diverse decine di metri. Sono organismi molto importanti nei processi di depurazione biologica poiché consumano nutrienti e forniscono ossigeno.

I funghi. Questi organismi non possiedono clorofilla per cui hanno bisogno di molecole organiche complesse come nutrienti. Essi sono parassiti oppure crescono su materiale organico morto.

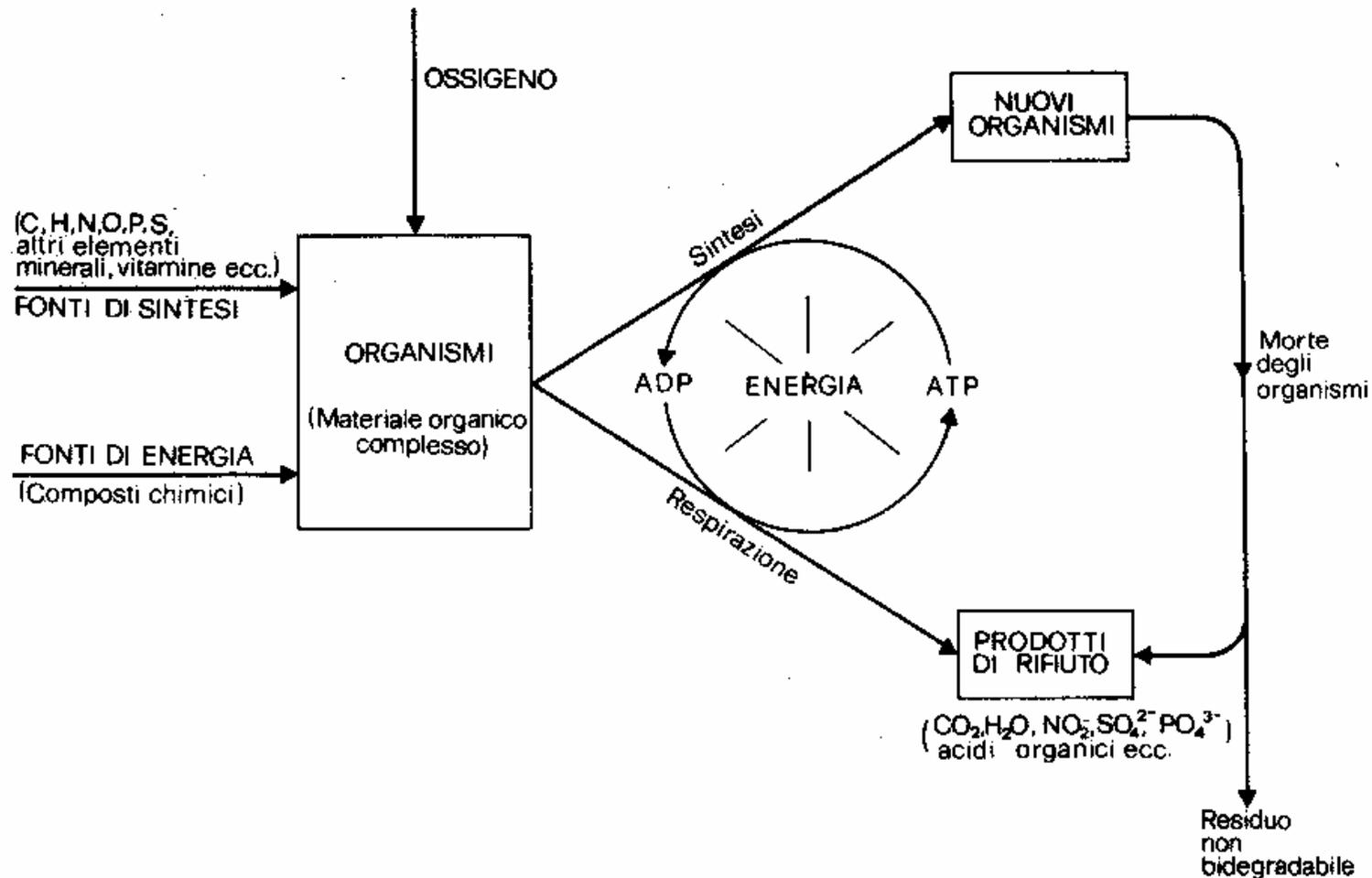
I virus. Questi hanno dimensioni al di sotto della soglia dei microscopi leggari, non possiedono una struttura cellulare e sono composti prevalentemente da acidi nucleici circondati da una guaina proteica. Essi vivono come parassiti all'interno di altri organismi come i batteri. In questo caso essi sono batteriofagi se portano alla morte della cellula ospite. Vi sono casi in cui la cellula ospite vive e si riproduce per generazioni prima che il virus l'attacchi.

CLASSIFICAZIONE DEI MICROORGANISMI

Classificazione degli organismi sulla base delle fonti di carbonio ed energia

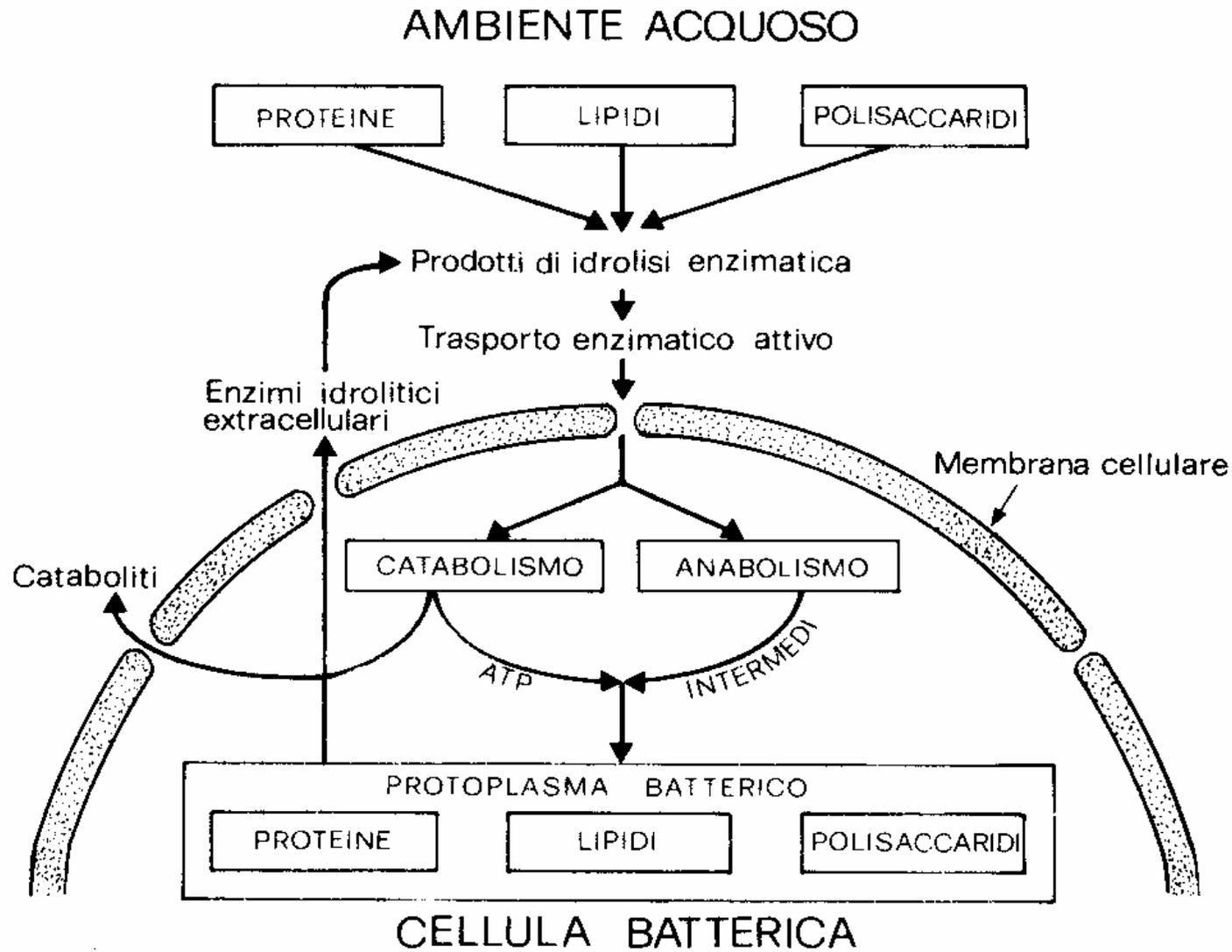
Fonte di carbonio	Fonte di energia	
	<i>Chimica</i>	<i>Luce</i>
Composti organici	Chemoeterotrofi (animali superiori, protozoi, funghi e maggior parte dei batteri)	Fotoeterotrofi (alcuni batteri, alcune alghe eucariote)
Anidride carbonica	Chemoautotrofi (alcuni batteri)	Fotoautotrofi (piante superiori, alghe eucariote, alghe blu-verdi ed alcuni batteri)

II METABOLISMO BATTERICO AEROBICO



Rappresentazione globale del metabolismo aerobico con le connessioni tra catabolismo e anabolismo.

II TRASPORTO CELLULARE



Demolizione e sintesi delle macromolecole organiche dalla sostanza inerte alla biomassa vivente

Tecnologie utilizzate nel campo del trattamento dei reflui liquidi

I processi di depurazione biologica che avvengono in bioreattori sono controllati e pilotati tecnologicamente al fine di ottenere determinati obiettivi. In caso di trattamento di liquami organici, tali obiettivi sono la **rimozione di alcune forme di inquinanti definibili in termini di sostanza organica, solidi sospesi, azoto, fosforo o di alcuni metalli pesanti come, ad esempio, mercurio o piombo**. Le sostanze inquinanti rimosse dalla linea liquami vanno a concentrarsi nella biomassa batterica e nei fanghi che si vanno producendo, i quali possono a loro volta essere sottoposti a processi biologici per risolvere alcuni problemi come la riduzione del loro volume, della putrescibilità o del contenuto di enterobatteri e virus.

Processi di trattamento

TIPO DI PROCESSO	NOME COMUNE	UTILIZZO
Processi aerobici		
crescita sospesa	processi a fanghi attivi	rimozione del carbonio come BOD
	nitrificazione a crescita sospesa	nitrificazione
	lagune aerate	rimozione carbonio e nitrificazione
	digestione aerobica	stabilizzazione, rimozione del carbonio come BOD
crescita adesa	filtri percolatori	rimozione carbonio come BOD e nitrificazione
	biodischi (rotating biological contactors, RBC)	rimozione carbonio e nitrificazione
	reattori a letto impaccato	rimozione carbonio e nitrificazione
Processi anossici		
crescita sospesa	denitrificazione a crescita sospesa	denitrificazione
crescita adesa	denitrificazione su film fisso	denitrificazione
Processi anaerobici		
crescita sospesa	digestione anaerobica	stabilizzazione e rimozione del carbonio
crescita adesa	processo anaerobico su filtri	stabilizzazione del fango e rimozione del carbonio
	reattori a letto espanso	stabilizzazione del fango e rimozione del carbonio

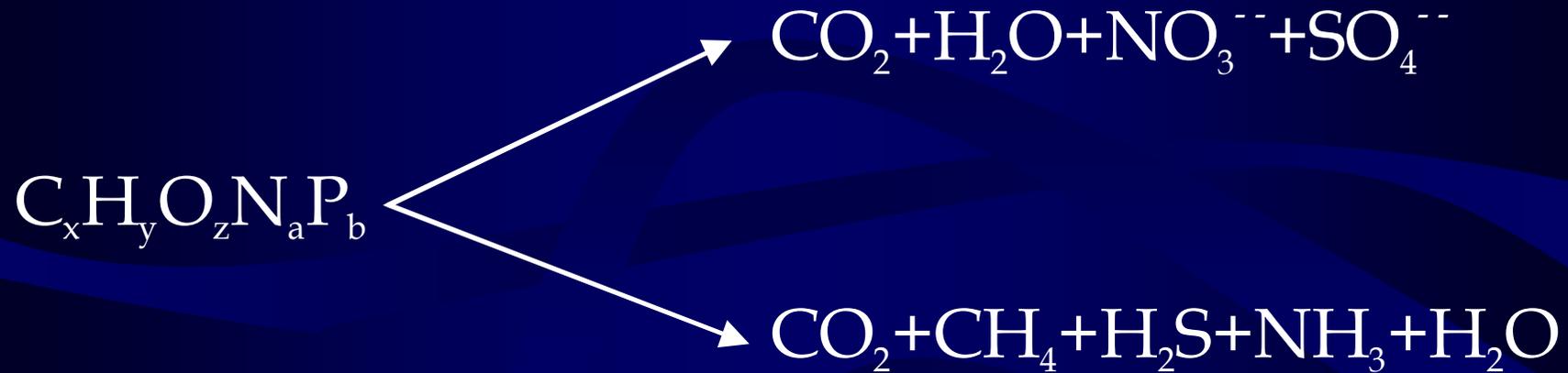
Processi fisici

Sono processi con i quali si eliminano i solidi sospesi.

Essi sono:

- Triturazione
- Grigliatura
- Dissabbiatura
- Sedimentazione
- Filtrazione
- Flottazione
- Coagulazione/sedimentazione

Processi biologici

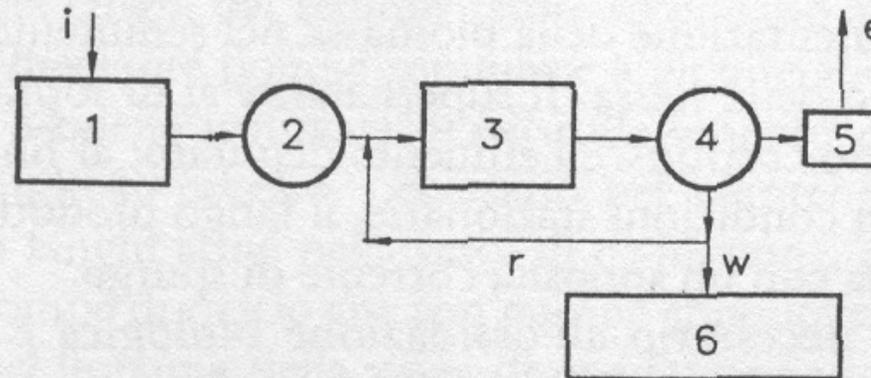


Il metabolismo batterico è un insieme di reazioni biochimiche operate dai batteri sia per ottenere energia utilizzando l'inquinamento come combustibile (catabolismo) sia per produrre biomassa (anabolismo). Il catabolismo può avvenire sia in ambiente aerobico che anaerobico.

In definitiva, si sfruttano la bioflocculazione per rimuovere le sostanze sospese e il metabolismo batterico per l'eliminazione delle sostanze solubili.

Processi biologici

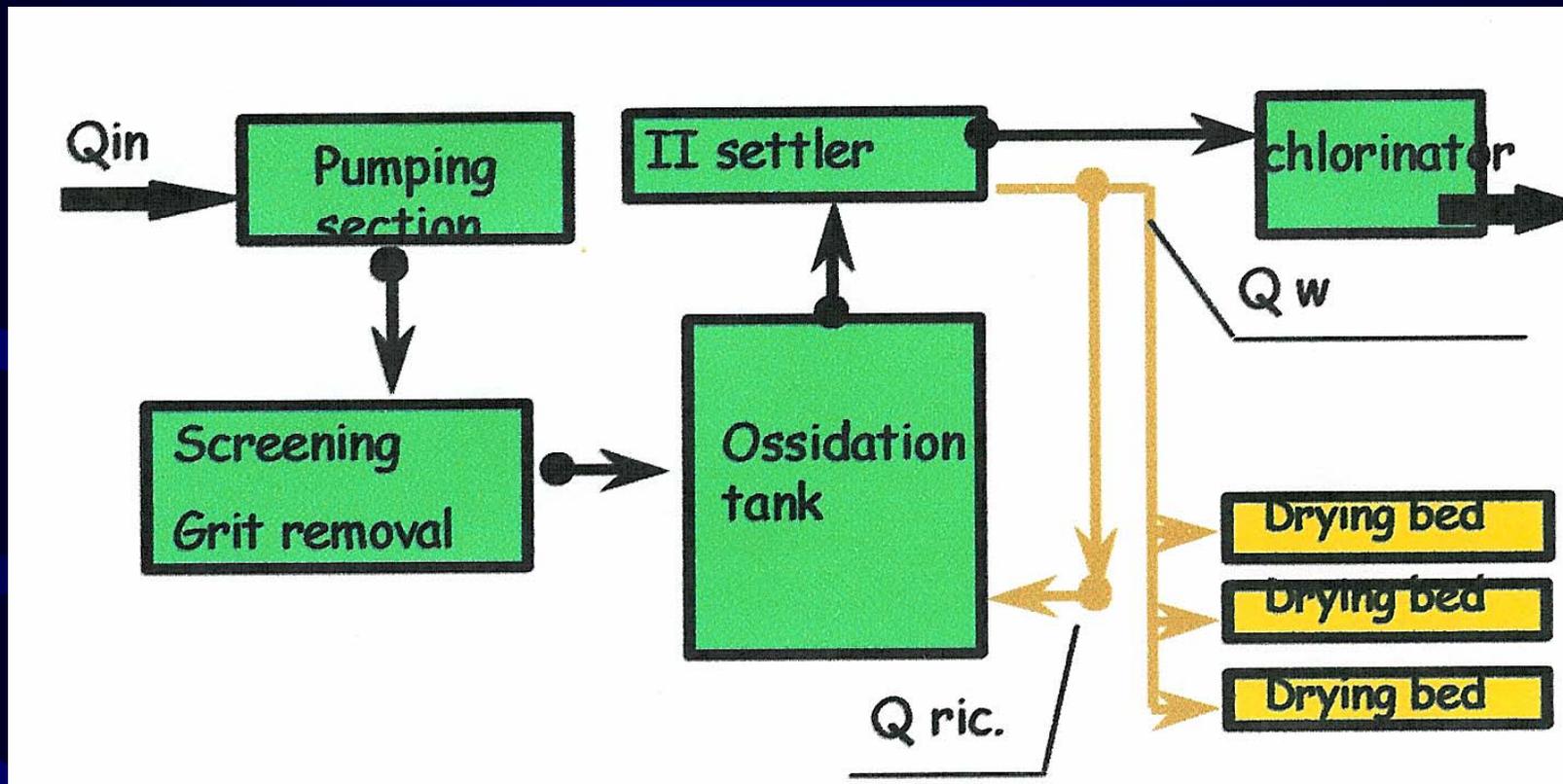
Schema di trattamento biologico convenzionale



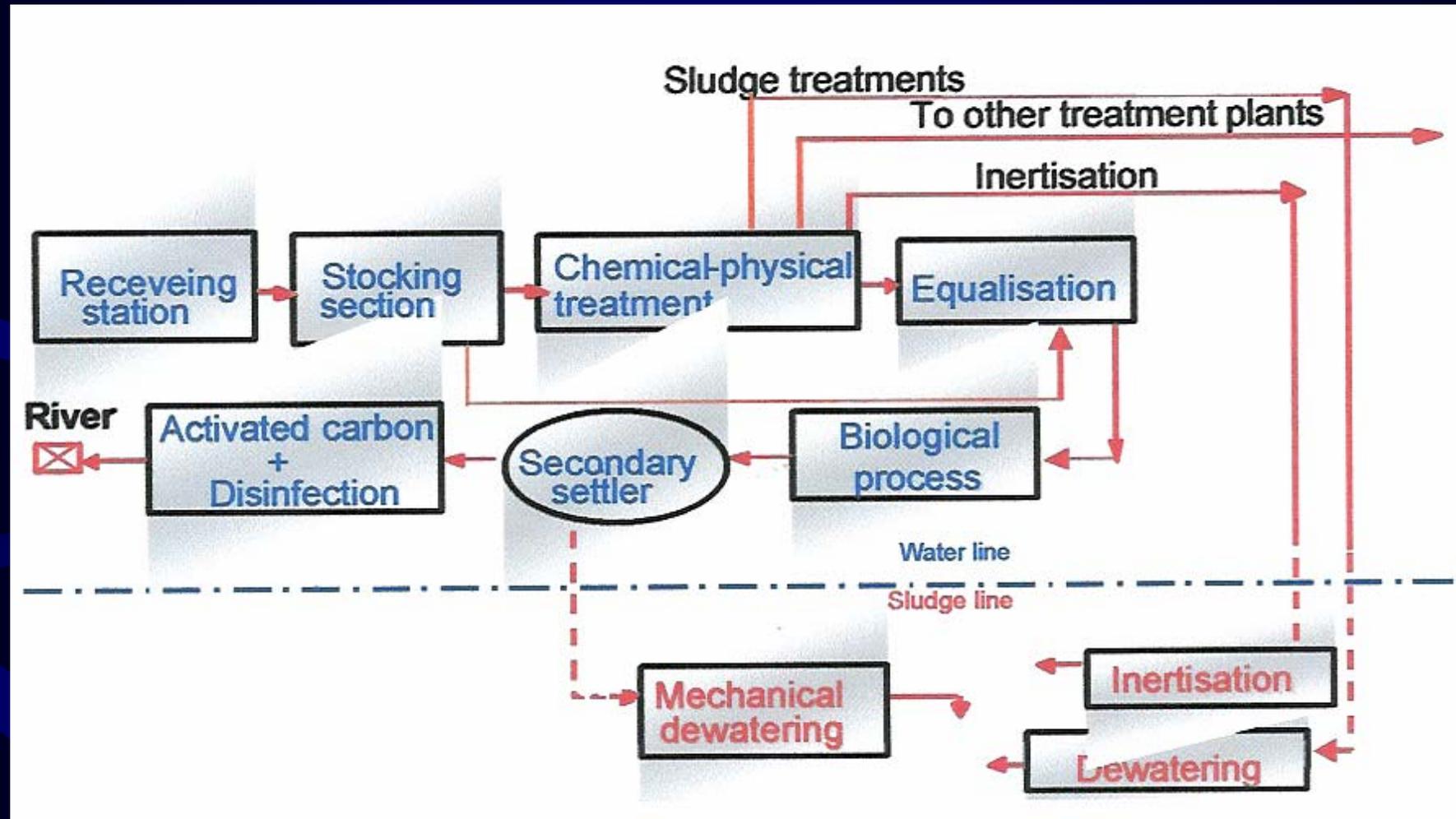
Legenda: i : influente; e : effluente; r : ricircolo dei fanghi; w : fanghi di spurgo; 1: trattamenti preliminari; 2: sedimentatore primario; 3: reattore biologico; 4: sedimentatore secondario; 5: disinfezione; 6: trattamento e smaltimento dei fanghi di risulta.

Lo schema di processo convenzionale di depurazione delle acque di scarico urbane prevede trattamenti preliminari (grigliatura, dissabbiatura, deolazione, equalizzazione, omogeneizzazione, neutralizzazione) e sedimentazione primaria per rimuovere solidi pesanti e materiale flottabile, seguiti da trattamenti biologici per la rimozione delle sostanze organiche disciolte e allo stato colloidale.

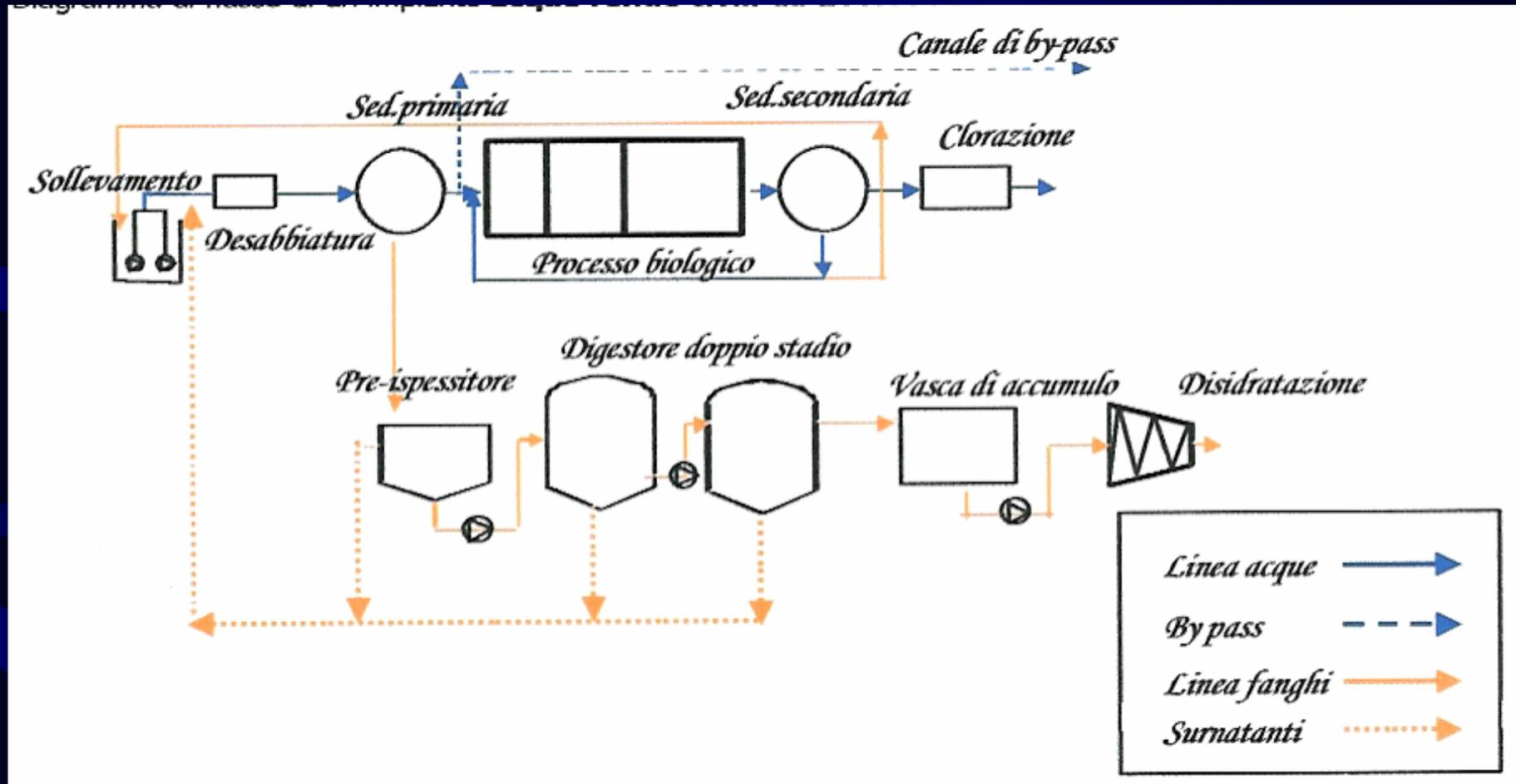
Processi biologici



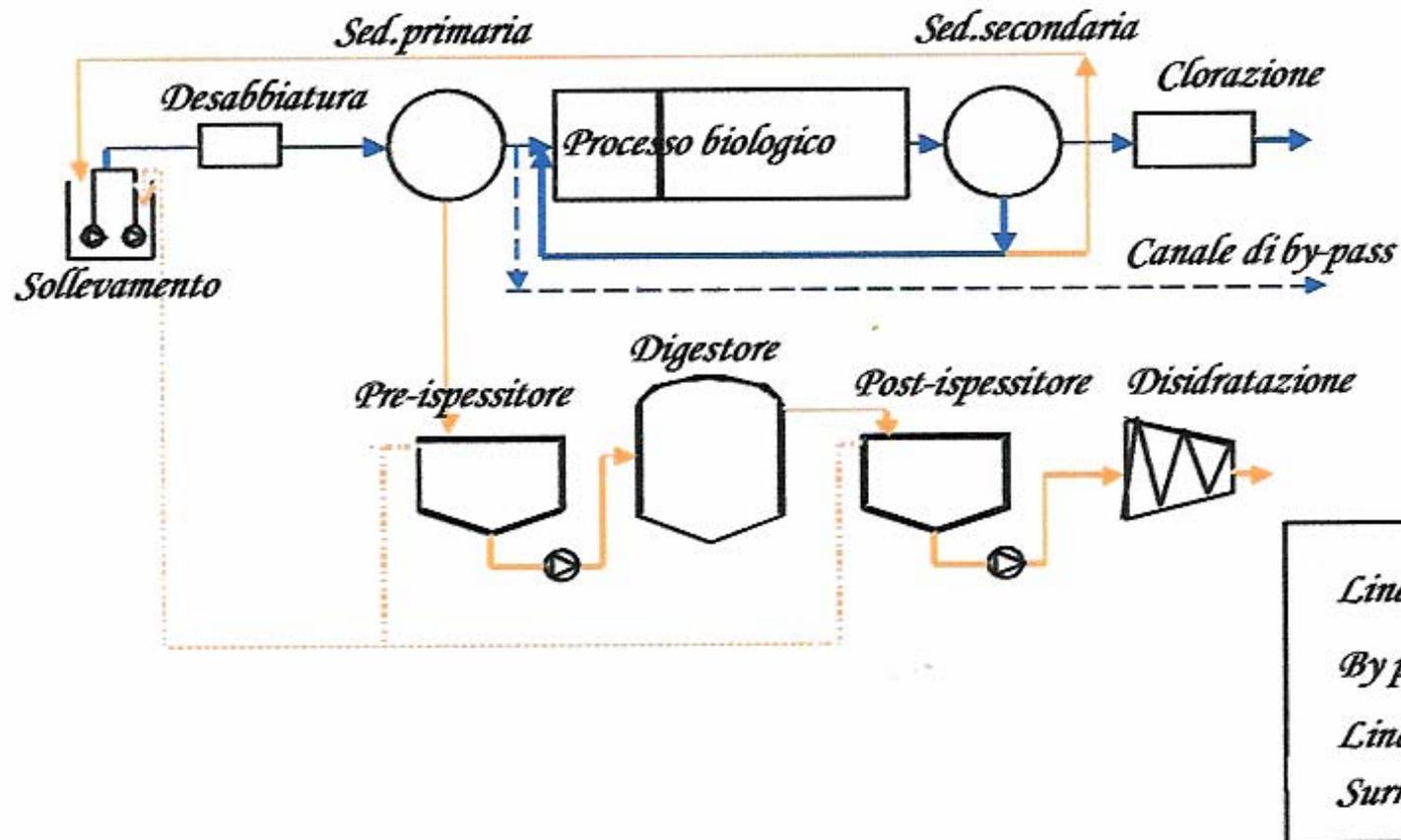
Processi biologici



Processi biologici



Processi biologici



Reattori biologici

Nei processi di trattamento delle acque reflue è necessario tener conto delle apparecchiature all'interno delle quali si vogliono realizzare le reazioni di abbattimento del substrato e in cui cresce la coltura dei microrganismi. Tali apparecchiature o unità di trattamento prendono il nome di **reattori biologici**.

La presenza o meno di idonei supporti su cui possono svilupparsi le colonie batteriche determina una prima distinzione tra **reattori a biomassa sospesa** (in cui la biomassa risulta appunto sospesa nell'effluente che verrà sottoposto al trattamento) e **reattori a biomassa adesa** (in cui la biomassa si sviluppa formando un sottile strato di biofilm attorno al supporto). Tenendo conto di questa differenza nel tipo di processo, ulteriori diversificazioni possono essere fatte basandosi sulla modalità di alimentazione del substrato o su quelle costruttive e impiantistiche. Le diverse tipologie di reattori possono essere utilizzate separatamente o, in alcuni casi, far parte di un sistema più ampio in cui ognuno di essi ha uno specifico ruolo.

<i>Tipo di reattore</i>	<i>Modalità di processo</i>	<i>Applicazioni e note</i>
Batch	Biomassa sospesa e adesa	I II Test BOD, alta efficienza di rimozione di costituenti di un singolo refluo
Continous stirred tank reactor (CSTR)	Biomassa sospesa e adesa	Digestione anaerobica di fanghi e rifiuti concentrati, lagunaggio.
Plug-Flow Reactor (PFR) Letto fisso	Biomassa sospesa e adesa Biomassa adesa	Processo a fanghi attivi per reflui urbani e industriali, nitrificazione. Trattamento aerobico e anaerobico di reflui urbani e industriali, nitrificazione, denitrificazione.
Letto fluidizzato	Biomassa adesa	Trattamento aerobico di reflui a bassa concentrazione di BOD, biodegradazione composti organici tossici, trattamento anaerobico, denitrificazione.
Biodischi	Biomassa adesa	Trattamento aerobico di rifiuti urbani e industriali, nitrificazione.