

**UNIVERSITA' DI PAVIA**

**DIPARTIMENTO DI MATEMATICA**

**PERCORSO ABILITANTE SPECIALE**

Classe di abilitazione A059

**ELABORATO FINALE**

**Trattamento delle acque reflue**

*Candidato: Elena Marini*

*Matricola: 425212*

*Relatore: Dr.ssa Maria Rosalia Pasca*

**Anno Accademico 2013 / 2014**

# INDICE

1	INDICE.....	1
2	INTRODUZIONE .....	2
3	PERCORSO DIDATTICO.....	3
3.1	ANALISI DEL CONTESTO.....	3
3.2	PRECONOSCENZE.....	3
3.3	QUESTIONARIO INIZIALE .....	4
3.4	OBIETTIVI .....	4
3.5	STRATEGIE DIDATTICHE .....	5
3.6	CONTENUTI .....	7
3.7	NOVITA' PER IL FUTURO.....	18
3.8	VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO.....	19
4	CONCLUSIONI.....	21
5	BIBLIOGRAFIA .....	22

# 1 INTRODUZIONE

L'acqua è l'elemento attorno al quale si sono organizzate tutte le civiltà: le prime forme di organizzazione sociale su grande scala sono infatti legate all'uso dell'acqua in agricoltura o come mezzo di trasporto. L'acqua interviene, in maniera evidente, in tutti i processi biologici, giocando un ruolo fondamentale in tutte le attività umane, nell'agricoltura, nell'industria. Inoltre è un elemento importante per il paesaggio, il turismo ed il tempo libero e spesso anche per la produzione di energia elettrica.

Nonostante ciò, tra gli ecosistemi naturali, quelli acquatici sono tra i più minacciati dalle trasformazioni che l'uomo ha prodotto; la cresciuta urbanizzazione nelle aree limitrofe ai fiumi e le industrie che si estendono sempre di più, scaricando nelle acque grandi quantità di sostanze inquinanti e pericolose, hanno creato ambienti poco funzionali da un punto di vista ecologico. Oggi la natura non riesce più da sola a rigenerare le sue acque. Dobbiamo aiutarla trattando e depurando, con tecnologie moderne e sicure, le acque sporche prima che vengano immesse nei fiumi e nei mari. Gli impianti di depurazione svolgono questo compito, "pulendo" e restituendo alla natura le acque sporche e inquinate che provengono dagli insediamenti civili e industriali.

Negli ultimi anni l'enorme crescita della domanda di acqua e la pressione esercitata in vari modi sull'ambiente naturale del fiume ha fatto aumentare i disequilibri ambientali, ma anche crescere la consapevolezza della tutela e del rispetto di questa risorsa e del suo ecosistema. Si sta, quindi, facendo strada il concetto di "sviluppo sostenibile", che considera l'ambiente fluviale come un valore oltre che come una risorsa.

E' necessario, perciò, coinvolgere gli alunni in un percorso didattico che permetta loro di prendere coscienza del valore della risorsa dell'acqua e delle valenze dell'ambiente fluviale del loro territorio. Per raggiungere questo obiettivo si può analizzare la realtà di un impianto di depurazione delle acque reflue, dal momento che il depuratore è un punto di osservazione importante, perché mette in luce i rapporti che legano l'inquinamento delle acque con i comportamenti umani e dimostra quanto alcune abitudini scorrette siano la causa diretta di molte forme di inquinamento. Infatti, i rifiuti buttati erroneamente negli scarichi dell'acqua e non nella spazzatura (come prodotti chimici, plastica, vernici, oli, etc.) inquinano l'ambiente e non permettono ai depuratori di funzionare.

## 2 PERCORSO DIDATTICO

Il percorso didattico presentato in questa tesi riguarda il trattamento delle acque reflue ad opera di microrganismi, prendendo in considerazione come caso reale il depuratore di Robecco sul Naviglio.

Verranno dapprima esaminati alcuni aspetti generali: analisi del contesto classe, preconoscenze degli alunni, questionario iniziale da sottoporre agli studenti, obiettivi prefissati e strategie didattiche intraprese. Successivamente verranno presentati in dettaglio gli argomenti da affrontare durante le lezioni ed infine le tipologie di verifiche da adottare per valutare il livello di apprendimento raggiunto.

### 2.1 ANALISI DEL CONTESTO

Questo percorso didattico è stato progettato per una classe terza di una scuola secondaria di primo grado, in accordo con la programmazione didattica normalmente proposta ad alunni di questa età e in accordo con le preconoscenze indicate di seguito.

### 2.2 PRECONOSCENZE

Gli alunni devono conoscere il significato dei seguenti concetti:

- **Ciclo dell'acqua:** processo continuo di cambiamenti di stato messo in azione dall'energia solare e che permette il continuo "riciclo" dell'acqua.
- **Acque reflue:** liquidi che provengono da scarichi domestici o da fonti industriali che, contenendo sostanze da eliminare o sostanze tossiche, non possono essere scaricate come tali in laghi o fiumi.
- **Trattamento delle acque:** successione di più fasi (o processi) durante i quali dalle acque reflue vengono rimosse le sostanze indesiderate, in modo da poter riutilizzare le acque per rilasciarle in fiumi e torrenti o per immetterle negli impianti di depurazione dell'acqua potabile.
- **Microrganismi:** organismi viventi aventi dimensioni tali da non poter essere visibili ad occhio nudo.
- **Composti inorganici:** composti che non contengono atomi di carbonio (ad eccezione del monossido e del biossido di carbonio, dell'acido carbonico e dei suoi sali).

- **Composti organici:** composti in cui uno o più atomi di carbonio sono uniti tramite legame covalente ad atomi di altri elementi (in genere idrogeno, ossigeno e azoto).
- **Reazione di ossidazione:** è una processo chimico che consiste nella reazione di un sostanza con l'ossigeno.
- **Aerobiosi:** condizione di vita in ambiente in cui è presente ossigeno.
- **Anaerobiosi:** condizione di vita in ambiente privo di ossigeno.

## 2.3 QUESTIONARIO INIZIALE

Agli alunni viene proposto un questionario che serve da stimolo iniziale per richiamare alcune conoscenze già possedute e far emergere la necessità di affrontare e approfondire gli argomenti, mentre al docente permette di verificare il grado di sviluppo delle abilità comportamentali e cognitive in termini di potenzialità e carenze del singolo e del gruppo classe nel suo insieme:

- Dove viene raccolta l'acqua che scorre nei rubinetti e nei servizi igienici?
- Posso buttare dei rifiuti (come cotton fioc, oli minerali, vernici, prodotti chimici, plastica, etc.) negli scarichi dell'acqua?
- L'acqua è una risorsa illimitata?
- Quanta acqua consuma ciascuno di noi ogni giorno?
- Si usa più acqua facendo una doccia o un bagno?
- Quando lavi i denti chiudi il rubinetto dell'acqua o lo lasci aperto?
- Cosa vuol dire "depurare" l'acqua?
- Cosa sono i depuratori e a cosa servono?

## 2.4 OBIETTIVI

Gli obiettivi formativi e specifici di apprendimento che si intendono raggiungere sono:

- Descrivere il destino delle acque reflue degli scarichi domestici e industriali.
- Descrivere i processi che avvengono all'interno di un depuratore ed il loro significato.
- Diventare consapevoli delle problematiche relative al proprio ambiente.
- Rispettare l'ambiente, conservarlo, cercare di migliorarlo, ricordando che è un patrimonio a disposizione di tutti.

- Comprendere l'importanza della risorsa dell'acqua.
- Mettere in discussione atteggiamenti e comportamenti individuali per migliorarli.

## **2.5 STRATEGIE DIDATTICHE**

Oltre alle lezioni frontali e a discussioni di gruppo incentrate sulla tecnica del “problem solving” sono previste attività operative e progettuali al fine di stimolare e rendere più produttivo l'apprendimento dei contenuti, oltre che di educare al rispetto dell'ambiente e di far acquisire agli alunni atteggiamenti idonei e coerenti. Inoltre attività di questo tipo permettono a tutti gli alunni di trasformarsi da spettatori di lezioni frontali ad attori protagonisti del processo di “costruzione” del loro sapere e della loro personalità.

Queste attività prevedono di:

- Ad inizio percorso chiedere agli alunni di procurarsi la bolletta dell'acqua della propria abitazione e di calcolare il consumo medio pro-capite mensile.
- Visitare un depuratore di zona (Robecco sul Naviglio).
- In occasione dell'uscita didattica al depuratore, far prelevare agli alunni dei campioni d'acqua in entrata e in uscita dal depuratore. In classe condurre analisi dei principali parametri chimici, fisici e biologici.
- Preparare un cartellone che raccolga le conoscenze acquisite, utilizzando anche le fotografie scattate durante la visita e aggiungendo una lista di consigli preziosi per salvaguardare e non sprecare l'acqua.
- Al termine del percorso far realizzare agli alunni delle presentazioni multimediali in aula informatica, ripensando ai concetti appresi ed illustrando poi in classe il lavoro ai compagni.

Vista l'ampia possibilità di proposte pratiche, si prevede una durata del percorso indicativamente di due mesi.

Le lezioni frontali e le attività pratiche verranno svolte con il supporto di ausili cartacei (libri di testo, fotocopie di approfondimento, schemi e mappe), audiovisivi e multimediali (brevi filmati).

Per svolgere le analisi chimiche sui campioni di acqua raccolti in prossimità del depuratore, verranno utilizzati i seguenti kit:

- kit per la determinazione dei fosfati: ad alte concentrazioni i fosfati stimolano la crescita degli organismi acquatici vegetali che possono essere causa di

eutrofizzazione di laghi e fiumi. Ciò rende importante il monitoraggio dei fosfati scaricati nell'ambiente.

- kit per la determinazione dei nitrati: elevate quantità di nitrati sono molto dannose per la salute e pertanto la loro concentrazione deve essere monitorata.
- kit per la determinazione dell'ammoniaca: l'ammoniaca è un importante parametro della qualità delle acque. Infatti nelle acque sotterranee solitamente il livello di ammoniaca è determinato dalla decomposizione batterica di piante e animali, mentre nelle acque di superficie l'apporto di ammoniaca è principalmente dovuto a scarichi civili e industriali.
- kit per la determinazione dell'ossigeno disciolto: l'ossigeno disciolto è essenziale per lo sviluppo e la crescita della vita acquatica. Senza ossigeno l'acqua può diventare tossica a causa della decomposizione anaerobica dei materiali organici.

Riguardo le analisi chimiche, verrà valutato anche il pH con una cartina tornasole.

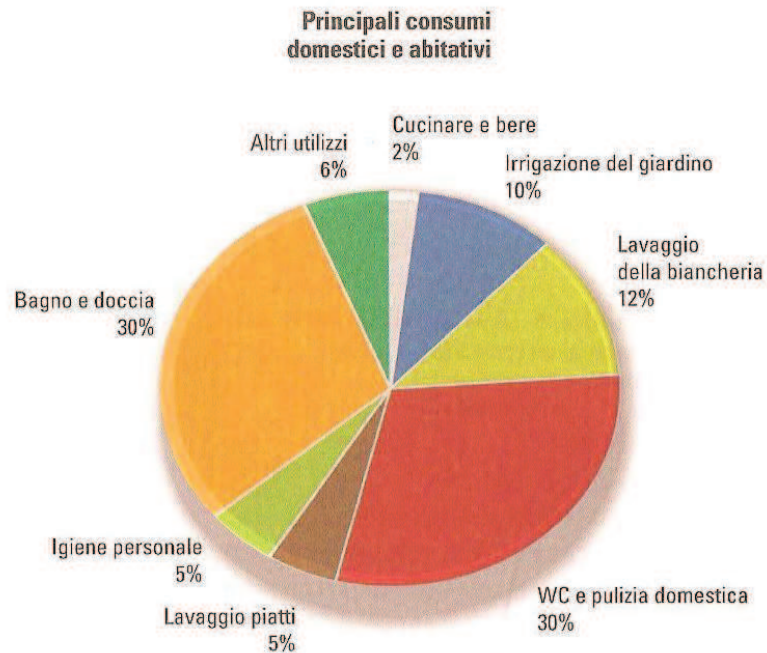
Riguardo le analisi fisiche, invece, verranno valutati l'odore, il colore e la presenza di schiume, mentre per l'analisi biologica si procederà alla ricerca di alcuni invertebrati collegati all'inquinamento con l'uso di un microscopio ottico.

## **2.6 CONTENUTI**

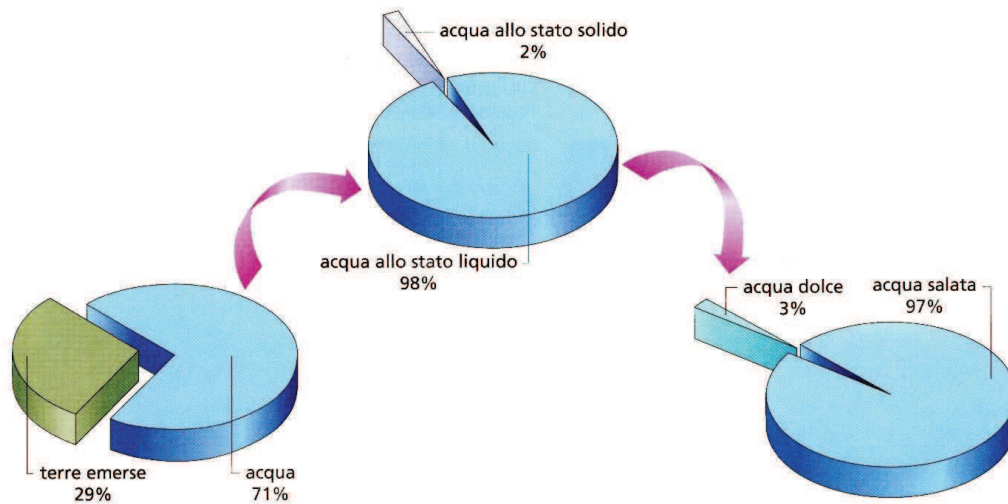
L'acqua è un elemento essenziale per la vita. Per rendersene conto basta pensare agli innumerevoli usi a cui la destiniamo nella nostra vita quotidiana, come mostrato in Figura 1.

Ma l'acqua non è solo una risorsa che soddisfa i bisogni fondamentali degli esseri viventi, è anche la chiave dello sviluppo perché sostiene l'agricoltura, la pesca, la produzione di energia, l'industria, i trasporti e il turismo.

L'acqua rappresenta il 71% della superficie terrestre. Di questo 71% il 98% è allo stato liquido, mentre il restante 2% è allo stato solido (calotte polari e ghiacciai continentali). Il 97% dell'acqua allo stato liquido è salata (mari e oceani) e solo il 3% è dolce (fiumi, laghi e acque sotterranee) come rappresentato nella Figura 2.



*Figura 1: Principali consumi domestici e abitativi.*



*Figura 2: distribuzione dell'acqua sul pianeta.*

L'acqua salata, pur costituendo la percentuale prioritaria, non può essere usata direttamente per i seguenti scopi:

- usi civili, perché non deterge e non fa schiuma;
- usi industriali, perché incrosta, corrode e distrugge impianti e tubazioni;

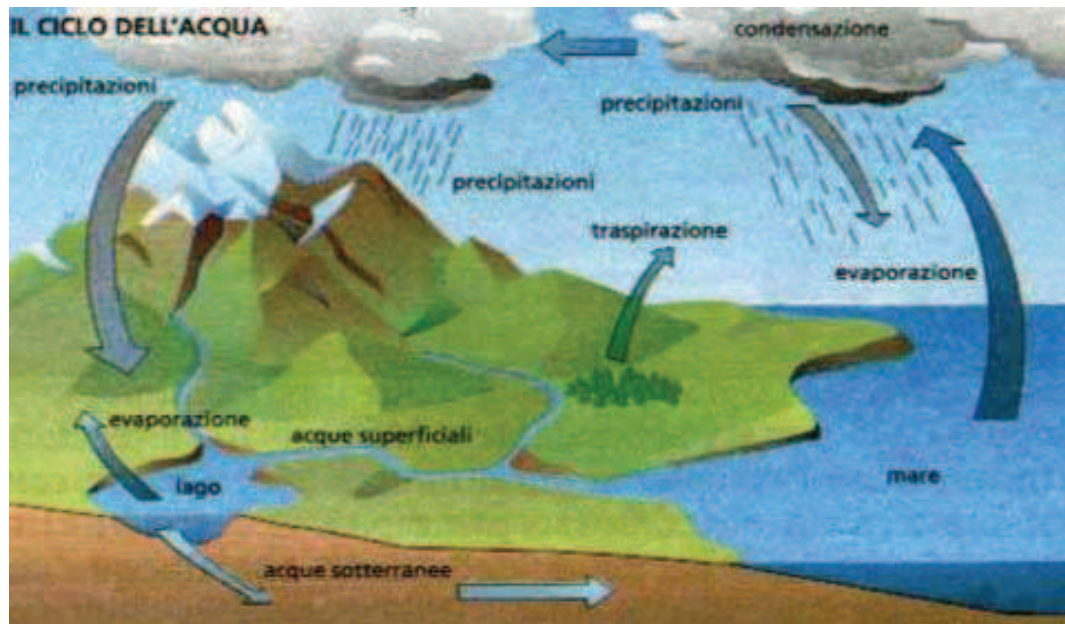


- usi agricoli, perché è tossica per quasi tutte le piante.

Prima dell'utilizzo occorre sottoporla a un processo di dissalazione in modo da renderla dolce. Perciò, per le sue necessità, l'uomo utilizza soprattutto il 3% di acque dolci, costituito dalle acque sotterranee, sorgive e superficiali dei fiumi e dei laghi. Nel caso di acque sotterranee profonde o di quelle sorgive di montagna, bisogna predisporre processi di sterilizzazione mediante aggiunta di basse dosi di cloro in modo da distruggere eventuali batteri patogeni. Solo in questo modo l'acqua può essere definita potabile. L'acqua è definita potabile se è: trasparente, di odore e sapore gradevoli, biologicamente pura, cioè priva di microrganismi patogeni, chimicamente pura, cioè priva di metalli o altre sostanze inorganiche dannose per la salute e con una quantità di sali compresa in un certo intervallo di valori. Nel caso invece di fiumi e laghi, l'acqua viene sottoposta a un trattamento di potabilizzazione, che prevede più fasi di lavoro.

A questa ridotta disponibilità di acqua effettivamente utilizzabile si aggiunge un aumento di consumo di acqua dolce nel mondo a causa del forte incremento demografico, dell'alto sviluppo urbano e dell'enorme progresso industriale. Nel XX secolo il consumo di acqua dolce nel mondo è aumentato di 6 volte, ad un ritmo che non può essere sostenuto dalle risorse di acqua disponibili sul pianeta. Se la crescita del fabbisogno d'acqua si mantiene tale si prevede che nel 2025 circa 3,5 miliardi di persone si troveranno in condizioni di grave mancanza d'acqua. Già oggi il 40% della popolazione africana non è in grado di accedere all'acqua potabile e ogni giorno sul nostro pianeta circa 6000 bambini muoiono a causa delle malattie dovute all'uso di acque contaminate da batteri e virus.

Dobbiamo perciò considerare l'acqua una risorsa preziosa e vitale, non inesauribile e che quindi va preservata da ogni tipo di inquinamento, risparmiata, usata con oculatazza e riutilizzata. Riguardo quest'ultimo aspetto, in natura esiste già un meccanismo che permette un riciclo dell'acqua in modo continuo (Figura 3). Infatti l'acqua presente sulla superficie terrestre (mari, laghi, fiumi), per azione del calore del Sole, viene costantemente reimpressa nell'atmosfera come vapore acqueo e, grazie alla condensazione e alle precipitazioni atmosferiche, ritorna sulla Terra sotto forma di pioggia o di neve, andando ad alimentare le acque superficiali e quelle sotterranee.



*Figura 3: il ciclo dell'acqua.*

L'uomo, invece, riutilizza l'acqua mediante il trattamento delle acque reflue. Le acque reflue si possono classificare in base alla loro origine in quattro gruppi:

- **Acque reflue domestiche:** acque reflue provenienti da insediamenti di tipo residenziale e da servizi e derivanti prevalentemente dal metabolismo umano e da attività domestiche. Le sostanze provenienti dalle deiezioni umane contengono composti organici fra cui cellulosa, lipidi, sostanze proteiche, urea, acido urico e glucidi.
- **Acque reflue industriali:** qualsiasi tipo di acque reflue provenienti da edifici od installazioni in cui si svolgono attività commerciali o di produzione di beni. Le caratteristiche di tali reflui sono variabili in base al tipo di attività industriale e possono contenere sostanze inorganiche tossiche pericolose per l'ambiente.
- **Acque reflue urbane:** il miscuglio di acque reflue domestiche, di acque reflue industriali, e/o di quelle cosiddette di ruscellamento (meteoriche di dilavamento, acque di lavaggio delle strade, ecc.) convogliate in reti fognarie, anche separate, e provenienti da agglomerato; le acque di ruscellamento contengono varie sostanze microinquinanti, quali idrocarburi, pesticidi, detersivi, detriti di gomma.
- **Acque reflue industriali assimilabili alle domestiche:** acque reflue provenienti da installazioni commerciali o produttive che per legge oppure per particolari requisiti qualitativi e quantitativi, possono essere considerate come acque reflue domestiche.

Le sostanze organiche e inorganiche presenti nelle acque reflue sono diverse:

- **Sostanze galleggianti:** sono oli, grassi, schiume e, in generale, i composti insolubili più leggeri dell'acqua.
- **Sostanze sospese:** sono quelle insolubili di densità uguale o superiore a quella dell'acqua. Tali sostanze si suddividono in sedimentabili e non sedimentabili: le prime sono solide e più pesanti dell'acqua e perciò vanno facilmente a fondo, le seconde in parte galleggiano e in parte restano nel liquido.
- **Sostanze colloidali:** costituite da particelle di dimensioni tali ( $10^{-7}$  -  $10^{-5}$  cm) da non poter essere separate dall'acqua con alcun trattamento meccanico.
- **Sostanze disciolte:** sostanze omogeneamente disperse nell'acqua.
- **Materiali biologici:** sono rappresentati dai microrganismi presenti nell'acqua. Fra i microrganismi ritroviamo batteri (ad esempio *Escherichia coli*, Figura 4), muffe (ad esempio *Aspergillus*, Figura 4), protozoi (ad esempio Amebe), virus (ad esempio Poliovirus ed Enterovirus) ed alghe (ad esempio Anabaena). In particolare, *Escherichia coli* è un ottimo indicatore di contaminazione di origine fecale perché colonizza normalmente l'intestino umano e di molti animali a sangue caldo.

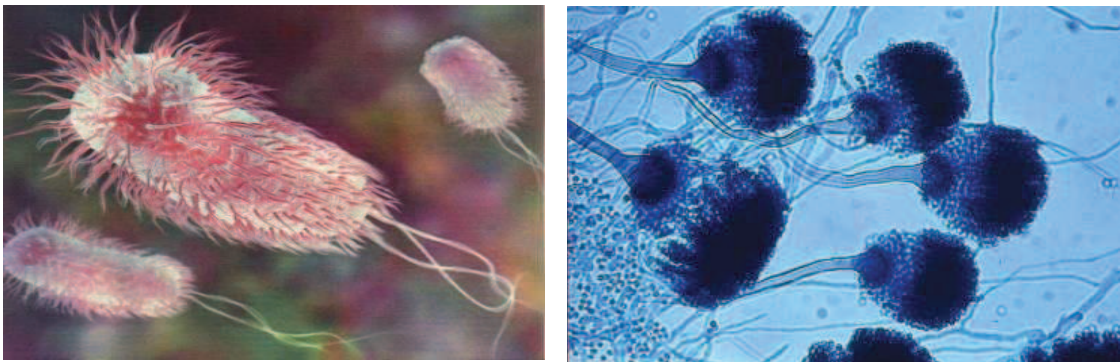


Figura 4: *Escherichia coli* e *Aspergillus*.

Le acque reflue possono essere depurate con trattamenti chimico-fisici o con trattamenti biologici.

Il trattamento chimico-fisico sfrutta processi chimici, cioè reazioni chimiche che modificano gli inquinanti e processi fisici che separano gli inquinanti dall'acqua. Viene generalmente applicato per rimuovere specifiche classi di composti tossici inorganici non biodegradabili o per rifinire la qualità dell'effluente finale in uscita da un depuratore.

Il secondo tipo di trattamento, invece, prevede l'impiego di microrganismi viventi che utilizzano le sostanze inquinanti per le proprie necessità metaboliche, dando origine a nuovi metaboliti ed a prodotti del catabolismo non nocivi. Il trattamento biologico, ideato nel 1915 in Inghilterra, rappresenta oggi il sistema di trattamento più diffuso sia per acque di scarico urbane che per quelle di tipo industriale, richiedendo costi minori. Inoltre riproduce, in via artificiale, quello che normalmente accade nei naturali processi di autodepurazione. Infatti quando uno scarico urbano con un forte carico organico arriva in un corpo idrico, tipicamente un fiume, senza essere stato depurato, i microrganismi aerobi iniziano ad attaccare e degradare le sostanze inquinanti, consumando ossigeno ed impoverendo l'acqua di questa preziosa sostanza. Maggiore è il carico inquinante e meno ossigeno rimarrà nell'acqua, con tragiche conseguenze per la maggior parte delle forme di vita. Solo alcuni esseri viventi riescono a resistere a condizioni di forte inquinamento (e di scarsità di ossigeno), e si moltiplicano a dismisura, non avendo più predatori e competitori. Se il carico inquinante è limitato il fiume riesce ad assorbire l'impatto e l'acqua viene depurata dalla natura nel corso di un breve tratto. In pratica i batteri presenti nell'acqua si nutrono delle sostanze inquinanti, degradandole, cioè trasformandole in altre meno nocive e innocue. L'ossigeno viene rifornito dagli scambi superficiali tra aria e acqua, favoriti nei fiumi dal continuo rimescolamento delle acque e, in particolare nei laghi, dalla fotosintesi. Tuttavia normalmente la quantità di sostanze inquinanti provenienti dagli scarichi delle nostre abitazioni e città è tale da distruggere completamente la vita acquatica. Bisogna, quindi, aiutare la natura con gli impianti di depurazione, strutture create dall'uomo con lo scopo di concentrare nello spazio e nel tempo i processi depurativi che avvengono in natura, eliminando le sostanze inquinanti ad opera di batteri aerobi, accelerando e rendendo molto più efficiente il processo. Come? Fornendo molto ossigeno ai batteri e facendo in modo che i liquami vengano in contatto con una grande quantità di microrganismi. Perciò tutta l'acqua sporca, che proviene dalle nostre case o industrie, confluisce in tubazioni interrate, le fognature, attraverso le quali arriva fino all'impianto di depurazione. Il depuratore "pulisce" le acque sporche grazie ai microrganismi presenti nella stessa acqua sporca che si nutrono delle sostanze organiche inquinanti. Per riuscire hanno bisogno di tanta energia sotto forma di ossigeno. Il depuratore restituisce le acque pulite alla natura attraverso i fiumi come descritto nello schema di Figura 5: percorso delle acque reflue.

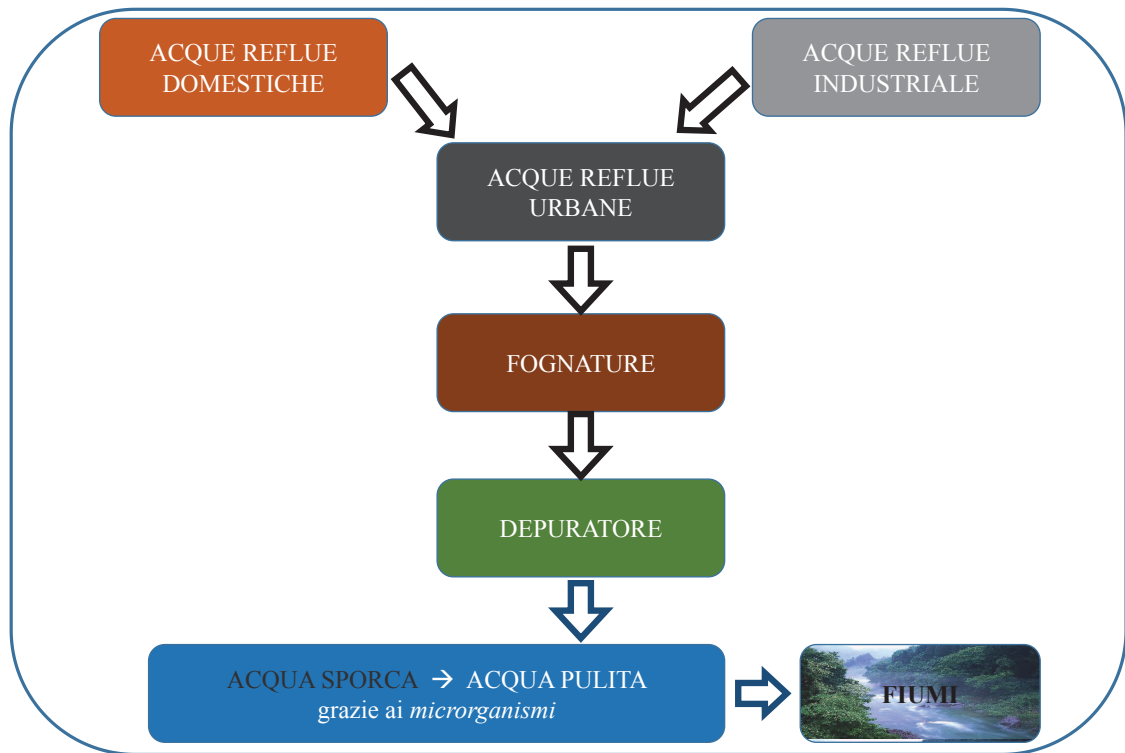


Figura 5: percorso delle acque reflue.

Il trattamento biologico più utilizzato nella depurazione delle acque reflue è costituito da processi indipendenti sia fisici che biologici. Questi processi sono riassunti nella Figura 6 e descritti di seguito in due macro gruppi, linea delle acque e linea dei fanghi.

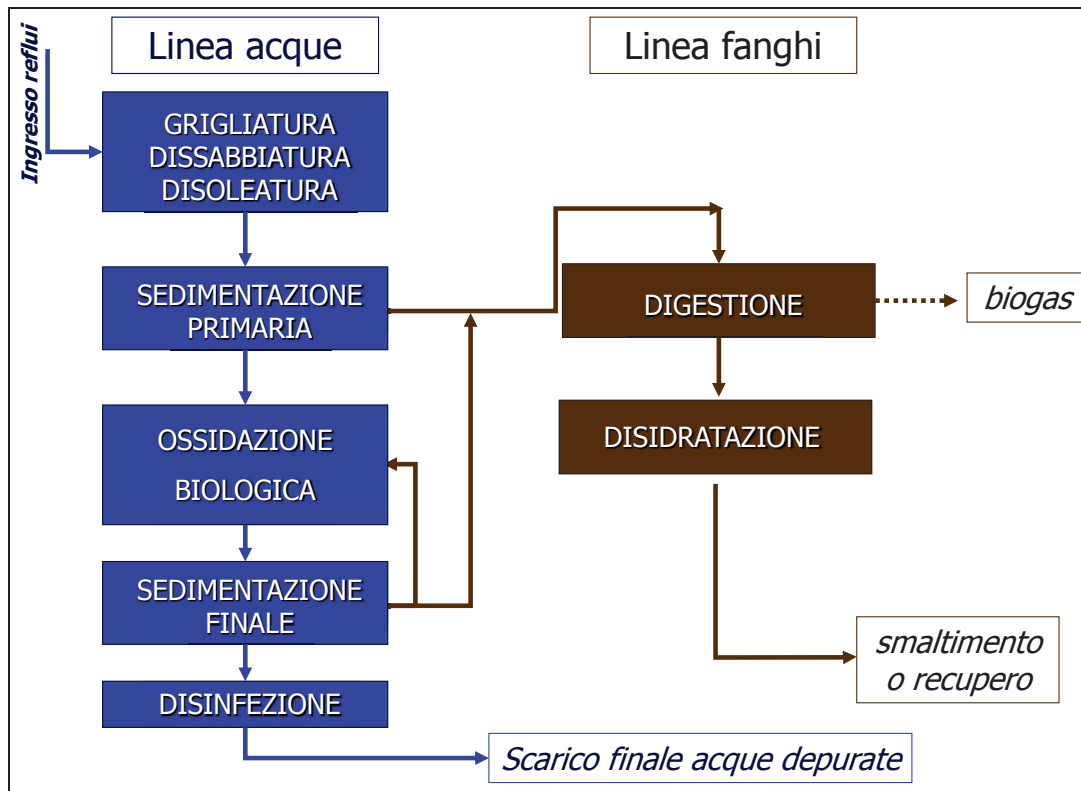


Figura 6: processi di depurazione a fanghi attivi.

## LINEA ACQUE

- Grigliatura:** insieme alle due fasi successive costituisce i trattamenti preliminari. Serve ad eliminare i solidi grossolani di grandi o piccole dimensioni (come carta, stracci, rami, sacchetti, calze di nylon, garze, barattoli, bottiglie, mozziconi, pezzetti di plastica) mediante l'uso di griglie "a pettine". I rifiuti rimossi sono raccolti attraverso un nastro trasportatore e da questo inviati ad un cassone destinato allo smaltimento (Figura 7).



*Figura 7: fase di grigliatura, depuratore di Robecco sul Naviglio.*

- **Dissabbiatura:** tramite vasche di decantazione vengono eliminate le sabbie, le polveri ed il terriccio trasportati dall'acqua piovana o provenienti dai dilavamenti della pavimentazione stradale. Questi materiali potrebbero danneggiare le tubazioni e le apparecchiature dell'impianto e perciò vengono lasciati precipitare sul fondo delle vasche e poi vengono aspirati e depositati in contenitori appositi (Figura 8).
- **Disoleazione:** le sostanze più leggere dell'acqua quali oli e grassi, grazie all'aria immessa nella vasca, si concentrano in superficie, vengono scremati e inviati al pozzetto di raccolta (Figura 8).



*Figura 8: fase di dissabbiatura e di disoleazione, depuratore di Robecco sul Naviglio.*

- **Sedimentazione primaria:** i materiali sedimentabili non trattenuti durante i trattamenti preliminari vengono separati dall'acqua da trattare (Figura 9).



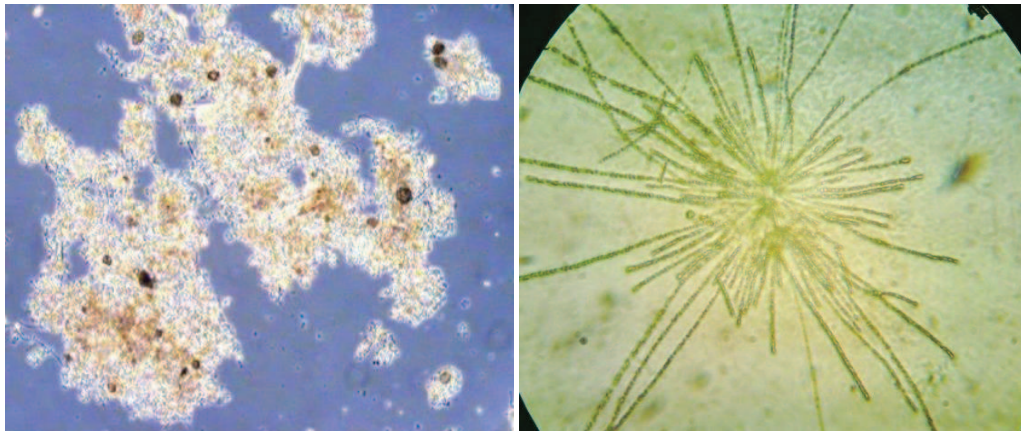
*Figura 9: fase di sedimentazione primaria, depuratore di Robecco sul Naviglio.*

- **Ossidazione biologica:** questa fase avviene solitamente in una vasca apposita (Figura 10) e la rimozione degli inquinanti avviene grazie a due fenomeni: la bioflocculazione e il metabolismo batterico. La bioflocculazione consiste nell'aggregazione dei batteri presenti nella vasca, che determina la formazione di fiocchi di dimensioni variabili da qualche decimo di mm ad 1 mm, i quali costituiscono il fango attivo (Figura 11). La flocculazione è dovuta all'azione di polisaccaridi prodotti dai batteri, che favoriscono l'aggregazione dei batteri stessi e dalla presenza di batteri filamentosi nella giusta proporzione, che determinano la struttura del fiocco (Figura 11). Sui fiocchi vengono adsorbite le sostanze sospese presenti nei liquami che entrano nella vasca. Il metabolismo batterico, invece, degrada la sostanza organica impiegandola sia come fonte energetica sia come fonte di carbonio e altri elementi in modo da produrre nuova biomassa (composta prevalentemente da batteri e in minor quantità da protozoi e piccoli metazoi). All'interno della vasca le colonie batteriche costituenti i fiocchi di fango vengono tenute in sospensione e rifornite di ossigeno necessario per la respirazione e per la conseguente ossidazione delle sostanze organiche tramite l'insufflazione di aria.





*Figura 10: fase di ossidazione biologica, depuratore di Robecco sul Naviglio.*



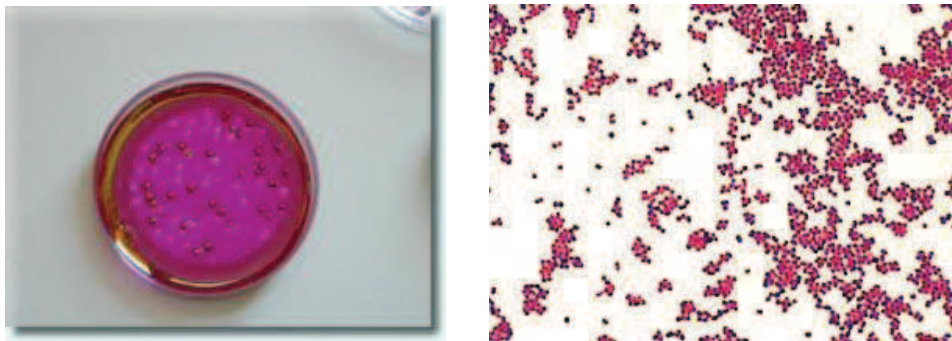
*Figura 11: fanghi attivi e batteri filamentosi.*

- **Sedimentazione finale:** serve per separare il fango attivo che contiene le sostanze inquinanti dall'acqua depurata (Figura 12). Il singolo microrganismo, molto leggero, riesce a galleggiare nell'acqua, mentre il fiocco di fango più pesante precipita sul fondo della vasca. Se la struttura dei fiocchi è adeguata, questi sedimentano efficacemente, lasciando un surnatante limpido, che viene avviato allo scarico. I fanghi precipitati sul fondo vengono invece aspirati e in gran parte reimmessi nella vasca di ossidazione.



*Figura 12: fase di sedimentazione finale, depuratore di Robecco sul Naviglio.*

- **Disinfezione:** l'acqua depurata prima di essere restituita all'ambiente nei fiumi e nelle acque superficiali può essere sottoposta ad un trattamento di disinfezione al fine di ridurre la carica batterica ancora presente nelle acque. E' il metodo più completo per trattare i liquami, ma non è sempre adottato perché costoso. Utilizza procedure di precipitazione, filtrazione, clorazione simili a quelle impiegate per le acque potabili, con lo scopo di ridurre notevolmente il contenuto di sostanze inorganiche (soprattutto fosfati e nitrati) e di microrganismi patogeni (coliformi e streptococchi, Figura 13).



*Figura 13: batteri coliformi e streptococchi.*

## LINEA FANGHI

- **Trattamento dei fanghi:** i fanghi prodotti in eccesso, provenienti dal sedimentatore primario o da quello finale, subiscono vari trattamenti ad opera di numerose specie batteriche in modo da ridurre la quantità di fanghi da smaltire. Questi trattamenti prevedono la digestione anaerobica, un processo di fermentazione per opera di batteri che agiscono in assenza di ossigeno. Durante la digestione anaerobica i batteri demoliscono le sostanze organiche dei fanghi dando come prodotto finale un biogas, costituito da metano e da anidride carbonica (Figura 14).

Dopo un trattamento di disidratazione si otterranno fanghi secchi da avviare allo smaltimento finale: discarica (terreno di copertura), incenerimento, agricoltura (fertilizzanti), produzione di energia termica o elettrica (biogas).



*Figura 14: fase di trattamento dei fanghi, depuratore di Robecco sul Naviglio.*

L'acqua depurata dall'impianto dovrà quindi essere sottoposta ad analisi per verificare i parametri biologici e chimici, questa è una delle attività pratiche che possono essere proposte alla classe.

Infine si potrebbe introdurre il concetto di condizioni operative dell'impianto e dell'efficienza del trattamento dell'impianto, ma sono argomenti complessi e articolati che non saranno ulteriormente approfonditi in classe. Potranno essere oggetto di studio nella scuola secondaria di II grado o addirittura in ambito universitario, di seguito un breve accenno.

L'efficienza del trattamento è espressa in termini di riduzione della domanda biochimica di ossigeno (Biochemical Oxygen Demand, BOD), cioè la quantità di ossigeno consumata dai microrganismi per ossidare completamente tutta la materia organica ed inorganica in un campione di acqua. L'ossigeno consumato sarà direttamente proporzionale al carico organico che i batteri sono in grado di degradare, perciò livelli più alti di composti ossidabili nelle acque risultano in un più alto livello di BOD. Inoltre le condizioni operative dell'impianto possono essere valutate usando l'Indice Biotico del Fango, un indice basato sull'osservazione e l'enumerazione dei protozoi e dei metazoi presenti in un campione di fango.

## 2.7 NOVITA' PER IL FUTURO

Al termine del percorso didattico si può proporre agli alunni la lettura di un articolo recente in modo da evidenziare che ad oggi lo studio del trattamento delle acque reflue continua alla ricerca di nuovi metodi o miglioramenti di quelli esistenti.

Ad esempio nell'articolo proposto di seguito incuriosisce come l'uso di materiali di scarto e di inquinamento (tappi di plastica), possa essere impiegato in modo ecologico per la depurazione delle acque.

### ***“Acque reflue industriali, arriva il depuratore 'a tappi di plastica’”***

*Ideato da una startup trentina, e' un impianto 'ecologico' che sfrutta comuni tappi riutilizzati per il processo di depurazione. E' gia' operativo in un birrificio di Novara*

Di Redazione  
Pubblicato sul Canale [Impianti](#) il 23 giugno 2014

*Una start-up trentina ha ideato un sistema innovativo, originale e super-ecologico per depurare le acque di scarico di piccoli impianti industriali. Si tratta di un impianto di piccole dimensioni che riesce a rimuovere la sostanza organica degli scarti contenente sia carbonio sia azoto, utilizzando invece che sofisticati sistemi hi-tech, dei comuni tappi di plastica riutilizzati.*

*L'impianto è stato installato a Novara, presso il nuovo birrificio Hordeum. Il ciclo produttivo dell'azienda, che realizza quattro tipologie di birre (bionda, ambrata, weiss e strong ale), ogni giorno produce 5,5 metri cubi di refluo il cui carico inquinante è assimilabile a quello di una piccola comunità (circa 300 abitanti). Grazie a Rcbr, acronimo di “Rotating Cell Biofilm Reactor”, nome dell'impianto di depurazione, questo processo può essere svolto in modo altamente ecologico.*

*“Invece di costosi dispositivi prestampati ove possa vivere e crescere lo spesso film di colonie batteriche responsabili della depurazione, ovvero di organismi che si mangiano 'lo sporco', abbiamo impiegato banali tappi di plastica riciclati che, per forma e materiale, sono perfetti come “case” – carrier in termini tecnici – per i batteri. Poi intorno abbiamo adattato un contenitore efficiente per massimizzare la resa”, spiega Dario Savini, ad di Eco-Sistemi, nome della startup ideatrice dell'impianto. Insediata nell'hub Progetto Manifattura a Rovereto, la start-up nasce come spin-off accademico dell'Università di Pavia nel 2013 e mette insieme biologi, chimici, ingegneri chimici e impiantisti.*

## **2.8 VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

Si intende valutare l'acquisizione degli obiettivi formativi e degli obiettivi specifici di apprendimento mediante prove diverse.

In una prova strutturata scritta agli alunni verrà richiesto di spiegare i vari processi di depurazione delle acque reflue, sia sotto forma di domande aperte, sia sotto forma di esercizi di completamento. Inoltre agli alunni verranno riproposti alcuni dei quesiti iniziali proposti all'inizio del percorso didattico, in modo da valutare i progressi raggiunti al termine del percorso. In questa prova scritta verrà richiesto loro anche un commento sui risultati ottenuti dalle analisi chimiche, fisiche e biologiche condotte sui campioni prelevati durante l'uscita didattica al depuratore. Infine una domanda aperta di questa prova riguarderà i comportamenti corretti da assumere per salvaguardare l'acqua e per garantire la salute della rete fognaria.

Ciascun alunno verrà valutato oralmente sulla presentazione all'intero gruppo classe del lavoro multimediale realizzato in aula informatica. Nella valutazione si terrà conto delle capacità espositive, della competenza nell'uso della terminologia appropriata, della conoscenza delle tematiche affrontate.

Sarà oggetto di valutazione anche l'osservazione degli alunni nelle ore di realizzazione del progetto e l'osservazione nel tempo del cambiamento di comportamento degli allievi, soprattutto per quanto riguarda l'adozione di atteggiamenti responsabili.

### **3 CONCLUSIONI**

Con questo percorso didattico spero, che grazie alle discussioni in classe e alle attività pratiche svolte, gli studenti comprenderanno, oltre agli argomenti trattati, l'importanza di lasciarsi incuriosire dagli stimoli proposti, di modo che gli stimoli si possano trasformare in nuove conoscenze per il loro bagaglio culturale.

Infatti la curiosità e la voglia di imparare sono gli strumenti più potenti che hanno nelle loro mani.

## 4 BIBLIOGRAFIA

- Anelli G., Scarletti A.: “Naturalmente”. Bruno Mondadori;
- Barbieri P., Bestetti G., Galli E., Zannoni D.: “Microbiologia ambientale ed elementi di ecologia microbica”. Casa Editrice Ambrosiana: 347-372;
- Flaccavento G., Romano N.: “Accademia delle scienze”. Fabbri Editori
- Viola P.: Materiale didattico fornito dalla società Amiacque del gruppo CAP;
- Articolo: “Acque reflue industriali, arriva il depuratore 'a tappi di plastica”  
[http://www.ingegneri.info/acque-reflue-industriali-arriva-il-depuratore-a-tappi-di-plastica-news\\_x\\_23708.html?utm\\_source=slide&utm\\_medium=second](http://www.ingegneri.info/acque-reflue-industriali-arriva-il-depuratore-a-tappi-di-plastica-news_x_23708.html?utm_source=slide&utm_medium=second)