

Igiene e tutela ambientale

Ogni azione dell'uomo, seppur pro-ambiente, può portare delle conseguenze sugli organismi. L'ambiente possiamo vederlo come un concetto ambiguo, il cui significato varia in base al contesto; tuttavia, possiamo individuare due comparti

- biotico, che comprende tutti gli esseri viventi
- abiotico, comprende i fattori climatici e l'acqua

In realtà l'ambiente è un'interconnessione tra il reparto biotico e abiotico.

Nel mondo scientifico l'ambiente viene definito in maniere diversa, a seconda del punto di vista o della professione, ma, per avere una visione generale, bisogna unire tutte le definizioni per avere il concetto di ambiente.

La **salute** è uno stato di benessere fisico, ambientale e sociale.

Un aspetto fondamentale nell'ambito della salute è LA PROMOZIONE ALLA SALUTE, nel 1978 c'è stata la dichiarazione di Alma-Ata, secondo la quale la salute è una condizione fondamentale per l'essere umano.

Nel 1986, con la carta di Ottawa si ribadisce l'importanza di attivare tutte le procedure necessarie affinché la popolazione possa mantenere la propria salute.

salute e ambiente, esempio:

Sindrome della luna → malattia genetica che consiste dell'incapacità dell'organismo di riparare i danni provocati dall'esposizione solare, dato che persone soggette a questa malattia, esse non presentano tumori della pelle.

Il concetto di salute non si limita solamente alla nostra specie, questo è alla base dell'approccio ONE HEALTH → la salute dell'uomo è collegata alla salute degli animali e dell'ambiente, è un piano ambizioso per la conservazione della biodiversità, riconosce l'interconnessione tra i diversi ambienti e ambisce alla salute globale.

L'AGENDA 2030 è anche un esempio di obiettivi di sviluppo sostenibile (tra questi troviamo il 3 che riguarda salute e benessere).

Le sfide ambientali affrontano ideologie politiche, sono conseguenza dell'attività umana e aumentano i rischi ambientali.

ESPOSOMA → insieme di tutte le esposizioni ambientali a cui siamo esposti nel corso della nostra vita. Questo concetto ci aiuta a comprendere meglio di come l'ambiente influenzi la nostra vita andando a considerare un concetto cumulativo (fattori chimici, biologici, fisici, sociali). Considera molti fattori, inquinamento atmosferico, acqua potabile, stile di vita, stress, attività fisica, ecc... tutti fattori di rischio per la salute umana.

Lo sviluppo industriale ha portato conseguenze negative sulla salute ambientale, un lavoro pubblicato su *Science* nel 2016 ha portato evidenze scientifiche sull'antropocene, dove evidenzia l'impatto delle attività umane che ha lasciato una traccia indelebile sul nostro pianeta. Analizzando le firme geochimiche che sono indicatori chimici, sono specifiche sostanze chimiche che possono essere rilevati in determinati contesti ambientali.

L'igiene si occupa di mettere in relazione l'ambiente e la salute, rappresentando discipline bio-sanitarie. Attraverso l'allontanamento o la correzione dei fattori responsabili di malattie, tende a conseguire uno "stato di completo benessere fisico, mentale e sociale dei singoli e delle comunità"

igiene → deriva dal greco e vuol dire "buona salute". Il Dio della medicina aveva due figlie Panagea e Igea, Dea della salute alla quale si riferivano tutte le persone sane per mantenere la propria salute. L'igiene è una scienza bio-salutare.

Una sotto disciplina è l'igiene ambientale, che può studiare le patologie legate alle matrici ambientali (acqua, aria, fuoco) e alimenti (quanti alimenti si consumano, rappresentano una somma delle matrici ambientali); ci aiuta a comprendere e gestire l'impatto che ha l'ambiente sulla nostra salute, è un insieme di più discipline. Studia le forme morbose legate alle matrici ambientali. Identifica gli agenti che causano fattori di rischio.

L'igiene si basa su due pilastri fondamentale: epidemiologia e prevenzione.

Prevenzione

- primaria → come si può evitare una malattia? (es. evitare contagio, evitare di trasmettere l'agente patogeno, neutralizzare il patogeno prima possibile)
- secondaria → attraverso uno screening di massa evita il manifestarsi della malattia
- terziaria → prevenire l'invalidità in coloro che hanno già sviluppato una malattia attraverso la riabilitazione

Epidemiologia

- descrittiva
- analitica
- sperimentale

indaga sullo stato di benessere di una popolazione, quanti individui si ammalano? studia la distribuzione (dove si manifesta?). Studia le determinanti che vanno a variare lo stato di salute di una popolazione.

Questo studio non si limita ad un'analisi delle malattie, ma anche ad un esame di tutti quei fattori che peggiorano o migliorano la salute della popolazione.

EPI → su DEMIO → popolazione LOGIA → studio.

Gli studi sono statistici, si basano su dati raccolti su un campione di popolazione.

L'EPIDEMIOLOGIA AMBIENTALE è una branca che si concentra sullo studio dei fattori di rischio ambientale. Lo scopo è quello di valutare gli effetti sulla salute dovuti all'esposizione agli agenti nocivi e quali popolazioni ne sono più vulnerabili.

I fattori di rischio danneggiano la salute umana, possono essere differenti (stili di vita poco salutari ecc..) e per capire come influenzano la salute è importante distinguere i fattori di rischio (probabilità che il danno alla salute avvenga) dai determinanti (fattori che singolarmente o in combinazione vanno ad alterare lo stato di salute delle comunità, possono essere fattori economici, naturali, ecc..).

Nel corso del tempo è cresciuta la consapevolezza di come i rischi ambientali influenzino la salute umana. Nel mondo antico, ai tempi di Ippocrate (V secolo) vedremo la teoria del *Determinismo ambientale* → il clima e la distribuzione delle risorse influenzavano le caratteristiche chimiche e culturali di una popolazione.

Bernardo Ramazzini, considerato il padre della medicina del lavoro, compilò una lista di persone che vivevano e lavoravano in determinati ambienti e, per questo, erano stati colpiti da specifiche patologie.

Percival Pott, chirurgo inglese, che osservò la prima causa di cancro nello scroto degli spazzacamini inglesi (1775), la sua intuizione sulle cause ambientali di questa malattia, sulla sua evoluzione, sono state ritenute corrette. I bambini si infilavano nudi nei camini (per occupare meno spazio) i residui di cenere erano dunque a stretto contatto con le parti intime, e anche a causa di una scarsa pulizia, provocava la malattia.

Nel 1800 John Snow è considerato il padre dell'epidemiologia, lo studio sul colera del 1855 fu il primo per quanto riguarda gli effetti ambientali sulla salute, studiò l'incidenza del colera con le distribuzioni d'acqua fognarie. Pur non conoscendo le cause della malattia, Snow decise di interrompere l'assunzione delle acque fognarie, questo ridusse la contaminazione.

Koch alla fine del 1800 riconobbe la relazione fra microorganismi e malattie, egli formulò dei postulati, dei criteri che possono essere utilizzati per dimostrare che quel microorganismo causa una determinata malattia, es postulati:

- 1) l'organismo sospetto deve ritrovarsi in tutti i casi della malattia ed essere assente negli individui sani
- 2) L'organismo sospetto deve poter crescere in una cultura pura
- 3) Cellule da una coltura pura dell'organismo sospetto devono indurre la malattia in organismi sani
- 4) L'organismo deve poter essere nuovamente isolato e se ne deve poter dimostrare l'identità con l'originale.

Questi postulati presentano una limitazione, non possono applicarsi a tutte le malattie infettive, un esempio di esclusione è stato dimostrato da Koch per quanto riguarda il colera, dove l'agente patogeno veniva riscontrato anche negli individui sani.

Ad inizio 900 si iniziò a comprendere come sostanze chimiche erano collegate a specifiche malattie, questo periodo ha segnato un passo in questo campo. Dopo la seconda guerra mondiale gli studi hanno portato ad un interesse maggiore, il monitoraggio epidemiologico è aumentato, un esempio di questo maggior interesse è rappresentato dal RERF, un'associazione congiunta tra gli USA e il Giappone che studia gli effetti delle radiazioni monitorando le popolazioni esposte per comprenderne l'impatto.

Successivamente Londra fu protagonista di un grande evento inquinante che portò molti morti per malattie polmonari, iniziò uno studio che stabilì una relazione tra l'inquinamento che era direttamente correlato con l'aumento delle malattie cardiache e polmonari, questo risultato ha dimostrato l'importanza di monitorare la qualità dell'area delle città e di limitare l'inquinamento, di conseguenza UK promosse delle leggi per tutelare l'ambiente.

Negli anni 50 in Giappone vedremo due malattie

- Minamata → causata da avvelenamento da mercurio, colpì una città costiera e la causa fu lo scarico incontrollato del mercurio da parte di un impianto chimico che produceva acetaldeide per la produzione di plastica; il mercurio veniva rilasciato nel

fiume che contaminava il pesce che veniva mangiato, questo ha portato a d un avvelenamento cronico da mercurio che provoca disturbi neurologici

- Itai-Itai → avvelenamento da cadmio a causa dell'attività mineraria nei fiumi della regione, il cadmio si accumulava nei terreni agricoli, poi alle risorse idriche locali, quindi contaminava agricoltura e pesca. Questa malattia è caratterizzata da dolori ossei, fragilità ossea, insufficienza renale (nome Itai-itai, sta per Ahi-Ahi, ossimoro di dolore).

Malattia legionella → malattia infettiva scoperta durante un'indagine sulla polmonite epidemica del 1886, questa epidemia causò la morte di 34 individui, l'agente patogeno era nuovo.

concetti chiave dell'epidemiologia ambientale sono:

- esposizione → contatto tra corpo umano e fattori di rischio, può avvenire secondo diverse strade (inalazione, iniezione, ecc..)
- effetto → qualsiasi cambiamento che può essere rilevato nella funzione corporea che si può attribuire all'esposizione ad un rischio ambientale
- dose → quantità di agente ambientale che penetra nel corpo umano (concentrazione → quantità misurata. Dose → quantità dell'agente chimico che viene assunto). La dose comprende un effetto sulla salute
- variazioni genetiche → possono influenzare la dose interna di un agente ambientale e la suscettibilità di un individuo di essere colpito da un agente.

vie d'esposizione:

- contatto cutaneo → la pelle viene direttamente esposta alle sostanze pericolose presenti su superfici
- inalazione → assorbimento di agenti nocivi attraverso la respirazione di particelle o vapori chimici presenti nell'aria
- ingestione → avviene quando le sostanze dannose vengono ingerite attraverso cibo o acqua e possono essere distribuite in tutto il corpo attraverso il sangue

tempo di esposizione influenza direttamente la quantità totale di agente nocivo con il quale si entra a contatto:

- durata → quantità di tempo trascorso in un ambiente contaminato
- frequenza → regolarità con cui si verifica un'esposizione nel tempo
- momento → la fase di vita in cui si verifica l'esposizione

tipi di effetto

in base a dove si manifestano

- locali → manifestazioni che si verificano nella sede di contatto diretto con il fattore di rischio (irritazione agli occhi dopo esposizione a cloro)
- sistemici → manifestazione che coinvolgono sistemi o organi distanti dal punto di ingresso. Questi effetti possono derivare dall'assorbimento o dalla distribuzione all'interno dell'organismo.

in base al tempo

- acuti → si sviluppano rapidamente dopo l'esposizione e possono essere immediatamente evidenti (intossicazione da gas tossico)

- cronici → richiedono un periodo prolungato di esposizione prima di manifestarsi e possono persistere per lungo tempo (esposizione cronica agli inquinanti atmosferici che aumentano il rischio di sviluppare malattie croniche).

reversibili o irreversibili

- temporanei → si risolvono dopo la cessazione dell'esposizione (mal di testa)
- permanenti → persistono anche dopo l'esposizione all'agente nocivo (danni ai polmoni causati da esposizione cronica agli inquinanti).

BIOMARCATORE (marcatore biologico) è un parametro misurabile che può essere di diversa natura (fisiologici, biochimici, citologici, ecc...). Consentono di valutare l'esposizione agli inquinanti, identificare cambiamenti precoci nel corpo e monitorare la progressione verso malattie correlate all'ambiente. È un parametro.

I biomarcatori di esposizione sono misure inquinanti presenti nei tessuti o nei fluidi corporei, riflettono la quantità di inquinanti che penetrano nel corpo umano. Essi offrono una visione diretta della salute dell'essere umano, vanno ad analizzare l'integrazione di tutti gli ambienti. Parliamo di concentrazioni che vengono assunte dal tessuto esposto all'agente nocivo.

PRINCIPI EPIDEMIOLOGICI

La malattia non insorge causalmente nella popolazione umana, è possibile identificarne le cause studiando modelli di insorgenza tra popolazioni diverse.

addiamo a identificare diverse popolazioni di campionamento

- popolazione generale → tutti gli individui nel mondo, intesi come popolazioni all'interno di un'area specifica (paese o regione)
- popolazione a rischio → individui di una popolazione che possono sviluppare una malattia (coloro che hanno già una malattia vengono esclusi dalle popolazioni a rischio); es, il cancro alla prostata lo vado ad analizzare solamente su una popolazione maschile.
- popolazione target → popolazione su cui si baseranno gli studi e a cui i risultati dello studio saranno applicati
- popolazione fonte → verranno campionati i partecipanti allo studio, è correlata alla popolazione target ma usata in modo più operativo
- popolazione in studio → individui inclusi nello studio, selezionati dalla popolazione fonte. Può variare a seconda del disegno di studio epidemiologico utilizzato.

MISURE DI SALUTE NELLE POPOLAZIONI

- frequenza di malattia → conteggio degli individui affetti. È espressa come *prevalenza* (casi esistenti in un dato momento) o *incidenza* (nuovi casi in un dato periodo)
- unità di misura → vengono espresse in due modi: casi per unità di popolazione o casi per unità di tempo

La frequenza può essere

- assoluta, numero di casi osservati
- relativa, proporzione tra numero dei casi osservati e il totale dei casi. Può essere espressa per percentuali

il calcolo delle misure di frequenza dipende da una corretta stima delle persone prese in considerazione, lo studio dovrebbe prendere in considerazione solo persone suscettibile alla malattia (popolazione a rischio → PaR) che può essere definita tramite indicatori demografici o ambientali.

rispetto alla frequenza assoluta sono utili altre misure che consentono di studiare la malattia in diversi modi e stabilire delle relazioni, queste misure sono chiamate descrittori

- rapporto → indica la relazione tra due grandezze indipendenti tra di loro, che non sono comprese l'una nell'altra, è statica con correlata al tempo (numero dei bambini nati morti/numero dei bambini nati vivi → tasso di mortalità infantile)
- proporzione → rapporto tra due grandezze dove una è compresa nell'altra, è statica non prende in considerazione il tempo
- tasso → particolare proporzione che prende in considerazione il tempo.

RAPPORTO

$$\frac{N_y}{N_x}$$

N_y → frequenza prima variabile

N_x → frequenza seconda variabile

i rapporti sono utilizzati per comparare un fenomeno tra due gruppi distinti, per dividere una popolazione in due categorie secondo una determinata caratteristica, confronto dell'entità di un fenomeno tra due periodi temporali differenti

PROPORZIONE

- frequenza relativa di una condizione di salute nella popolazione esposta
- frequenza relativa di una condizione di salute nella popolazione non esposta

TASSO

metodo di misura più comune, consente di eliminare, nella valutazione di un fenomeno, l'influenza confondente esercitata dalle variazioni sociodemografiche che possono verificarsi all'interno della popolazione o fra più popolazioni. Consentono di isolare un effetto specifico di un fenomeno di interesse andando ad eliminare altri fattori che potrebbero influenzare l'analisi.

$$tasso = \frac{\text{numero di casi osservati nel tempo}}{\text{popolazione di riferimento}} * 10^n(k)$$

esempio

$$tasso = \frac{\text{numero di decessi a Napoli nel 2018}}{\text{abitanti a Napoli nel 2018}} * 10^n(k)$$

I tassi sono molteplici

- grezzi → considerano eventi che si verificano nella popolazione in un tempo determinato
- specifici → riferiti a gruppi specifici all'interno nella popolazione
- proporzionali → consentono di calcolare la frazione del totale degli eventi ascrivibile ad un carattere particolare (es. mortalità proporzionale riferita ad una specifica malattia rapportata ai decessi totali). Possono essere molto utili per valutare il peso relativo di una specifica malattia nell'ambito del tipo di patologia di sua appartenenza (es. morti per tumore polmonare vs morti per tutti i tipi di tumori).

- standardizzati → corretti attraverso una tecnica che confronta tassi fra popolazioni con diverse distribuzioni, o tra tempi diversi

Prevalenza ed incidenza sono le misure fondamentali utilizzati in epidemiologia, sono concetti cruciali per comprendere la dinamica e l'impatto della malattia in una comunità.

Prevalenza → quanti malati troviamo in un determinato momento

Incidenza → numero di nuovi casi che si rappresentano in quel periodo in quella popolazione

La relazione tra prevalenza ed incidenza può variare a seconda della natura della malattia, ad esempio possiamo avere il diabete (alta prevalenza ma bassa incidenza) o il raffreddore (bassa prevalenza ma alta incidenza), generalizzando alta prevalenza e bassa incidenza → malattie lunga durata, bassa prevalenza ma alta incidenza → malattie bassa durata.

PREVALENZA

La prevalenza indica quanto spesso un certo evento si verifica in una popolazione in un dato evento (come un'infezione o uno stato di malattia),

$$P = \frac{\text{numero di persone con la malattia o la condizione in un momento specifico}}{\text{numero di persone in uno stato a rischio in un momento specifico}} * K$$

se i dati sono raccolti in un momento specifico si parla di *prevalenza puntuale*

$$t_0 = \frac{\text{malati ora}}{\text{tot popolazione ora}}$$

se i dati raccolti si verificano all'interno di un range temporale parliamo di *prevalenza periodale*

$$t_0 = \frac{\text{malati vecchi e nuovi presenti in un determinato periodo}}{\text{tot popolazione in un determinato periodo}}$$

I fattori che influenza i tassi di prevalenza dipendono

- dalla longevità della malattia, da quanto si prolunga la vita del paziente senza guarirlo, quando ci sono nuovi casi (aumenta anche l'incidenza), o in presenza di emigrazione di casi sani o immigrazione di casi malati (aumenta)
- durata più breve della malattia, immigrazione di persone sana, emigrazione di casi malati (diminuisce)

INCIDENZA

L'incidenza va ad analizzare quanti nuovi casi si verificano in un periodo specifico, la utilizzo nelle malattie infettive e cronico-degenerative.

$$I = \frac{\text{numero di persone che contraggono la malattia in un periodo specifico}}{\text{somma della lunghezza del tempo durante il quale ogni persona è a rischio}} * K$$

Il modo più accurato per studiare il tasso di incidenza è il *tempo persona* → una misura combinata del numero di soggetti e del tempo durante il quale sono a rischio verso l'evento in considerazione.

Può succedere però che la popolazione non sia costante durante l'analisi (ad esempio si trasferiscono o entrano nella popolazione a rischio successivamente all'inizio di studio) parliamo di coorte dinamica.

Le unità del tasso di incidenza includono la dimensione temporale. Il tempo a rischio di ogni persona è il periodo in cui hanno sviluppato la malattia.

tasso di incidenza cumulativo → misura più semplice della frequenza di una malattia o di una condizione di salute; la differenza del tasso di incidenza misura il denominatore solamente all'inizio dello studio

$$IC = \frac{\text{numero di persone che si ammalano durante un periodo sepecifico}}{\text{numero di persone libero da malattia nella popolazione a rischio all'iniizio del periodo}} * K$$

Tasso di prevalenza = $\frac{\text{numero di casi}}{\text{popolazione totale}} \times 10^n$
ove è verificabile l'evento osservato

Tasso di prevalenza periodale = $\frac{\text{numero di casi osservati nel tempo}}{\text{popolazione totale ove è verificabile l'evento}} \times 10^n$

Tasso di incidenza = $\frac{\text{numero di NUOVI casi nel tempo (periodo di osservazione)}}{\text{popolazione ove è verificabile l'evento}} \times 10^n$

Incidenza persona - tempo = $\frac{\text{numero di nuovi casi nell'intervallo di tempo}}{\text{persona - tempo}} \times 10^n$

problema

100 studenti sono stati esposti ad un malato di influenza durante una settimana di tirocinio:

20 di loro sono vaccinati, mentre 40 sono ammalati

prevalenza → numero di persone con malattia/numero di persone a rischio

le persone malate sono 40, le persone a rischio sono 100-20 (persone vaccinate) = 80

quindi la prevalenza è 40/80

TASSO GREZZO → applicato all'intera popolazione senza far riferimento alle caratteristiche degli individui (singolo numero sintetico che prende in considerazione tutta la popolazione)

TASSO SPECIFICO → viene calcolato tramite sottogruppi omogenei (secondo caratteristiche che possono essere età, sesso o condizione economica)

TASSO DI MORTALITÀ

$$\text{tasso di mortalità} = \frac{\text{numeri di morti nel primo anno di vita}}{\text{nati vivi nell'anno}} * K$$

non tiene conto di fattori come età e sesso, dunque non si può utilizzare per un confronto tra aree diverse, magari dove troviamo più anziani; dato questo problema utilizzeremo i tassi standardizzati, per valutare l'impatto della salute sulla popolazione. Il tasso standardizzato è una misura riassuntiva del tasso di mortalità che una popolazione avrebbe se avesse una struttura di età standard. La standardizzazione è necessaria nel momento in cui si affrontano due o più popolazioni che differiscono secondo alcune caratteristiche di base (età, razza) che influiscono in modo indipendente sul rischio di morte.

tassi standardizzati

- tasso di mortalità infantile → viene utilizzato come un indicatore di livello di salute in una comunità. Misura il tasso di decessi dei bambini nei primi anni di vita

$$\begin{aligned} & \text{tasso di morti infantile} \\ & = \frac{\text{numero di decessi in un anno di bambini con meno di un anno di età}}{\text{numero di bambini nati vivi nello stesso periodo}} \times 1000 \end{aligned}$$

questo tasso può essere più specifico quando parliamo di *tasso di mortalità neonatale*

$$= \frac{\text{numero di morti nelle prime quattro settimane}}{\text{nati vivi nell'anno}} * K$$

- tasso di mortalità neonatale precoce → morti durante la prima settimana
- tasso di mortalità neonatale tardiva → morti durante la seconda-quarta settimana

Due popolazioni standard frequentemente utilizzate sono la popolazione mondiale e la popolazione standard europea, sono popolazioni fittizie, hanno una distribuzione uguale sia per maschi che per femmine.

La standardizzazione dei tassi può essere effettuata:

- direttamente → analizzo i sottogruppi di una popolazione e standardizzo in base alle fasce d'età, la applico quando ho a disposizione un numero di eventi suddivisibili in fasce di età dove ho tutti i dati
- indirettamente → calcoliamo i tassi utilizzando la popolazione standard come punto di riferimento per analizzare la popolazione di studio, ho pochi dati e incerti

TASSO DI MORBOSITÀ → frequenza di malattia, più utili nei tassi di malattie non mortali (quante Questi tassi aiutano a capire la ragione della mortalità, i cambiamenti dei tassi di mortalità potrebbero essere dovuti a cambiamenti dei tassi di morbosità o nei tassi di letalità.

$$\text{tasso di morbosità} = \frac{\text{numero di malati di una popolazione in un anno}}{\text{numerosità della popolazione nell'anno}} \times 10^n$$

TASSO DI MORBILITÀ → termine più specifico per capire la frequenza con la quale la malattia si presenta in una popolazione, è legato all'ambito lavorativo (attività lavorativa persa a causa di una patologia

$$\text{tasso di morbilità} = \frac{\text{giornate di lavorative perse a causa della malattia}}{\text{giornate lavorative previste}}$$

INDICATORI DEMOGRAFICI → come la popolazione può variare nel tempo

- indice di vecchiaia → come varia la popolazione rispetto al bilanciamento dei soggetti che non sono più abili al lavoro (≥ 65 anni) (≤ 14 anni); il bilancio tra queste due popolazioni, se perfetto, è uguale a 100, c'è un perfetto bilancio. Se il numeratore è maggiore del denominatore avremo una popolazione anziana. Se invece il denominatore è maggiore avremo una popolazione giovane.

$$I.V = \frac{\text{popolazione} \geq 65 \text{ anni}}{\text{popolazione} \leq 14 \text{ anni}}$$

- indice di invecchiamento → proporzione tra classe di età anziana sul totale della popolazione, non considero la popolazione lavorativamente attiva ma tutta la popolazione.

$$I.I = \frac{\text{popolazione} \geq 65 \text{ anni}}{\text{popolazione totale}}$$

- IDS (indice di dipendenza strutturale) → = rapporta la popolazione non lavorativamente attiva con la popolazione attiva; qual è la densità dei soggetti che sono inattivi? se la popolazione è bilanciata l'indice sarà pari a 100, ma l'obiettivo è quello di raggiungere valori inferiori al 100, dunque che ci sia una popolazione attiva maggiore

$$I.D.S = \frac{\text{popolazione} \leq 14 \text{ anni e} \geq 65 \text{ anni}}{\text{popolazione } 15 - 64 \text{ anni}}$$

- indice di lavoro → valuta solamente la popolazione attiva, quanti soggetti possono contribuire al lavoro) Se il valore è uguale a 100, tutta la popolazione è attiva

$$I.L = \frac{\text{popolazione } 15 - 64 \text{ anni}}{\text{popolazione totale}}$$

- indice di carico di figlio per donna feconda (IFF) → sub popolazione 8femminile) compresa tra i 15 e 49 anni e i bambini con età inferiore ai 5 anni. Se è maggiore a 1 troviamo pochi bimbi per più donne feconde, se è inferiore ad 1 troveremo più bimbi per meno donne feconde

$$I.F.F = \frac{\text{bambini} < 5 \text{ anni}}{\text{popolazione femminile } 15 - 49 \text{ anni}}$$

- indice di crescita naturale (ICN) → nel tempo qual è l'evoluzione di una popolazione (cresce o decresce). Se l'indice è inferiore a 1 la popolazione si sta estinguendo, se è maggiore di 1 la popolazione sta crescendo.

$$I.C.N = \frac{\text{tasso di natalità}}{\text{tasso di mortalità}}$$

INDICATORI SOCIO-ECONOMICI possono influenzare lo stato di salute di una popolazione.

- indice di deprivazione → indicatore geografico che descrive la sommatoria di fattori che contribuiscono alla condizione di “povero”

le variabili che contribuiscono all'indice sono l'istruzione o il sovraffollamento.

Più la popolazione è deprivata più può essere esposta dal punto di vista sanitario.

Il passo successivo allo studio dei tassi della malattia è quello di confrontare uno o più gruppi di persone che sono state esposte alla malattia. Spesso si utilizza come un gruppo di riferimento un gruppo non esposto. Le persone esposte possono differire per livelli e durata di esposizione. Dose → quantità assunta da un organismo di una certa sostanza.

Concentrazione → quantità pesata dell'agente che verrà assunto.

Il processo di comparazione tra gruppi esposti e non esposti è il calcolo del RISCHIO che può essere fatto tramite dei confronti che possono essere

- assoluti →
 - **rischio attribuibile:** differenza del rischio tra gli esposti e non esposti, è dato tra la differenza tra esposti e non esposti al rischio. $(I_e - I_{ne})$ È una misura utile delle dimensioni di un problema della sanità pubblica causato da un'esposizione
 - **frazione attribuibile:** differenza tra esposti e non esposti e successivamente divido questo valore per i non esposti e poi moltiplico per 100. $(I_e - I_{ne} / I_{ne}) * 100$
 - **rischio attribuibile di una popolazione:** misura del tasso di eccesso di una malattia che, in uno studio su tutta la popolazione, può essere attribuita ad un'esposizione. Viene espresso in percentuale. Misura la proporzione di una malattia, nel totale di una popolazione allo studio, che viene attribuita ad una certa esposizione e che potrebbe venire rimossa se l'esposizione venisse completamente evitata. Prima di tutto considero la popolazione esposta al rischio e lo divido per la popolazione totale, il risultato lo moltiplico per il rischio attribuibile $(I_e - I_{ne})$, successivamente divido il risultato ottenuto per il tasso d'incidenza della popolazione totale, infine moltiplico tutto per 100.
- relativi → rischio relativo: è il rapporto del rischio di manifestazione di una malattia tra le persone esposte in rapporto a quello tra le persone non esposte. È un indicatore della forza di un'associazione, è espresso in relazione ad un livello di base di frequenza di malattia. Il RR può variare anche se una popolazione ha valori simili di RA ma tassi variabili differenti. È molto utilizzato nella valutazione della probabilità che un'associazione presenti una relazione casuale.

DUE DEFINIZIONI DI RISCHIO

- frequenza dell'avvenimento di una certa dimensione di effetti o di conseguenze non desiderate
- probabilità che sia raggiunto il limite potenziale

come si calcola il rischio?

incidenza esposti/incidenza non esposti

si crea una tabella di contingenza dove si dividono gli esposti dai non esposti

RISCHIO RELATIVO

TASSO DI INCIDENZA NEGLI ESPOSTI
AL FATTORE DI RISCHIO

TASSO DI INCIDENZA NEI NON ESPOSTI
AL FATTORE DI RISCHIO

	MALATI	NON MALATI	N. INDIVIDUI
ESPOSTI	a	b	a+b
NON ESPOSTI	c	d	c+d

$R.R. = \frac{a/a+b}{c/c+d}$

→

> 1 fattore di rischio
= 1 fattore indipendente
< 1 fattore protettivo

STUDI EPIDEMIOLOGICI

possono essere

- **osservazionali** → non c'è intervento sulla popolazione ma solo osservazione, si divide in:
- **descrittivi** → chi? dove? quando?

Gli studi descrittivi descrivono la distribuzione di un fenomeno all'interno della popolazione, es: possono evidenziare se una malattia colpisce più un certo gruppo d'età o se colpisce maggiormente un sesso.

Gli studi descrittivi vanno ad analizzare anche la localizzazione geografica della patologia, analizza se ci sono aree più esposte alla malattia, questo è fondamentale per indirizzare politiche sanitarie.

Il quando traccia un andamento nel fenomeno nel tempo, va a valutare se ci sono cambiamenti significativi nel corso della malattia. Lo studio descrittivo ha lo scopo di stimare la frequenza della malattia e le sue caratteristiche a livello della popolazione, senza interferire sulla sua evoluzione. Si studiano gruppi di soggetti con frequenza alta o bassa di malattia, allo scopo di avanzare delle ipotesi sulle cause di quella malattia. Si valuta la frequenza di malattia al fine di quantificare il fenomeno e comprenderne la portata e l'effetto sulla popolazione.

Gli studi descrittivi comprendono gli **studi ecologici** → relazione tra variabile ambientale con un fenomeno sanitario.

Gli studi ecologici possono essere soggetti alla fallacia ecologica: associazioni a livello di gruppo non riflettono le relazioni a livello individuale.

Obiettivi studi descrittivi

- Analizzare i dati relativi ai fattori di rischio
- illustrare la distribuzione della malattia in rapporto a tempo e caratteristiche individuali
- calcolare i tassi grezzi, specifici o standard
- ipotizzare associazioni tra malattie e fattori di rischio

Vantaggi studi descrittivi

- semplici da effettuare

- utili per formulazione di ipotesi
- i dati relativi alla mortalità e ai ricoveri hanno una buona completezza
- i dati utili allo studio sono già disponibili

Svantaggi studi descrittivi

- non evidenziano relazioni temporali tra il fattore di rischio e malattia
- non sono appropriati per malattie di breve durata
- sono utilizzati i dati aggregati e non individuali
- se le aree sono troppo piccole si registra una instabilità nella stima calcolata

- **analitici** → perché?

Raccoglie tutte quelle attività che hanno lo scopo di verificare l'ipotesi; le ipotesi più frequenti riguardano l'effetto di uno o più determinanti di malattia. L'obiettivo degli studi analitici è la ricerca dei rapporti tra esposizione a possibili fattori causali e i fattori patologici. Lo studio analitico va ad indagare le cause che determinano il verificarsi della malattia e la sua diffusione, mette in relazione la causa-effetto.

Si dividono in *Studio trasversali*, *Studio caso-controllo*, *Studio a coorte*.

L'associazione tra fattore il rischio e malattia ci sarà se soddisfatti determinati criteri:

- 1) sequenza temporale → l'evento di interesse succede dopo l'esposizione
- 2) forza dell'associazione → quanto è forte il legame tra associazione ed effetto
- 3) consistenza dell'associazione → quanto spesso osserviamo lo stesso tipo di associazione in differenti studi
- 4) relazione dose- risposta → se aumentiamo l'esposizione l'effetto aumenta
- 5) reversibilità → modifica o eliminazione dell'esposizione cambia il risultato, è probabile che ci sia una relazione tra causa-effetto
- 6) plausibilità biologica → l'associazione deve vere delle prove scientifiche, un senso biologico

studi trasversali: una popolazione definita viene esaminata riferendosi ad un particolare momento in modo da determinate lo stato di malattia. lo scopo è quello di effettuare un censimento delle persone affette ad una data malattia, rivelando anche una serie di variabili. <si basa su campionamento diretto. Le tappe di uno studio trasversale vedono in primis la definizione degli obiettivi e rassegna dei dati già esistenti, si procede con il disegno dello studio e la scelta di popolazione (fase di campionamento), successivamente avremo una raccolta di dati (attraverso interviste, analisi, ecc...) ed infine ci sarà un'analisi ed interpretazione dei dati tramite dei metodi statistici.

Il campionamento può essere:

- *non probabilistico*: scelgo individui secondo criteri non casuali
- *probabilistico*: scelgo gli individui secondo criteri casuali.

Il requisito fondamentale di un campione è che deve essere rappresentativo della popolazione da cui viene estratto. Il campione sarà rappresentativo quando è omogeneo, successivamente numeroso e deve essere scelto a caso; un campione estratto con queste regole offre un vantaggio di precisione.

Il campionamento non probabilistico si divide:

- per convenienza → vengono selezionati tramite la loro disponibilità
- per giudizio → i partecipanti sono scelti dall'epidemiologo secondo un suo giudizio per chi rappresenta al meglio la popolazione

- per quota → i partecipanti vengono selezionati in modo che il campione rifletta proporzionalmente le caratteristiche demografiche della popolazione generale, questo metodo può essere influenzato dalla disponibilità dei partecipanti

Il campionamento probabilistico si divide:

- casuale semplice → ogni individuo della popolazione ha la stessa probabilità di essere scelto
- casuale stratificato → la popolazione viene divisa in gruppi simili, viene selezionato un individuo per ogni strato
- casuale a grappolo → popolazione divisa in gruppi omogenei (CLUSTER)
- sistematico → si seleziona casualmente un primo individuo, poi si procede a selezionare un nuovo individuo ogni n individui

vantaggi degli studi trasversali:

- padronanza nell'organizzazione dello studio
- costi e durata breve se il campionamento è corretto, i risultati sono generalizzabili su tutta la popolazione

svantaggi:

- non adatto a malattie rare o a lunga durata
- si valuta solo la prevalenza
- proporzione di non partecipazione elevata
- misclassificazione dovuta a questionari inadeguati

studi di coorte → partono con un gruppo di persone libere da malattia, che vengono classificate in sottogruppi a seconda dell'esposizione a seconda dell'esposizione alla malattia. Vengono specificate e misurate le variabili di interesse e l'intera Corte viene seguita per un periodo, definito follow-up, per osservare come il successivo sviluppo di nuovi casi di malattia sia diverso tra i gruppi con e senza esposizione.

Poiché i dati raccolti fanno riferimento a diversi momenti nel tempo, gli studi di Corte sono longitudinali, come gli studio caso controllo.

La coorte è un gruppo di soggetti che hanno in comune una o più caratteristiche. La coorte è costituita degli individui esposti ad un determinato fattore, tra essi si rivelerà l'incidenza della malattia. Sono studi longitudinali perché vedono nel tempo l'incidenza della malattia.

Possono essere divisi in:

- retrospettivi: iniziano con l'esposizione, dal passato al presente
- prospettivi → iniziano con la non esposizione, dal presente al futuro

le tappe di studio:

- selezione della coorte rappresentativa e ben definita
- raccolta di dati storici dei partecipati allo studio
- follow-up, periodo d'indagine, fase centrale durante la quale i partecipanti vengono seguiti nel tempo per controllare l'andamento della malattia, vengono raccolti dati periodici
- analisi ed interpretazione dei dati, determinare il rischio relativo, attribuibile e attribuibile di popolazione

La coorte è dinamica, dunque gli individui non saranno seguiti durante lo stesso intervallo temporale, questo può portare a delle distorsioni nelle analisi dei dati, quindi il follow-up si esprime in termini persona-tempo che tiene conto della durata dell'osservazione e degli individui osservati, calcolato come il rapporto percentuale tra il numero di casi osservati ed

del numero totale di anni di osservazione, ottenuto sommando i periodi di osservazione dei singoli individui appartenenti alla popolazione a rischio.

Vantaggi

- padronanza dell'organizzazione dello studio
- certezza nell'accertamento di malattie

Svantaggi:

- non adatto a malattie rare o lunghe
- proporzioni di non partecipazione elevata
- perdite nel follow-up
- di lunga durata e costosi
- misclassificazione dovuta a questionari inadeguati

studi caso controllo → studi retrospettivi, osservazionale, monitoraggio retrospettivo dal presente al passato che si basa sulla memoria del paziente che è chiamato a dare informazione sul proprio passato, dunque è limitato alla memoria umana. Utili per malattie rare. Si confrontano un gruppo di soggetti con una certa malattia con un gruppo di soggetti simile ma privo di malattia e si valuta se ci sono state esposizioni a fattori di rischio, quindi gruppi "casi" e gruppi "controllo".

tappe fondamentali:

- definizione degli obiettivi e rassegna dei dati disponibili
- scelta e definizione della popolazione da studiare (casi e controllo)
- raccolta e analisi dei dati, è un'anamnesi, non faccio una rivelazione diretta, non consentono di calcolare l'incidenza data la mancanza del follow-up, l'analisi si basa sull'ODDS RATIO (associazione tra esposizione e malattia)

ODDS RATIO: permette di valutare quanto è forte il rapporto tra la malattia e il rischio. Come si calcola?

- 1) calcolo la probabilità di essere esposti rispetto a quella di non essere esposti
- 2) calcolo controlli
- 3) calcolo OR

Odds Ratio (OR).

1. Calcolo Probabilità di essere esposti rispetto a quella di non essere esposti

$$[(A/(A+C))/(C/(A+C))]=A/C$$

2. Calcolo Controlli

$$[(B/(B+D))/(D/(B+D))]=B/D$$

3. Calcolo OR

$$(A/C): (B/D)= AD/BC$$

		Esposizione (ingestione recente di carne)		Totale
		Si	No	
Malattia (enterite necrotizzante)	Si	50	11	61
	No	16	41	57
	Totale	66	52	118

Fonte: Millar et al., 1985. Riprodotta per gentile concessione dell'editore

$$(50/11) \div (16/41) = \frac{50 \times 41}{11 \times 16} = 11,6$$

vantaggi

- padronanza nell'organizzazione dello studio
- metodi di rivelazione
- certezza nell'accertamento della malattia
- scelta dei fattori di rischio minori da associare

svantaggi

- errata scelta dei casi
- errata scelta dei controlli
- misclassificazione dovuta a questionari inadeguati
- atteggiamento dell'intervistatore (dato che sono studi basati sulla memoria del paziente)
- **sperimentali** → intervento sulla popolazione con esperimenti finalizzati ad una risposta, è uno studio attivo dove l'operatore può intervenire. Troviamo sperimentazioni cliniche e test valutativi.
- **sperimentazioni cliniche**: l'esperimento implica uno sforzo per modificare la variabile in uno o più gruppi di persone, lo scopo è confermare la validità di uno studio epidemiologico. Intervengono considerazioni etiche, quindi è necessario condurre gli esperimenti nel pieno rispetto dell'etica e prendendo delle precauzioni (sperimentazione animali, sperimentazioni volontari, solo infine sperimentazione umana).

Varia solo l'oggetto dello studio, negli studi sperimentali possiamo avere sia *trial randomizzati*, *trial sul campo* e *trial di comunità*: la differenza è che i primi sono utilizzati per eventi terapeutici, i secondi e i terzi saggiano eventi di precauzione nelle persone sane.

Nei **trial randomizzati** i pazienti vengono assegnati casualmente a due gruppi: il primo riceve il trattamento sperimentale, il secondo riceve un controllo che consiste in un trattamento standard (i pazienti dando il consenso senza sapere a quale gruppo appartengono, infatti sono detti a cecità singola se solo il paziente non lo sa, se anche il medico non lo sa si parla di cecità doppia). Viene analizzato il tempo di evoluzione della malattia, il follow-up con la diversità nella popolazione sorgente, popolazione a rischio dalla quale viene preso un sub-campione (randomizzazione semplice).

I trial sul campo coinvolgono persone libere dalla malattia ma probabilmente a rischio, o scopo è quello di prevenire la malattia (es. vaccini).

Trial di comunità è un'estensione di quello di campo, interessa una comunità di persone a cui viene somministrato un trattamento. Questo studio è adatto per quelle malattie che hanno origine da condizioni sociali. Una limitazione è data dal fatto che solo un piccolo numero di persone può essere incluso nello studio, inoltre è difficile tenere isolate le comunità.

per gli studi si utilizzano degli strumenti come l'acquisizione del dato finalizzato all'apprendimento della malattia; come la patologia si può evolvere nella popolazione? come si può diminuire il rischio?

Per affrontare uno studio epidemiologico c'è bisogno di conoscenze di base, in mancanza di queste non possiamo definire lo studio. Il primo passo è quello di porre un'ipotesi, successivamente verificare l'ipotesi ed infine formulare conclusioni per nuove ipotesi.

alberi decisionali

l'analisi decisionale permette la quantificazione degli effetti di tutte le opzioni che stanno alla base di una decisione. L'analisi decisionale esplora tutta la gamma della probabilità che si verifichi un evento.

ERRORI IN EPIDEMIOLOGIA

L'accuratezza di uno studio consiste nello stimare l'associazione esposizione-malattia con un grado di errore contenuto. Negli studi epidemiologici possono essere commessi errori casuali e sistematici.

lezione 7

NORMATIVE SULL'AMBIENTE

Le normative sull'ambiente hanno come scopo quello della tutela ambientale per difendere la qualità della vita attraverso una legislazione ambientale specifica. L'obiettivo delle normative sull'ambiente e la corrispondenza biunivoca tra la tutela della salute umana e la tutela dell'ambiente attraverso lo sviluppo sostenibile e le procedure di valutazione ambientale per la realizzazione di piani programmi e progetti.

A livello internazionale, a partire dagli anni 60, la comunità internazionale ha iniziato a cooperare per la tutela dell'ambiente (conferenza di Bangkok 1965).

I principi generali internazionali in materia di tutela di ambiente sono:

- principio di prevenzione
- principio di precauzione
- principio di chi inquina paga

ANNI 70-80

- Conferenza di Stoccolma, In Svezia nel 1972; questa sarà la conferenza delle Nazioni unite sull'ambiente umano → Si arrivò alla conclusione che ci fosse una necessità di un'educazione ai problemi ambientali attraverso il senso di responsabilità di individui, società e collettività per la protezione e il miglioramento dell'ambiente nella sua piena dimensione umana al fine di garantire progresso e sviluppo anche alle generazioni future
- Conferenza di Belgrado, 1975 → Adozione della dichiarazione di Belgrado sull'ambiente umano, che ha sottolineato l'importanza della tutela dell'ambiente per il benessere delle persone e ha ribadito l'impegno dei paesi partecipanti per una gestione sostenibile alle risorse naturali e per la conservazione della biodiversità.
- Conferenza di Tbilisi, 1977 → Vengono definiti i paradigmi teorici dell'educazione ambientale, globale e multidisciplinare, impartita a tutte le età e ad ogni livello di educazione formale ed informale; dimostra l'interdipendenza tra comunità nazionali e la necessità del principio di solidarietà tra l'intera umanità. È sottolineata inoltre l'importanza che l'educazione ambientale può avere nel rinnovamento del processo educativo.
- Rapporto Brundtland, 1987 → Il rapporto ha introdotto il concetto di sviluppo sostenibile, definito come lo sviluppo che soddisfa le necessità del presente senza compromettere la capacità delle future generazioni di soddisfare le proprie.
- Conferenza di Mosca, 1987 → sono stati affrontati temi chiave come il cambiamento climatico, la conservazione della biodiversità, la gestione delle risorse naturali e la necessità di adottare politiche ambientali integrate.

ANNI 90

- Rio de Janeiro, Brasile, 1992 → conferenza delle Nazioni Unite su ambiente e sviluppo: parteciparono 172 governi e 108 capi di Stato o di Governo, 2.400 rappresentanti di organizzazioni non governative.

Si andarono a trattare diversi argomenti:

- Agenda 21: il programma d'azione per il XXI secolo, verso uno sviluppo sostenibile.
 - Dichiarazione dei principi per la gestione sostenibile delle foreste: sancisce il diritto degli Stati di utilizzare le foreste secondo le proprie necessità.
 - Convenzione quadro sulla desertificazione.
 - Convenzione quadro sui cambiamenti climatici: obblighi di carattere generale mirati a contenere e sensibilizzare la produzione di gas che contribuiscono all'effetto serra.
 - Convenzione quadro sulla biodiversità: tutelare le specie nei loro habitat naturale e riabilitare quelle in via d'estinzione.
- Conferenza internazionale Unesco, Salonico, Grecia 1997 → necessità di investire nell'educazione per promuovere uno sviluppo sostenibile, attraverso un processo di partecipazione di apprendimento collettivo che coinvolge governi, autorità locali, università, imprese, consumatori, ONG e mezzi di informazione.
 - Secondo rapporto sul clima, Roma 1997 → il rapporto ha sottolineato l'urgente necessità di adottare misure per mitigare gli effetti del cambiamento climatico e adattarsi ai suoi impatti. Ha anche enfatizzato il ruolo cruciale della cooperazione internazionale nell'affrontare questa sfida globale.
 - Protocollo di Kyoto, Giappone 1997 → tale accordo contiene i primi obiettivi di riduzione delle emissioni di gas serra legalmente vincolati per i paesi sviluppati, ha lo scopo di prevenire l'interferenza delle attività antropiche con il sistema climatico. Ogni Stato aderente si è impegnato a ridurre di quote percentuali variabili le emissioni in atmosfera dei gas responsabili dell'effetto serra.

DAL 2000

- La dichiarazione di Johannesburg, Sudafrica 2002 → strumento di indirizzo politico di azione molto importante per molti dei paesi ed è organizzazioni che si sono impegnate nello sviluppo sostenibile:
 - formalizza l'obiettivo 2010 sulla biodiversità
 - ripopolamento dei banchi di pesca a rischio di esaurimento entro il 2015
 - enfasi alla creazione di partenariati piuttosto che alla definizione di nuovi accordi governativi
- Rio de Janeiro, Brasile 2012 → rinnovare l'impegno politico per lo sviluppo sostenibile, verificare lo stato di attuazione degli impegni internazionali assunti negli ultimi due decenni, è cercare di convogliare gli sforzi dei governi e dell'intera società civile verso obiettivi comuni e verso le nuove sfide da affrontare.
 - Economia verde, per mitigare il cambiamento climatico, la perdita di biodiversità, la desertificazione e l'esaurimento delle risorse naturali e al tempo stesso promuovere un benessere sociale ed economico.
 - Sistema di governance globale per lo sviluppo sostenibile, includendo le istituzioni incaricate di sviluppare, monitorare e attuare le politiche di sviluppo sostenibile.
- Parigi Francia 2015, COP21 → l'accordo di Parigi ha portato ben 187 paesi, compresi Cina e Stati Uniti, ad adottare piani di misure nazionali per mitigare la crisi climatica e anche sancire che si dovranno operare forti riduzioni delle emissioni di gas serra per raggiungere la neutralità carbonica entro il 2050 e per cercare di non superare l'aumento di 1,5°.

A livello normativo la svolta nella disciplina ambientale la troviamo con l'**atto unico europeo (TCE) del 1987**, una normativa dedicata all'ambiente definendo gli obiettivi, principi e strumenti dell'azione dell'unione europea.

Ciò fu riconfermato dal **trattato sull'unione europea del 1992 (TUE)**.

Nel 2009 il TCE e TUE assumono la denominazione di **trattato sul funzionamento dell'unione europea (TFUE)**, che sancisce gli obiettivi, principi della politica ambientale dell'unione e le procedure da seguire.

I riferimenti legislativi sull'ambiente sono presenti già nel testo della costituzione della Repubblica italiana.

- Articolo 9 (relativo alla tutela del paesaggio e del patrimonio storico artistico)
- articolo due e 32 della costituzione (relativi alla salubrità dell'ambiente).

Il ministero dell'ambiente e della tutela del territorio con la legge del 17 luglio 2006 numero 233 è stato ridenominato come ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare e si articola negli uffici di diretta collaborazione del ministero e in 7 direzioni generali, coordinate da un segretario generale. All'interno del ministero operano degli organismi di supporto alle attività di tutela ambientale e dal ministero dipendono il corpo delle Capitanerie di porto-reparto ambientale Marino e il comando dei carabinieri per la tutela dell'ambiente.

Secondo la legge della costituzione 3/2001, le competenze delle regioni in materia ambientale sono legate alla valorizzazione dei beni ambientali e al governo del territorio: con il disegno legislativo 112/1998 che attua il cosiddetto decentramento amministrativo funzioni e compiti in materia di tutela ambientale vengono in parte delegate a favore di regioni ed enti locali in particolare, funzioni specifiche in materia di:

- inquinamento dell'acqua
- inquinamento acustico, atmosferico ed elettromagnetico
- gestione dei rifiuti
- risorse idriche e di difesa del suolo

L'ISPRA è sottoposto alla vigilanza del MATTM, ha sede a Roma e assorbe le seguenti funzioni:

- attività di consulenza strategica
- ricerca
- assistenza tecnico scientifica, conoscitiva, di monitoraggio
- valutazione
- informazione e informazione in materia ambientale

Il **TESTO UNICO AMBIENTALE** racchiude in un unico corpus normativo le norme in materia ambientale. Suddiviso originariamente in 5 parti, in questi anni ha subito decine di modifiche, tra cui sono state aggiunte due parti: la V bis e la VI bis. La sua struttura attuale, quindi, risulta suddivisa in 7 parti.

Parte I

la parte prima racchiude le disposizioni e i principi generali in tema di tutela ambientale. Prevede:

- articolo 1: riguarda le materie disciplinate dal decreto
- articolo 2: riguarda la finalità del provvedimento

- articolo 3: racchiude i principi generali in tema di tutela ambientale

Parte II

La parte seconda sottopone progetti a specifiche procedure di valutazione ambientale, come ad esempio la valutazione dell'impatto ambientale (VIA). La VIA e VAS sono trattate nella parte seconda del codice dell'ambiente, insieme all'AIA (autorizzazione integrata ambientale) e all'AUA (autorizzazione unica ambientale).

In origine, però, la parte seconda conteneva le disposizioni relative alla regolamentazione delle procedure di VAS e di VIA, limitandosi, per quanto riguarda l'AIA.

VIA

La VIA è una procedura amministrativa di supporto per l'autorità competente finalizzata ad individuare, descrivere e valutare gli impatti ambientali di un'opera, il cui progetto è sottoposto ad approvazione o autorizzazione.

L'autorità competente per i progetti sottoposti a VIA in sede statale, è il MATTM, mentre per quelli sottoposti a VIA in sede regionale e la pubblica amministrazione.

La VIA Valuta gli impatti diretti e indiretti di un progetto su:

- Uomo, fauna e flora
- Suolo, acqua, aria e clima
- beni materiale e patrimonio culturale

VIA prevede più fasi

- verifica di assoggettabilità a VIA (screening), il proponente trasmette l'autorità competente di uno studio preliminare ambientale per valutare possibili impatti ambientali
- studio di impatto ambientale, una serie di elaborati da redigere a cura del proponente secondo le indicazioni dell'allegato VII del codice dell'ambiente
- presentazioni dell'istanza e l'avvio del procedimento di VIA
- consultazione
- valutazione degli impatti ambientali e la decisione da parte dell'autorità

Infine, è previsto il controllo dell'autorità competente sull'applicazione della disposizione del VIA.

Fase di screening → fase di accertamento → fase di intervento

VAS

La VAS, Valutazione ambientale strategica, è una procedura finalizzata ad integrare considerazioni di natura ambientale nei piani e nei programmi dello sviluppo.

Valuta gli effetti ambientali dei piani o dei programmi, prima della loro approvazione, durante ed al termine del loro periodo di validità.

Oggetto della VAS sono i piani e i programmi che possono avere impatti significativi sull'ambiente e sul patrimonio culturale.

Come per la VIA, la legislazione ambientale afferma che anche per la VAS la competenza ricade sul MATTM a livello statale e sulla pubblica amministrazione in sede regionale.

Le fasi della procedura di VAS comprendono:

- verifica di assoggettabilità dei piani e dei programmi, ha lo scopo di valutare se possono avere effetti significativi sull'ambiente

- Elaborazione del rapporto ambientale, che spetta a proponente. Ministro vengono valutati gli impatti significativi sull'ambiente e sul patrimonio culturale
- le consultazioni
- la valutazione del rapporto ambientale a cura delle autorità competente
- la decisione finale
- L'attività di monitoraggio la collaborazione tra le autorità proponente e competente.

AIA

L'autorizzazione integrata ambientale è il provvedimento che autorizza l'esercizio di un'installazione o parte di essa ha determinate condizioni finalizzate alla prevenzione e riduzione dell'inquinamento e evitare o ridurre le emissioni nell'area, nell'acqua nel suolo.

L'oggetto delle AIA sono le installazioni per attività energetiche, per le industrie chimiche, eccetera.

Per l'AIA È competente in sede statale il MATTM, mentre l'autorità competente in sede regionale e quella individuata dalle leggi regionali.

Le AIA sono connesse alle valutazioni di impatto ambientale (VIA) e all'autorizzazione unica ambientale (AUA).

AUA

L'autorizzazione unica ambientale introdotta con la legge del 4 Aprile 2012 numero 35 per snellire le procedure meglio oneri a carico di piccole e medie imprese.

L'AUA serve ai gestori di impianti per le seguenti attività:

- autorizzazioni agli scarichi
- comunicazione preventiva per l'autorizzazione ergonomica di talune acque
- autorizzazioni alle emissioni in atmosfera per gli stabilimenti
- comunicazione o nulla osta acustico
- autorizzazione all'uso dei fanghi derivanti dal processo di depurazione in agricoltura
- comunicazioni in materia di rifiuti

il provvedimento è rilasciato dall'autorità competente attraverso il SUAP su richiesta del gestore degli impianti.

Parte III e IV

Nella parte terza si tratta in modo specifico le varie matrici ambientali come il suolo e la tutela delle acque.

Nella parte quarta "norme in materia di gestione dei rifiuti e di bonifica dei siti contaminati", vengono introdotte novità importanti:

- analisi di rischio sanitario
- la caratterizzazione di un sito
- concentrazioni soglia di contaminazione (CSC)
- concentrazioni soglia di rischio (CSR)

CSC → rappresentano le concentrazioni al di sopra delle quali è necessario effettuare la caratterizzazione e l'analisi del rischio sito specifica del sito: sono pertanto valori di attenzione, che conferiscono al sito lo stato di "sito potenzialmente contaminato"

CSR → rappresentano le concentrazioni di accettabilità per un sito: per concentrazioni al di sopra del CSR un sito viene definito contaminato.

Con i nuovi valori di soglia fissati, le definizioni di sito potenzialmente contaminato, sito contaminato e sito non contaminato assumono una nuova forma:

- un sito potenzialmente contaminato è un sito nel quale uno o più valori di concentrazioni delle sostanze inquinanti rilevati nelle matrici ambientali risultano superiori ai valori di concentrazione CSC
- un sito contaminato è un sito nel quale i valori delle CSR, determinati con l'applicazione della procedura di analisi di rischio sulla base del piano di caratterizzazione, risultino superati
- un sito non contaminato è un sito nel quale la contaminazione rilevata nella matrice ambientale risulti inferiore ai valori di CSC, oppure, se è superiore, risulti comunque inferiore ai valori di CSR.

Parte V, VI e VII

La parte quinta riguarda la tutela dell'area e riduzione delle emissioni.

La parte sesta disciplina la tutela risarcitoria contro i danni dell'ambiente:

- danno ambientale: qualsiasi deterioramento, diretto o indiretto, di una risorsa naturale
- principio di precauzione del trattato CE: in caso di pericoli, anche solo potenziali, per la salute umana e per l'ambiente, deve essere assicurato un alto livello di protezione.

Questa parte si applica al danno ambientale causato da una delle attività professionali come gli scarichi nelle acque interne superficiali; la riparazione del danno ambientale deve avvenire nel rispetto dei principi e dei criteri stabiliti nella parte sesta.

La parte settima, si occupa della disciplina sanzionatoria degli illeciti amministrativi e penali in materia di tutela ambientale.

lezione 8

CONCETTI GENERALI

La tossicità delle sostanze è legata alla dose a cui si è esposti.

Ecotossicologia -le origini

branca della tossicologia che si occupa dello studio degli effetti tossici, causati da inquinanti naturali e sintetici, verso i costituenti degli ecosistemi animali, vegetali virgola e microbici in un contesto integrato.

Qual è il ruolo dell'ecotossicologia:

- studio dei compartimenti
- interazioni
- effetti

ossia, inquinamento ed effetti dell'inquinamento.

L'ecotossicologia è una disciplina trasversale: il fine è quello di produrre dei criteri scientifici ecotossicologici atti a stabilire fino a che punto certe modificazioni del sistema siano inefficaci o efficaci in maniera accettabile.

L'eco tossicologia si propone di studiare il destino e gli effetti dei contaminanti nell'ambiente, non limitandosi all'osservazione ed alla descrizione dei fenomeni, ma elaborando anche previsioni. La previsione in ecotossicologia è essenziale per elevare il rango della disciplina a livello di scienza.

La chimica ambientale si propone di studiare il movimento, il trasporto e le trasformazioni delle sostanze chimiche nell'ambiente, con approcci che non si limitano a prendere in considerazione i diversi comparti (area, acqua, suolo, organismi), ma cercano di avere una visione di sistema tendenzialmente previsionale.

L'ecologia indica quali sono i processi chiave che caratterizzano in diversi sistemi e le relazioni che intercorrono tra gli organismi ed il supporto non vivente che li ospita.

La tossicologia ambientale propone di fornire gli strumenti per la valutazione del danno virgola non solo a livello di singoli organismi e di specie, ma anche su sistemi biologici complessi, come l'hai comunità.

Il campo della tossicologia ambientale studia il danno a carico degli organismi viventi prodotti dall'inquinamento, la sua misura e la sua prevenzione.

La contaminazione ambientale è la conseguenza di un'azione umana capace di modificare le proprietà delle condizioni o la disponibilità e la qualità delle risorse in un determinato intervallo di spazio e di tempo.

Scopi:

- Studiare la modalità d'ingresso, diffusione accumulo delle sostanze inquinanti tra i vari comparti di ecosistemi.
- Definire la tossicità acuta e cronica delle sostanze di sintesi sulle componenti biotiche degli ecosistemi.
- Definire i livelli ammissibili di emissione o di concentrazione ambientale delle sostanze prodotte o mobilitate dall'uomo
- diagnosticare in tempo utile il verificarsi di fenomeni di inquinamento nei sistemi naturali

Il **monitoraggio ambientale** comprende quattro fasi principali:

- **monitoraggio**, ossia l'insieme delle misure effettuate, periodicamente o in maniera continua, attraverso rilevazioni nel tempo di determinati parametri biologici, chimici e fisici che caratterizzano le sorgenti di contaminazione/inquinamento e le componenti ambientali impattate dalla realizzazione o dall'esercizio delle opere;
- **valutazione** della conformità con i limiti di legge e con le previsioni di impatto effettuate in fase di verifica della compatibilità ambientale del progetto;
- **gestione** di eventuali criticità emesse in sede di monitoraggio non già previste in fase di verifica della compatibilità ambientale del progetto;
- **comunicazione** dei risultati delle attività di monitoraggio, valutazione, gestione delle autorità competente e alle agenzie interessate.

Il **monitoraggio chimico-fisico** comprende il campionamento e l'analisi di diverse matrici ambientali, quali: area, acqua, suolo, sedimento e biomassa.

Scopi

- caratterizzazione dei diversi sistemi
- ricerca e quantificazione di potenziali contaminanti in sistemi naturali o effluenti

- valutazione dello Stato di qualità ambientale per quanto attiene ai vari parametri chimico-fisici.

Il **monitoraggio biologico** si occupa dello studio dei sistemi biologici a diverso livello di organizzazione (individuo, popolazione, comunità, ecosistema).

Gli strumenti sono:

- bioindicatori
- indici biotici
- biomarkers
- dinamica di popolazione
- misura di parametri strutturali e funzionali
- biodiversità

scopi

- caratterizzazione del sistema dal punto di vista biologico ed ecologico
- verifica della presenza di eventuali alterazioni determinate da interventi antropici.

Il monitoraggio ambientale serve:

- 1) a quantificare l'esposizione ambientale a sostanze potenzialmente nocive
- 2) quantificare i danni ambientali
- 3) controllare la qualità degli ecosistemi naturali
- 4) misurare i parametri strutturali e funzionali degli ecosistemi
- 5) studiare il destino ambientale delle sostanze chimiche
- 6) controllare gli effluenti

la funzione principale dell'ecotossicologia è quella di stabilire delle norme che, complessivamente, garantiscano che l'eventuale rilascio nell'ambiente di un composto (inteso come una qualsiasi sostanza che può causare danni o la morte di un organismo) non comporti alcun danno osservabile ed irreversibile.

Effetto ed esposizione

Effetto dannoso → causa danni funzionali o anatomici, cambiamenti irreversibili dell'omeostasi, o aumenta la suscettibilità ad altre sostanze o allo stress biologico, comprese malattie infettive.

Esposizione → funzione della quantità della sostanza, della sua forma, del tipo di somministrazione e del tempo di interazione con l'organismo.

L'esposizione deve tener conto:

1. Dose (concentrazione e volume di esposizione)
2. via, tasso e sito di esposizione
3. durata e frequenza dell'esposizione
4. tempo a disposizione (come ora del giorno, stagione, anno)

La concentrazione è la quantità di sostanza presente nel mezzo in cui si trova l'organismo. Può essere misurata come massa di sostanza per litro di soluzione, oppure come numero di moli per litro, o ancora come percentuale in peso o in volume. Non corrisponde necessariamente alla quantità di sostanza che effettivamente agisce sull'organismo.

La dose è la quantità di sostanza chimica che entra nell'organismo. Si misura di solito come mg di sostanza chimica/kg di peso corporeo.

La dose dipende dalla concentrazione ambientale, dalle proprietà della sostanza e dalla frequenza.

lezione 9

L'ecotossicologia è la scienza che studia la tossicità di varie sostanze o matrici ambientali, valuta la tossicità di organismi bioindicatori. Il concetto alla base della tossicologia → ogni sostanza è un potenziale veleno, è la dose che fa variare la tossicità.

Non tutte le specie sono sensibili alla stessa maniera ad una sostanza tossica.

Le caratteristiche intrinseche della sostanza giocano un ruolo fondamentale: capacità di accumulo nei tessuti biologici, dispersioni nell'ambiente, quantità della sostanza prodotta, ecc.. Ma il danno dipenderà anche dalla peculiarità dell'organismo esposto (modalità di esposizione, età, sesso, durata di esposizione, quanto è grande la dose assunta in un determinato periodo di tempo? Quanto è frequente l'esposizione? Quanto funziona il sistema di detossicazione?)

Esiste una relazione inversa tra parametro dose e l'esposizione, tanto aumenta la concentrazione più diminuisce il tempo di esposizione, questo però non vale per tutto, come ad esempio nelle nanoparticelle come le plastiche; con queste sostanze non c'entra la dose, più aumenta la concentrazione più aumenta l'aggregazione, andiamo in contro ad un ingombro sterico.

Un sistema biologico entra a contatto con un contaminante, che può essere più o meno assorbito, il danno può avvenire solo dopo un'identificazione all'effetto, la relazione tra l'esposizione e la dose:

- 1) in condizioni normali avremo il contatto con l'organismo che risponderà in maniera non fenotipica consumando maggior energia → compensazione omeostatica: l'organismo non subisce effetto
- 2) la concentrazione e l'esposizione aumentano, si iniziano a vedere i primi effetti, l'organismo inizia a manifestare i primi effetti subletali
- 3) aumenta sempre di più la concentrazione e l'organismo muore, non poteva più rispondere, non aveva più energia

L'ecotossicologia è una scienza sperimentale che sfrutta i saggi: va a studiare gli effetti di un determinante dopo un tot di tempo. L'effetto viene detto **endpoint** → effetto misurato in un saggio tossicologico (mortalità, immobilizzazione, effetti sulla riproduzione, effetti sulla crescita degli individui, alterazioni di parametri metabolici o filologici, alterazioni di caratteristiche ambientali)

INDICATORI BIOLOGICI

I bioindicatori sono gli organismi particolarmente sensibili a cambiamenti legati a fattori inquinanti. L'indice biotico va a valutare la presenza o assenza di determinate specie, ciò mi può dare indicazioni sullo stato di quella determinata matrice ambientale.

I bioaccumulatori hanno la capacità di estrarre sostanze dalla propria matrice ambientale (nel mare le cozze).

Le caratteristiche ideali di un indicatore biologico

- sensibile agli inquinanti, ma per ciascuna sostanza tossica devono avere un range di tolleranza, se il bioindicatore è troppo sensibile, questo non è idoneo (al di sotto della soglia di range), mentre se va oltre il range è troppo poco sensibile, questo lo valutiamo in base agli indicatori Ec50 (limite di tollerabilità)
- ampia distribuzione
- scarsa mobilità, perché la mobilità non permette di monitorare l'organismo, soprattutto sulle indagini su campo
- breve ciclo vitale, perché l'ecotossicologia prevede gli effetti della sostanza e limita i danni, dunque il breve ciclo vitale è vantaggioso, sia dal punto di vista etico, sia perché cos' il test biologico dura di meno ed avrà più velocemente risultati
- uniformità genetica, così che il test sia ripetibile nel tempo alle stesse condizioni, devo avere una risposta statisticamente non differente

Il danno di una sostanza dipende dall'organismo esposto, se il danno è riferito a più specie, questo avrà diverse intensità.

Batteria di test → utilizzo di organismi che appartengono a differenti livelli trofici. La batteria di test deve essere selezionata in base alla matrice.

L'analisi degli effetti ecotossicologici può essere fatta su tre tipi di test:

- test di laboratorio: prevede l'utilizzo di una specie o poche specie in ambiente controllato di laboratorio in substrati artificiali
- test di semicampo (microcosmi e mesocosmi): porzioni di ambiente confinate e portate in laboratori (microcosmi), o lasciate in campo (mesocosmi)
- test di campo: porzioni di ecosistemi che vengono selezionate e investigate (più complicato)

Più aumenta la complessità del saggio ecotossicologico, maggiore sarà il realismo; ma quali sono i pro e i contro dei vari test?

Sul campo non posso effettuare test che sia ripetibile, dato che sono presenti vari fattori ambientali che possono influire sulla tossicità.

Quelli in laboratorio hanno minore realismo, più economici ma più ripetibilità, che può rendere il test più realistico.

- test statici: la soluzione viene mantenuta per tutta la durata del test. Solitamente la durata è breve. Poco costose, richiede poco volume ma si possono variare dei fattori (diminuzione di ossigeno, le sostanze si possono degradare)
- test semi-statici: la soluzione è rinnovata ad intervalli di tempo prefissati. Il rinnovo viene effettuato generalmente trasferendo gli organismi in un nuovo recipiente contenente la soluzione alla stessa concentrazione e di partenza. Questo permette una durata dei test più lunga. Poco costose, richiede poco volume ma si possono variare dei fattori (diminuzione di ossigeno, le sostanze si possono degradare)

- **a flusso continuo:** con sostanze estremamente volatili, il saggio viene effettuato attraverso un flusso continuo per mezzo di una pompa offrendo condizioni più realistiche in quanto gli organismi risultano esposti alle concentrazioni di tossico effettivamente preparate. Molto costosi, quantità enormi di soluzione e quindi anche di contaminante

in base alla durata

- **test acuti:** son o di breve durata e rilevano effetti avversi che si manifestano in un breve arco temporale successivi ad una singola somministrazione della sostanza. (condizioni molto controllate di laboratorio)
- **test subcronici:** evidenziano effetti dovuti all'esposizione ad una sostanza per un periodo inferiore o uguale ad un decimo della vita dell'organismo
- **test cronici:** stimano gli effetti che si manifestano in seguito ad esposizioni per un tempo superiore, che spesso coincide con più della metà della durata di vita dell'organismo

altre tipo di test

- **test di screening:** sono esami condotti a tappeto su una fascia più o meno ampia della popolazione allo scopo, ad esempio, di individuare una malattia o i suoi precursori (cioè quelle anomalie da cui la malattia si sviluppa) prima che si manifesti attraverso sintomi o segni.

ESECUZIONE DEL TEST TOSSICOLOGICO

- 1) preparazione di differenti concentrazioni della sostanza da testare
- 2) preparazione dei controlli:
 - controllo negativo → identico alla serie di prova, tranne che per la sostanza in esame (definito BIANCO), serve per determinare eventuali effetti di background
 - controllo positivo → materiale sicuramente tossico, serve a valutare la sensibilità degli organismi (bicromato di potassio)

NOEC → più alto livello al quale non si è manifestato alcun effetto (concentrazione di non effetto)

LOEL → più basso livello al quale è stato possibile evidenziare un effetto

MATC → limite di una concentrazione da considerare accettabili

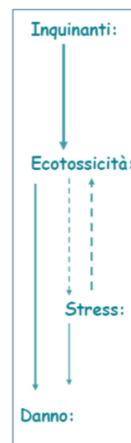
LD50/LC50 (dose/concentrazione letale mediana) → dose di una sostanza chimica che determina la morte del 50% degli individui

EC50/ED50 (concentrazione efficace mediana) → concentrazione che produce nel 50% degli individui un effetto diverso dalla morte (es. immobilizzazione)

CURVE DOSE-RISPOSTA



L'effetto tossico su un organismo è correlato alla dose di esposizione.



Saggio DAPHNIA MAGNA → crostaceo che viene utilizzato come bioindicatore delle acque superficiali per la sua sensibilità ai metalli pesanti e ai principali inquinanti.

Si riproduce per partenogenesi, quindi ogni neonato sarà un clone della madre.

Prima di effettuare il test si deselezionano delle mamme per la presenza sul dorso di molte uova (visibili ad occhio nudo, arancioni) e si separano dagli individui giovani. Il giorno dopo ci saranno i nuovi nati che si utilizzano per il test, non devono avere età superiore a 24h.

Successivamente preparo il controllo negativo e positivo, e secondo il controllo standardizzato devo fare 4 replicati e questi organismi vengono messi in contatto per 24/48h con la sostanza tossica, segue un periodo di incubazione a 21°. In realtà si può effettuare il test sia in presenza che in assenza di luce (la luce però può far evaporare la soluzione, aumentare dunque la concentrazione e potrebbe far aumentare la tossicità).

Successivamente vado a valutare la percentuale di immobilizzazione → capacità natatoria, in base agli organismi immobili valuto la percentuale di tossicità.

Saggi ALGALI → si utilizzano alghe unicellulari e la durata è di 72h, sono test cronici perché durante lo studio avremo 6 generazioni di alghe. Avremo in coltura 5 specie di alghe, per prima cosa si prepara un inoculo (→ quantità a densità nota di cellule) che, nel test finale, deve essere 1×10^4 di cellule ad ml, successivamente preparo le soluzioni da testare ed espongo le alghe a questa soluzione, segue un'incubazione a 24° con illuminazione per 72h. Avremo poi la lettura al microscopio della densità cellulare con camera di Burkner ed, infine, valuto la percentuale dell'inibizione della crescita algale.

Si deve tener conto, però, che le alghe hanno 3 tipi di risposte all'esposizione agli agenti tossici:

- 1) argo-statico → rallenta la crescita degli organismi
- 2) allucida → la sostanza, al primo contatto con le alghe, ha un effetto letale
- 3) ormetico → aumenta la crescita della popolazione

Saggi con nematode CAENORHABDITIS ELEGANS → può essere testato sia in matrici solide che liquide, poiché è terrestre ma vive nell'interfaccia tra terra e acqua. Innanzitutto, una cultura di nematodi è posta al centro della piastra, 2-3 giorni più tardi si osserva lo sviluppo degli organismi

GENOTOSSICITÀ → danno al DNA che provoca effetti durante il ciclo cellulare ma non viene trasmesso alla progenie

MUTATOSSICITÀ → danno permanente alla progenie

Lezione 10 SEMINARIO 1

Terre rare → Secondo la definizione della IUPAC, le terre rare (in inglese rare-earth elements o rare-earth metals) sono un gruppo di 17 elementi chimici della tavola periodica, precisamente scandio, ittrio e i lantanoidi.

CICLO DELLE TERRE RARE

- L'**estrazione mineraria** è un processo lungo, complesso e inquinante.
- **Separazione** dei materiali con cui vengono estratti
- Le **applicazioni** sono molteplici: agricoltura, medicina, tecnologia e tecnologia verde.
- **Riciclaggio**: solo 1%!!

LO SCOPO DI QUESTI STUDI CHE SEGUIRANNO È QUELLO DI AVVICINARSI ALLE CONCENTRAZIONI AMBIENTALI → **TEST MULTIGENERAZIONALI**: SI ABBASSANO LE CONCENTRAZIONI, CI AVVICINIAMO A QUELLI AMBIENTALI PER VEDERE GLI EFFETTI SULLE POPOLAZIONI E VEDERE COME VENGONO ALTERATE LE RISPOSTE IN BASE AD UN'ESPOSIZIONE PROLUNGATA

PHAEODACTYLUM TRICORNUTUM

Scopo dell'esperimento n° 1

→ Ottenere una panoramica degli effetti causati dall'esposizione subcronica dell'alga *Phaeodactylum tricornutum* utilizzando le terre rare a concentrazioni vicine alle concentrazioni ambientali, per un periodo di 28 giorni.

→ Gli endpoint valutati riguardano l'inibizione della crescita delle alghe. Lo stress ossidativo da parte delle specie ossidative reattive (ROS) e la principale attività di difesa antiossidante.

Come impostare un test di inibizione della crescita delle alghe?

- Step 1: Identificare il campione e l'intervallo di concentrazione da testare.
- Step 2: Scegli il tuo bioindicatore. Dipende dal tipo di ambiente che vuoi simulare, marino o d'acqua dolce.
- Step 3: Preparare flasks, mezzo di crescita (sea water, serve per evitare un effetto alghicida immediato), inoculo (aliquota a densità nota di qualsiasi cultura unicellulare), campioni.
(Tutte le flasks (sia dei campioni che dei controlli), devono essere riempiti in modo identico!!)
- Step 4: Incubare tutte le flasks a una temperatura di $20^{\circ}\text{C} \pm 2$, posizionati su uno shaker (piastra che agita delicatamente le alghe, per simulare una condizione ambientale) a 100 giri/min e sotto un'illuminazione continua del tubo fluorescente di circa 600 lux per 72 ± 2 ore.
- Step 5: Misurare la densità cellulare in ogni flasks mediante osservazioni microscopiche e calcolare la percentuale di tossicità per ogni singola flasks utilizzando la seguente formula:

$$\mu = \frac{\ln XL - \ln X0}{tL - t0}$$

Questa formula tiene in considerazione il controllo negativo:

controllo negativo → simulazione dell'ambiente naturale (sea water + alga).

XL → densità cellulare finale

X0 → densità cellulare iniziale

tL → tempo finale

t0 → tempo iniziale

(questa formula mi serve per capire quanto cresce la mia alga, per questo utilizzo questa normalizzazione del dato per eliminare il dato iniziale e vedere quanto è cresciuta l'alga).

I risultati del test dopo tre giorni evidenziano come i valori di EC50 ricavati sono di 3,4 milligrammi per il Cerio e 6,5 milligrammi/litro per il Gadolinio.

Queste concentrazioni sono il punto di partenza per la seconda parte dell'esperimento: esposizione dell'alga Phaeodactylum tricornutum a queste concentrazioni di Ce e Gd però ora per 28 giorni.

- Primo endpoint: ogni sette giorni si effettuano delle misurazioni e si può notare che entrambi gli elementi hanno mostrato una lieve stimolazione della crescita: questo può suggerire una sorta di adattamento della comunità algale.
- Il secondo endpoint che si va ad analizzare è la produzione delle specie reattive dell'ossigeno (e la conseguente risposta antiossidante). Per il Ce non si è osservata nessuna risposta, solamente al giorno 14 ha mostrato una produzione di ROS diversa dal controllo. Per il Gb, la produzione di ROS è sempre stata inferiore a quella del controllo, soltanto al giorno 14 si mostrava comparabile. Per l'attività antiossidante i due elementi hanno mostrato effetti diversi: Ce ha mostrato un'attività inferiore rispetto al controllo (soltanto il giorno 14 era comparabile), mentre il Gb ha mostrato un'attività crescente (comparabile il giorno 14). Per quanto riguarda l'ossidazione lipidica, entrambi non hanno mostrato valori comparabili a quelli del controllo (Ce sempre più basse, tranne che per il giorno 21; mentre il Gb sempre più basso, tranne che per il giorno 14).

In conclusione, le concentrazioni di EC50, sia per il Ce che per il Gb, nell'arco dei 28 giorni hanno mostrato un effetto stimolatori (15% Ce, 4,6% Gb); questo poco manifestarsi degli effetti tossici potrebbe essere dovuto ad un esaurimento dei nutrienti, anche perché una delle ipotesi più accreditate è quella che gli elementi delle terre rare si possano sostituire al calcio, quindi ad elementi nutrienti, così da andare ad alterare la fisiologia delle alghe e di conseguenza stimolarne la crescita.

Mentre, dati i risultati dell'attività antiossidante e dell'ossidazione lipidica, c'è bisogno di altre analisi:

La prima parte è la medesima; si utilizza sempre Phaeodactylum tricornutum esposta ad un elemento delle terre rare, stavolta, però, per un periodo di 28 giorni e, invece che valutare le specie reattive dell'ossigeno e la risposta antiossidante, si vanno a valutare i cambiamenti morfologici nella struttura algale.

Il primo passo è (di nuovo) il test a 3 giorni, ma, invece di utilizzare Ce e Gb, verrà utilizzato il Neodimio (Nb), che è molto utilizzato soprattutto per quanto riguarda gli strumenti tecnologici.

Per avvicinarsi alle condizioni ambientali, questa volta, invece dell'EC50, si utilizza l'EC10 (concentrazione più bassa di 5,10 milligrammi/litro) e si espone l'alga per 21 giorni.

Il Nb ha mostrato una breve stimolazione della crescita algale; la cosa interessante, però, è stata valutare la dimensione delle cellule → nella situazione iniziale avevano dimensioni che andavano dai 3 ai 6 micron, mentre, dalla seconda settimana, avremo una dimensione maggiore tra i 3 agli 11 micron, per poi ritornare ad un range più comparabile al controllo verso la terza settimana.

DAPHNIA MAGNA

Valutazione della qualità dell'acqua mediante saggi ecotossicologici con l'utilizzo del bioindicatore Daphnia Magna.

La Daphnia Magna è un crostaceo di acqua dolce che appartiene alla classe dei brachiopodi, è un organismo cosmopolita, principalmente lo troviamo in tutte quelle acque dolci che hanno una durezza (in termini di carbonato di calcio) pari a 150 milligrammi/litro. Nella porzione più apicale del corpo, l'organismo presenta una sorta di antenne, attraverso le quali l'animale compie una serie di capriole che gli permetteranno di nuotare all'interno della colonna d'acqua (pulce d'acqua dolce). Notiamo un solo grande unico occhio composto e un intestino che divide l'organismo in due porzioni: ventrale e dorsale. Nella porzione ventrale notiamo cinque appendici toraciche (fillopodii), queste si muovono continuamente andando. Formare un flusso d'acqua che verrà poi filtrato all'interno del carapace, così che l'organismo possa portare tutti i nutrienti all'interno del canale digestivo, questa caratteristica fa della Daphnia Magna un animale filtratore.

Nella porzione dorsale avremo in alto il cuore, mentre in basso la camera ovarica, dove verranno deposte le uova.

La regione più caudale del corpo presenta la spina caudale e due cercocodi, appendici che l'organismo utilizza per pulire il carapace. Il carapace è a due valve fatto di chitina trasparente (questa caratteristica ci permette di osservare tutti gli organi).

Ciclo vitale

Il ciclo vitale è fortemente influenzato dalla temperatura, la temperatura ideale alla quale l'animale si riproduce è $20^{\circ}\text{C} \pm 2$, dunque la popolazione, in natura, è più abbondante in primavera e in autunno; principalmente la popolazione è costituita da organismi femminili che si riproducono mediante partenogenesi dando vita ai NAUPLI.

Quando è presente uno stress ambientale (cambiamento temperatura, cambiamento pH, scarsità nutrienti), l'organismo avverte lo stress e nasce il maschio (più piccolo della femmina) che si riproduce tramite riproduzione sessuata, questo darà come risultato un EFIPPIO, che è una vera e propria forma di resistenza, viene deposto lungo il fondale, ed è capace di rimanere in uno stato di quiescenza anche per 10 anni, e solo quando avvertirà le condizioni ambientali ottimali, l'efippio si schiuderà e nasceranno organismi di sesso femminile.

Ciclo vitale breve di 50-60 giorni.

Perché la Daphnia Magna viene utilizzata come bioindicatore?

- Innanzitutto, perché è un organismo sensibile agli agenti inquinanti, è capace di darci una risposta rapida ai contaminanti.

- È facile da manipolare in laboratorio.
- Svolge un ruolo importante negli ecosistemi acquatici.

La Daphnia Magna viene utilizzata per svolgere due tipi di test:

- **Test acuto** → previsto dal D.lgs. 152/2006. È un test di breve durata (24-48h), durante il test non si mantengono le condizioni vitali, è viene utilizzato per valutare la tossicità di sostanze chimiche presenti negli scarichi urbani, acque superficiali, etc. l'endpoint che andiamo ad osservare è la percentuale di immobilizzazione: quanti organismi sono immobili in seguito all'esposizione? Mediante questo test possiamo andare a determinare le misure di tossicità.
- **Test cronico** → superano il 50% della vita dell'organismo, sono quindi di lunga durata (21 giorni per la Daphnia Magna). Si mantengono le condizioni ambientali; l'endpoint che si va ad osservare può essere, ad esempio, la percentuale di inibizione della crescita. Andiamo a vedere come si comporta l'organismo, simulando le condizioni ambientali.

PREPARAZIONE TEST ACUTO, saggio di immobilizzazione Daphnia Magna

Si va a preparare l'acqua ISO standard (acqua di allevamento), composta da 4 Sali che vengono sciolti in acqua pura. Dopodiché si passa al prelievo dei naupli di età inferiore o uguale a 24h, questi test possono essere prelevati o dall'allevamento o si possono comprare degli efippi; in questo caso, subentra un passaggio aggiunto, dobbiamo considerare il fatto che questi si trovano all'interno di una fiala, in una sostanza che assicura che gli efippi rimangano in uno stato di quiescenza, devo quindi filtrare gli efippi per eliminare la sostanza, sciacquarli sia con acqua corrente che con acqua pura e, una volta rimossa la sostanza, vado ad inserire gli efippi all'interno di una piastra Petri con acqua ISO standard ed espongo la piastra a 6000lux (unità di riferimento per l'intensità luminosa utilizzata in ecologia), viene quindi esposto a luminosità continua a 48-72h, così da assicurarci naupli di 24h.

Costruzione del test

- **1 STEP:**
diluizione del campione o della matrice da testare, si effettuano delle diluizioni seriali, dopodiché, secondo la ISO 6341 del 2012, abbiamo bisogno di un minimo di 20 organismi suddivisi in 4 replicati, il volume minimo per ogni organismo è di circa 2ml, quindi, prendo la piastra, effettuo le mie repliche, ed in ognuna di queste inserisco 10ml di soluzione e 5 naupli. Non bisogna dimenticarsi di effettuare il controllo negativo: gli organismi saranno inseriti all'interno di acqua di allevamento, così da essere utilizzati come riferimento; nel caso della Daphnia Magna è bene effettuare anche un controllo positivo, dove vado ad allestire un test dove introduco una soluzione sicuramente tossica per l'organismo (per la Daphnia Magna viene utilizzato il Bicromato di potassio), questo serve per calcolarmi la curva dose-risposta e l'EC50.
- **2 STEP:**
una volta che la piastra è pronta viene incubata in un termostato a 20°, dopo 24h si passa all'osservazione degli organismi: vado a calcolare la percentuale di immobilizzazione, utilizzo una lampada, così da aiutarmi nella lettura, e vado ad osservare ogni camera di esposizione per 15 secondi, entro questo tempo devo calcolare quanti organismi sono immobili.

Il test è valido se

- l'EC50 è compreso tra 0,6 e 2,1 milligrammi/litro (per vedere se gli organismi sono abbastanza sensibili)
- la percentuale di immobilizzazione nel controllo negativo deve essere inferiore al 10%
- la sostanza è tossica se la percentuale di immobilizzazione è maggiore o uguale a 60%

PREPARAZIONE TEST CRONCIO, test multigenerazionale con la Daphnia Magna

Il test multigenerazionale è un test di tossicità cronica che prevede l'esposizione ad una sostanza per più generazioni.

In questo esperimento il test multigenerazionale è stato condotto utilizzando l'ittrio (elemento terre rare).

Gli endpoint valutati riguardano la sopravvivenza, la riproduzione e il tasso di crescita.

- **1 STEP:**
si parte da un test acuto perché, per riuscire ad avere un'esposizione di 21 giorni, c'è bisogno di una concentrazione che aiutasse a mantenere degli organismi esposti al tossico, andando a calcolare l'EC10, quindi una concentrazione sub-letale.
- **2 STEP:**
si prepara l'F0 (generazione parentale), in cui naupli di età inferiore a 24h sono stati esposti sia a controllo che all'ittrio, gli organismi sono stati suddivisi in 20 replicati, ognuno dei quali conteneva 3 naupli.
La generazione F0 è servita, inoltre, per allestire un altro tipo di test che riguarda la fase di eliminazione → gli organismi sono stati per 21 giorni esposti al tossico e dopo sono stati trasferiti in acqua di allevamento.
I naupli nati da questa fase sono stati nuovamente esposti ad acqua di allevamento (come controllo negativo) e all'ittrio.
Durante l'esposizione sono state mantenute le condizioni vitali (luce e nutrizione), e le soluzioni sono state rinnovate due giorni a settimana (concetto di test semi-statico= rinnovo la soluzione per mantener costante la soluzione)
- **RISULTATI**
→ Durante i 21 giorni di test, la sopravvivenza è maggiore nel controllo rispetto che nell'ittrio.
→ Tra l'8 e il 9 giorno, nel controllo la riproduzione mantiene un andamento esponenziale, mentre gli organismi esposti all'ittrio presentano, durante l'11 giorno, c'è stato un arresto della riproduzione.
→ Il numero di nuovi nati si analizzano tramite dei prelievi giornalieri: sempre maggiore nel controllo rispetto che nell'ittrio.
→ Nella generazione F1, esposta anch'essa al controllo e all'ittrio, si può notare un andamento parallelo per tutti i 21 giorni di esposizione. Per quanto riguarda la riproduzione nella F1 è maggiore nel controllo rispetto che nell'ittrio. Stessa situazione nel numero di nuovi nati.

Successivamente, gli organismi che per 21 giorni sono stati esposti all'ittrio, sono stati spostati in acqua di allevamento, cosa si è ipotizzato? Nei 21 giorni in cui l'organismo è stato esposto all'ittrio, questo andava ad utilizzare tutte le sue energie per sopravvivere, dunque non

riusciva a riprodursi, invece ora, in acqua di allevamento, sopravvive di meno, ma si riproduce di più.

I naupli nati da questa fase sono stati esposti nuovamente all'ittrio: qui si può notare come questi sopravvivono e si riproducono di più rispetto al caso controllo; dunque, ora risultano resistenti al tossico.

Lezione 11

I composti inquinanti di interesse possono essere diversi, ad esempio: inquinanti inorganici (metalli o anioni), inquinanti organici (idrocarburi o detergenti), composti organo metallici, isotopi radioattivi, inquinanti gassosi, inquinanti emergenti.

Bisogna tenere in considerazione che, nella situazione reale, l'esposizione non è mai ad un solo agente tossico, ma a miscele di inquinanti; ogni situazione ambientale è una situazione a sé stante.

Alcuni processi possono alterare la tossicità di una sostanza in ambiente, questi possono essere:

- Diluizione
- Assorbimento
- Idrolisi
- Fotolisi
- Volatilizzazione
- Ripartizione
- Bioconcentrazione
- Biomagnificazione
- biodegradazione

i contaminanti entrano negli ecosistemi attraverso delle vie:

- rilascio non intenzionale durante il corso delle attività umane (es. Incidenti nucleari, naufragi e incendi)
- smaltimento dei rifiuti
- applicazione deliberata di biocidi (es. Controllo dei parassiti e controllo dei vettori).

Alcune delle sostanze chimiche così rilasciate possono raggiungere livelli insolitamente elevati localmente anche a causa di processi naturali come l'alterazione delle rocce e le attività vulcaniche. A volte è difficile determinare il contributo relativo dei processi umani e di quelli naturali ai residui presenti nell'ambiente generale.

Inoltre, i contaminanti entrano all'interno degli ecosistemi grazie anche al suolo, alle acque superficiali e all'atmosfera.

Gli inquinanti sono capaci di spostarsi su distanze considerevoli possono essere trasportati oltre i confini tra i diversi paesi, creando così problemi sia politici che ambientali (ad esempio, SO₂ proveniente dal Regno Unito che influisce sui paesi scandinavi).

Per la maggior parte, il trasporto su lunghe distanze è il risultato degli spostamenti di massa dell'aria o dell'acqua.

Lo spostamento per diffusione può essere localizzato o può avvenire su lunghe distanze, specialmente nell'area.

POLARITÀ E SOLUBILITÀ IN ACQUA

La solubilità dei contaminanti nell'acqua dipende dalla forza della carica sul soluto. Tra i sali inorganici, quelli formati da metalli alcalini e terre alcaline rilasciano facilmente i loro ioni, mentre quelli dei metalli hanno una grande tendenza a formare legami covalenti piuttosto che ionici e di conseguenza hanno una solubilità in acqua più bassa.

COEFICIENTE DI RIPARTIZIONE

I liquidi non polari come l'ottanolo, l'esano e l'olio d'oliva non sono miscibili con l'acqua. Se un liquido non polare viene miscelato con acqua, si formeranno due fasi separate e il liquido meno denso delle due sarà sulla parte superiore.

I soluti si distribuiscono tra le due fasi e quando si raggiunge l'equilibrio, il rapporto delle concentrazioni nelle due fasi è dato dal coefficiente di partizione. Il valore dovrebbe essere costante per un particolare soluto nella distribuzione di equilibrio tra due liquidi immiscibili definiti a una determinata temperatura.

PRESSIONE DI VAPORE

La tendenza di un liquido o di un solido a volatilizzarsi è espressa dalla sua pressione di vapore. È la pressione esercitata dal vapore di una sostanza sulla sua stessa superficie solida o liquida in equilibrio. La pressione di vapore aumenta con l'aumentare della temperatura.

MODELLI PER LA DISTRIBUZIONE AMBIENTALE DI SOSTANZE CHIMICHE

I modelli matematici cercano di descrivere e prevedere il movimento e la distribuzione delle sostanze chimiche tra i diversi compartimenti dell'ambiente.

Modelli termodinamici → si occupano della distribuzione che sarà trovata quando si raggiunge un equilibrio termodinamico senza considerare la dimensione del tempo.

Modelli cinetici → si occupano dei tassi con cui avvengono i processi di trasferimento o trasformazione, includendo un fattore temporale.

Per lo scopo della modellazione, l'ambiente può essere diviso in compartimenti fisicamente distinti l'uno dall'altro e separati da confini di fase (es. aria-acqua, acqua-gas).

Gli Stati di equilibrio veri sono di solito presenti nei sistemi chiusi in cui le molecole prese in considerazione non entrano o escono dal sistema.

Questo non è tipico dell'ambiente naturale, dove i sistemi presi in considerazione sono di solito aperti e inquinanti entrano ed escono e subiscono trasformazioni chimiche o biologiche; questo sarebbe il caso dell'acqua di un fiume che trasporta una concentrazione costante di inquinanti lipofili su un sedimento ricco di materia organica. Alcuni inquinanti si distribuirebbero nel sedimento dall'acqua, ma una quantità equivalente si distribuirebbe dal sedimento nell'acqua.

Modelli di fugacità (termodinamici)

I modelli termodinamici sono basati sulle proprietà fisico-chimiche delle sostanze chimiche e sulle variabili ambientali (pH, temperatura, quantità e qualità della luce). Non sono, quindi,

realmente i modelli predittivi, ma modelli valutativi che descrivono la distribuzione ambientale dei contaminanti in condizioni definite.

Una virtù di questo approccio è che fornisce un certo ordine di classificazione tra un gruppo di sostanze chimiche riguardo alla loro tendenza a diffondersi nell'area, nei sedimenti e in altri compartimenti dell'ambiente

Quelli di fugacità descrivono la distribuzione delle sostanze chimiche all'interno dei compartimenti ambientali. Il principio fondamentale è che la fugacità è una misura della tendenza di una molecola a passare da una particolare fase o compartimento a un altro. n è misurata con le stesse dimensioni della pressione.

Quando si considera la distribuzione di una sostanza chimica attraverso diverse fasi adiacenti, si raggiunge l'equilibrio quando la sostanza chimica ha la stessa fugacità in tutte le fasi.

I modelli di fugacità rappresentano l'ambiente come una serie di compartimenti di volume noto in cui può essere stabilito un equilibrio.

Modelli cinetici

I modelli cinetici sono anche utilizzati e si occupano della velocità con cui avvengono i processi di trasferimento o trasformazione.

A livello più semplice, la velocità di trasferimento da un compartimento all'altro segue la cinetica del primo ordine ed è descritta dall'equazione:

$$r = -k C$$

Dove:

r → velocità di trasferimento

k → costante di velocità

C → concentrazione del prodotto chimico nella fase dalla quale sta avvenendo il trasferimento.

Lezione 12 – seminario 2

Eisenia fetida: organismo modello per il monitoraggio del suolo

Introduzione

- *Eisenia fetida* è un lombrico appartenente al phylum Annelida e alla classe Clitellata. La sua caratteristica colorazione rossa lo rende facilmente identificabile, il corpo segmentato si specializza verso la parte anteriore. Questa specie si trova comunemente nei terreni ricchi di materiale organico e nel primo strato di lettiera.

- Gli oligocheti sono i rappresentanti degli animali del suolo e giocano una parte importante nella fertilità dello stesso, nel trasporto dei nutrienti e nel miglioramento della struttura del suolo, a causa della loro elevata sensibilità risultano adatti come indicatori dello stato di salute del suolo.

- Il termine 'fetida' indica la capacità di questo organismo di emettere un liquido viscido e maleodorante atto a scacciare eventuali predatori.

- Si nutrono di letame di bestiame, compost, scarti alimentari, cartone o carta tritati o tritati, o qualsiasi materia organica in decomposizione o prodotto di scarto.

- È molto sensibile ai raggi UV, tanto che una esposizione breve ne causa la paralisi che si tramuta in morte in caso di esposizione prolungata.

Ciclo vitale

Raggiungono la maturità sessuale dopo 8-10 settimane dalla nascita, ed allora producono fino a tre cocoon a settimana per circa 12 mesi.

Sono ermafroditi insufficienti, dunque per l'accoppiamento necessitano di un partner.

La loro vita media è compresa tra i tre ed i quattro anni e le condizioni ideali per la loro sopravvivenza sono:

- $12,7^\circ < \text{Temperatura} < 29,5^\circ$
- $60\% < \text{Umidità} < 85\%$
- $5,0 < \text{pH} < 8,0$

Ruolo in ecotossicologia

E. fetida svolge un ruolo fondamentale nell'aerazione del suolo e nel ciclo dei nutrienti grazie alla sua continua attività di scavare, migliorandone al contempo la struttura; la sua sensibilità alle sostanze tossiche la rende un candidato ideale per gli studi ecotossicologici.

Il test

Il test si svolge seguendo la ISO 11268 del 2015, questo protocollo è diviso in due parti:

- la prima parte è un test di sopravvivenza, test acuto di durata di 14gg → si andrà ad osservare, dopo esposizione, le differenze di crescita e peso, ed eventuale mortalità dell'organismo.
- La seconda parte è un test di riproduzione, durata di 56 giorni, al termine dei quali si potrà osservare se il suolo analizzato ha effetti E. fetida, a livello di mortalità e sulla riproduzione

Preparazione del test preliminare

- 1) prelievo del terreno
- 2) setacciatura a 2 mm
- 3) analisi chimico-fisica sul suolo che comprende:
 - l'analisi del pH secondo l'ISO → si prepara l'aliquota del campione che si va mettere in agitazione e dopodiché si legge il pH. La ISO ci indica di utilizzare 5 milligrammi di suolo e 25ml di acqua distillata.
 - l'analisi della water holding capacity secondo l'ISO → capacità del suolo di trattenere l'acqua; è un'analisi più passiva, si inserisce un'aliquota di terreno in un imbuto nel quale è stato posto un filtro di carta, questo imbuto verrà posto su un cilindro graduato (100gr di terreno per 100ml di acqua distillata); si versa l'acqua distillata un po' alla volta e trascorso un po' di tempo, quando l'acqua ha smesso di gocciolare, andremo a leggere sul cilindro graduato quanto liquido si è depositato, questo dato ci darà il quantitativo d'acqua che è stato trattenuto dal terreno.
 - contenuto di umidità → questo parametro si misura nell'arco di 24h, questo perché vengono misurate delle piccole aliquote di campione (bastano 5gr), si pesano e si mettono ad essiccare in stufa a 100° per 24h. trascorse queste 24h si va semplicemente a pesare il campione secco, e si farà la differenza di peso tra questo e quello non secco.

Prima fase del test: SPIKING

A seconda del tipo di terreno che andremo a testare si dovranno fare determinate correzioni: innanzitutto, dovremo correggere i parametri fisico chimici, aggiungiamo il contaminante al terreno non contaminato e, inoltre, in questa fase, possiamo rendere omogeneo il campione e possiamo preparare i pot (repliche).

Una volta preparati i pot, possiamo procedere con la selezione dei lombrichi: la ISO ci indica i lombrichi da utilizzare che devono avere un'età inferiore di 1 anno, devono essere maturi sessualmente (lo si può notare dalla presenza del clitello), e il peso deve essere di almeno 0.4g.

Preparazione dei pot

Gli organismi precedentemente selezionati vengono prelevati randomicamente in gruppi di 10 esemplari e posti nei pot, ogni gruppo costituisce una replica.

I pot sono contenitori in vetro in grado di permettere lo scambio gassoso con l'ambiente esterno, ma non la fuga degli organismi e di grandezza adeguata all'affossamento di questi ultimi.

Incubazione dei pot

I pot precedentemente preparati vengono posti in incubazione in termostato a 22° C illuminato secondo un ciclo luce/buio di 8/16h.

Lettura del test di sopravvivenza

A cadenza settimanale dalla partenza del test, per i successivi 14 giorni, vengono contati i lombrichi per ogni replica per valutarne la sopravvivenza.

Contestualmente vengono rilevate alterazioni morfologiche e comportamentali:

- Posizionamento in superficie o sul fondo del pot
- Variazioni ponderali
- Poca mobilità e responsività
- Forma più assottigliata/ fragilità
- Spezzettamento e/o ferite
- Variazioni nel colore

A chiusura del test si ripetono le analisi chimico-fisiche

Lettura del test di riproduzione

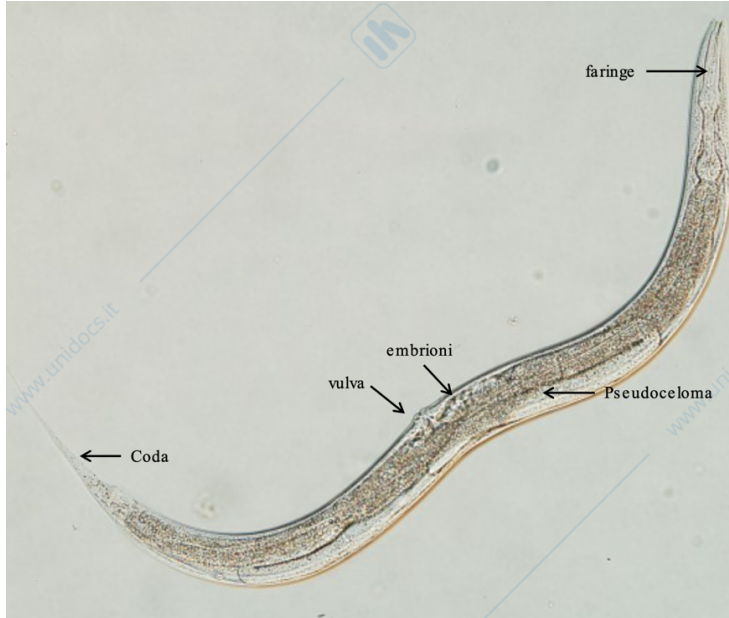
Trascorsi 28 giorni dall'inizio del test si può procedere col test di riproduzione: gli organismi adulti vengono rimossi dai pot; successivamente, i pot vengono incubati nuovamente e lasciati in questo stato per ulteriori 28 giorni, trascorsi i quali si può valutare se il nostro terreno in esame ha avuto effetti sul tasso di riproduzione degli organismi, come?

Contando il numero di nuovi nati e di cocoon (i bozzoli contenenti le uova).

Caenorhabditis elegans

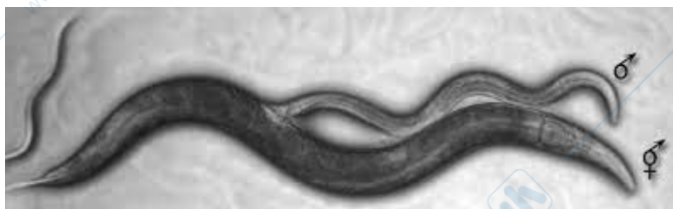
C. elegans è un nematode ambientale, lungo circa 1 mm. Gli individui si presentano trasparenti e, come tutti i nematodi, presenta una forma vermiforme cilindrica a simmetria

bilaterale, con una tegumentazione a cuticola. Non mostra segmentazione, ha quattro cordoni epiteliali ed una cavità pseudocelomatica piena di fluido. Il capo arrotondato è munito di una faringe facilmente riconoscibile ed il posteriore è più sottile e allungato. *C. elegans* si nutre di batteri.



Ciclo vitale di *C. elegans*

La specie possiede solo due sessi: ermafrodita e maschio. Il ciclo vitale è perpetrato dagli ermafroditi, mentre i maschi (0,05% della popolazione) servono solo per variabilità genetica. L'ermafrodita produce sia le uova che lo sperma e si autofeconda. Gli embrioni si sviluppano nell'utero per poi essere espulsi dalla vulva ricoperti da un involucro vitellino resistente. Una volta espulsi si schiudono per dare vita agli stadi larvali. Se l'ambiente risulta sfavorevole entrano in stato di *dauer*, in cui rallentano movimenti e metabolismo e bloccano l'invecchiamento.



Raro evento di accoppiamento tra un maschio e un ermafrodita. Il maschio posiziona l'estremità posteriore contro la vulva dell'ermafrodita per il passaggio dello sperma.

La trasparenza, sia degli embrioni che gli adulti, il numero costante di cellule (953 per gli ermafroditi e 1031 per i maschi), il sistema nervoso completo ma molto semplice (302 neuroni), il numero di geni simile al numero di geni umani, con un'alta omologia nei mammiferi, hanno reso questo animale un organismo modello fondamentale negli studi di

differenziamento e destino cellulare, neurobiologia e genetica. primo organismo multicellulare con genoma totalmente sequenziato. Presenza di autofluorescenza.

C.elegans come bioindicatore

C. elegans viene allevato su piastra e viene nutrito con batteri e si può osservare con uno stereomicroscopio. La presenza degli individui in dauer comporta il rinnovamento periodico delle piastre. Questo passaggio è essenziale per l'esecuzione dei test e l'allevamento stesso. In laboratorio si cibano di OP50.

Test nematode su matrice ambientale solida

I campioni che solitamente sono analizzati con questo test sono terreni ambientali estremamente eterogenee come terreni agricoli e forestali, ma anche matrici più uniformi come argille e arenaria.

Per il test 10 individui per replica vengono prelevati ed esposti al campione di interesse. Per l'esecuzione del test sono necessarie le larve allo stadio L1.

Per avere solamente lave allo stadio L1 effettueremo la **SINCRONIZZAZIONE**:

questa viene fatta partendo da una piastra rinnovata 2/3 giorni prima. Il riavvio serve ad ottenere adulti con le uova e la sincronizzazione ad estrarre le uova dagli adulti.

La sincronizzazione viene fatta ponendo gli individui, prelevati dalla piastra riavviata, a contatto con una soluzione di lisi (ipoclorito di sodio, idrossido di sodio e acqua). La soluzione discioglierà i corpi rilasciando le uova più resistenti.

Procedendo, poi, con lavaggi sequenziali si elimina la soluzione, sostituendola con un buffer salino.

Finiti i lavaggi si spostano le uova su una piastra di allevamento nuova. La piastra viene incubata a 20 °C per ~16h.

FASE DI ESPOSIZIONE:

Finito il periodo di incubazione, si passa a prelevare le larve L1 dalla piastra. In questa fase i nematodi vengono spostati da supporto solido a matrice liquida mediante un apposito mezzo di coltura (k-medium). Questo passaggio è necessario per preparare delle gocce contenenti i 10 nematodi, così da esporre tutti gli individui contemporaneamente.

La fase di esposizione viene eseguita in falconi da 15 ml contenenti il terreno.

Quest'ultime vengono incubate a 20 °C per 24h.

LETTURA TEST:

Finito il periodo di incubazione, si procede con l'estrazione dei nematodi dalla matrice solida. Questo passaggio viene effettuato per differenza di densità, in quanto viene aggiunto al campione una soluzione di silice colloidale, la quale possiede la stessa densità dei nematodi. In questo modo si vengono a formare due fasi, una liquida sovrastante, contenente i nematodi, e una solida sottostante. Una volta ottenuta la fase liquida si passa all'individuazione dei nematodi.

La lettura prevede la conta degli individui vivi in rapporto agli individui totali.

Caso studio:

In questo studio si sono analizzati due tipologie di campione: arenaria e argilla. I campioni prevedevano roccia triturrata condizionata con un tensioattivo, usato per gli scavi dei tunnel, che roccia triturrata tal quale.

I campioni andavano a simulare il materiale di scarto derivante dagli scavi dei tunnel e gallerie. Lo studio prevedeva la ripetizione del test a tempi differenti di esposizione del tensioattivo alla roccia (T1=7gg, T2=14gg, T3=21gg).

I tempi diversi simulavano lo stoccaggio del materiale di risulta prima di essere poi trattato.

I test hanno valutato la tossicità del tensioattivo miscelato alla roccia scavata. Lo scopo finale era quello di reimmettere in ambiente il materiale di risulta, nel caso la tossicità risulti assente. Questo perché per la normativa italiana attuale quel materiale è considerato rifiuto speciale e come tale trattato. Dai grafici è possibile individuare l'andamento della tossicità, la quale tende ad equipararsi tra i controlli e i condizionati in T3, con leggera diminuzione nell'argilla condizionata.

Lezione 13

Seminario sulle acque reflue

Definizione di Acque Reflue: acque che dopo l'utilizzo in diverse attività e/o processi (industriali, civili, agricoli ...) hanno perso le caratteristiche originarie, divenendo inadatte ad un utilizzo diretto.

Nel rifiuto liquido rientrano i rifiuti industriali, i rifiuti agricoli e civili (tutti liquidi anch'essi).

L'art. 74 del Decreto Legislativo **152/2006** e s.m.i identifica le ACQUE REFLUE URBANE come: il miscuglio di acque reflue domestiche, di acque reflue industriali, e/o di quelle meteoriche di dilavamento convogliate in reti fognarie, anche separate, e provenienti da agglomerato.

ed, infine le ACQUEREFLUEINDUSTRIALI: qualsiasi tipo di acque reflue provenienti da edifici o installazioni in cui si svolgono attività commerciali o di produzione di beni, differenti qualitativamente dalle acque reflue urbane e da quelle meteoriche di dilavamento, intendendosi per tali anche quelle venute in contatto con sostanze o materiali, anche inquinanti non connesse alle attività di stabilimento.

Le acque reflue sono di tre tipi:

1. Acque piovane o bianche di origine meteorica
2. Acque nere provenienti dagli scarichi delle abitazioni
3. Acque di rifiuto industriale: provengono dagli stabilimenti produttivi

I reflui possono essere di origine civile (sostanza organica, composti dell'azoto e del fosforo di origine organica ed inorganica, detersivi), di provenienza zootecnica: sostanza organica (deiezioni animali), di origine agricola: residui di pesticidi (xenobiotici tossici: erbicidi e fertilizzanti), industriali.

Le acque reflue vanno incontro a smaltimento, ma di base c'è un processo di depurazione ecologica: l'autodepurazione. L'autodepurazione è un processo naturale che attuano le matrici ambientali nei confronti delle acque, riducono le sostanze organiche in esse disciolte. Questo processo è possibile solo se l'acqua reflua subisce un'abbondante diluizione e se non contiene contaminanti tossici.

L'autodepurazione si avvale di meccanismi fisici, biologici e chimici.

- Meccanismi fisici → adsorbimento e flocculazione, sedimentazione, luce solare (U.V., I.R.), dispersione e diluizione, temperatura, pH
- Meccanismi biologici → potere battericida, potere antibiotico, potere litico (batteriofagi, batteriolitici, B. bacteriovorus), predazione e antagonismo

- Meccanismi chimici → sali, ossidanti, sostanze nutritive

I contaminanti presenti nelle acque reflue possono essere di origine naturale o artificiale: vanno da sospesi a colloidali a disciolti.

L'autodepurazione non è più bastata ed è stato necessario uno smaltimento artificiale delle acque reflue a causa dell'aumento della popolazione e l'aumento delle attività industriali.

La filiera dei reflui ha i seguenti passaggi: raccolta, allontanamento, trattamento, smaltimento. I problemi legati ai reflui sono ambientali e sanitari. Quelli ambientali sono alterazione degli ecosistemi, problemi estetici. Quelli sanitari sono pericolo infettivo e tossico, bioaccumulo di contaminanti.

La raccolta avviene per:

- Acque nere: ◦ Vaso alla turca ◦ Vaso inglese
- Acque bianche: ◦ Caditoie stradali ◦ Grondaie

L'allontanamento avviene per:

- Fognatura statica: ◦ Pozzi percolanti ◦ Pozzi a tenuta (non percolanti)
- Fognatura dinamica a sistema separato
- Fognatura dinamica a sistema misto

I principali inquinanti delle acque reflue sono: patogeni, P e N, solidi sospesi, materiale organico, metalli pesanti, inquinanti prioritari, composti inorganici disciolti.

Vengono utilizzati due parametri per valutare la "forza" di un liquame:

- BOD (biochemical Oxygen Demand) → quanto ossigeno disciolto serve per far ossidare biologicamente le sostanze presenti in acqua; si usa la flora batterica aerobica.
- COD (Chemical Oxygen Demand) → esprime la quantità di ossigeno necessaria per far ossidare chimicamente le sostanze ossidabili presenti in acqua

Entrambi i parametri si misurano in O₂/L
Normalmente il COD > BOD

Prima di procedere va tolto il contenuto di solidi sospesi totali (SST)

È anche importante considerare che, se la BOD è prossima alla COD, il liquame è trattabile con tecniche di depurazione biologica (gran parte delle sostanze che lo compongono sono biodegradabili); se la BOD si discosta notevolmente dalla COD, il refluo può essere trattato solo con tecniche chimico-fisiche.

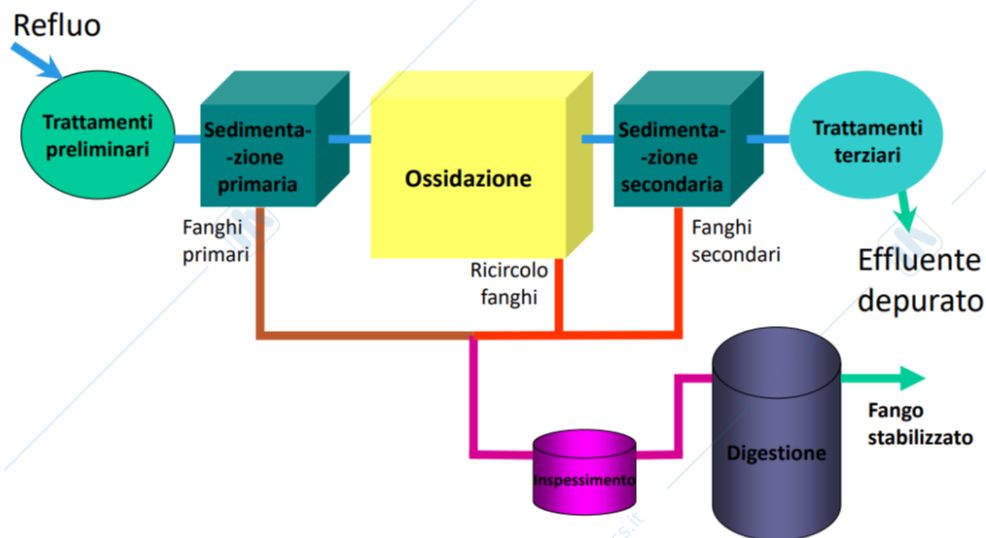
La BOD essendo compresa nella COD, non può mai superarla.

In base al rapporto BOD/COD io valuto quale trattamento di depurazione attuare:

- BOD /COD < 0,2: non biodegradabile
- 0,2 < BOD /COD < 0,6: refluo biodegradabile con microrganismi selezionati
- BOD /COD > 0,6: refluo biodegradabile

Il numero del BOD ci dice anche quali batteri utilizzare nel processo depurativo.

Come funziona un impianto di trattamento dei rifiuti urbani:



La prima linea prende il nome di linea acque e la seconda quella di linea fanghi.

Vediamo specificamente ogni trattamento:

Trattamenti preliminari: sono operazioni semplici come la grigliatura, la dissabbiatura, la disoleazione

Trattamenti primari: sedimentazione primaria in vasche di sedimentazione a flusso radiale. Gli scarichi di questo processo vanno nella linea fanghi.

Trattamenti secondari: ossidazione e sedimentazione secondaria. Nell'ossidazione sono previsti i trattamenti biologici attraverso la biomassa; la biomassa può essere adesa o sospesa. Per biomassa adesa si intendono i letti percolati: strutture tridimensionali fatte da ghiaia e biofilm. Quando l'acqua reflua entra in contatto con questa parete, le particelle organiche reagiscono con il biofilm e da questo vengono intrappolate fin quando il biofilm non diventa così spesso da distaccarsi dalla ghiaia. Questo avviene poiché l'ossigeno ed il substrato non riescono più a raggiungere strati più profondi del biofilm con la conseguente insorgere di condizioni anaerobiche e/o endogene che comportano la morte dei microrganismi, aerobici, del biofilm. Il biofilm si distacca e viene raccolto nel sedimentatore secondario.

Per biomassa dispersa si intendono dei fanghi attivi che vengono immessi nell'acqua reflua. Insufflando aria in un liquame per un determinato tempo e lasciandolo poi sedimentare, si notava la formazione di un surnatante chiarificato ed un sedimento. Utilizzando quest'ultimo in un nuovo becker con altro liquame e ripetendo l'esperimento si otteneva ancora un sedimento con un surnatante ancor più chiarificato. Ripetendo ancora, il surnatante ottenuto risultava sempre più limpido come se il sedimento "fango" si fosse "attivato". Da queste esperienze i ricercatori del primo '900 (K. Imhoff tra i primi) idearono i sistemi di trattamento a "fanghi attivi" (dizione gergale che ancora oggi sopravvive nell'uso comune). Oggi sappiamo che il continuo adattamento di una biomassa al liquame in trattamento seleziona specie particolarmente adatte alla degradazione/trasformazione del liquame; alla dizione "fango attivo" oggi si preferisce più propriamente usare il termine "biomassa".

Quali sono gli organismi che troviamo nei fanghi attivi?

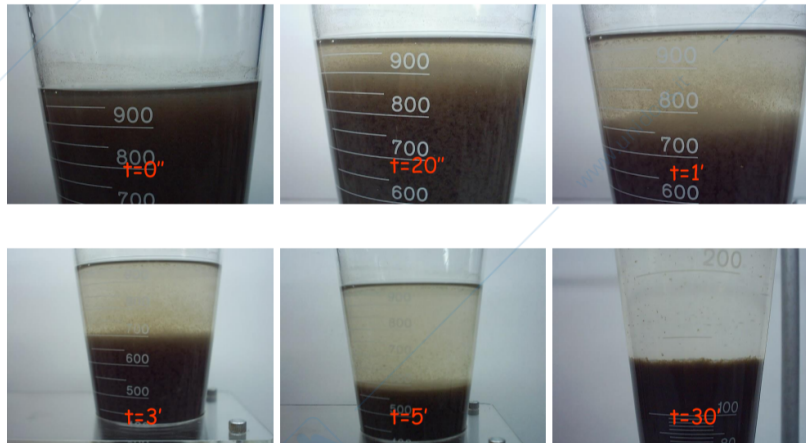
I fanghi attivi sono una sospensione in acqua di biomassa attiva, solitamente sotto forma di fiocchi. Tali fanghi sono alla base dei sistemi di ossidazione biologica a fanghi attivi, che sono i più diffusi nei tradizionali impianti di depurazione o meglio impianti di trattamento delle acque reflue.



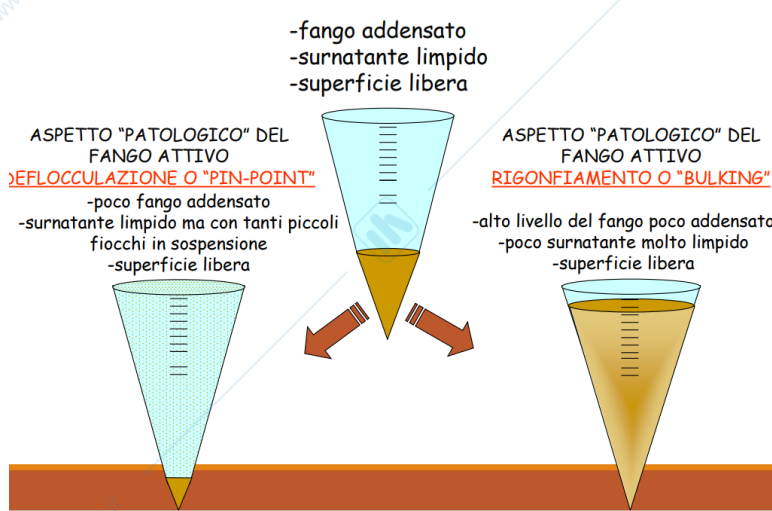
Costituiscono una vera e propria rete trofica in cui trovo i:

- Decompositori → i batteri dispersi e filamentosi
- Consumatori primari → i protozoi flagellati o ciliati e i metazoi come nematodi e rotiferi
- I batteri flocculanti → hanno azione flocculante nell'acqua reflua; questi batteri possono essere
 - filamentosi → favoriscono la compattezza del fiocco costituendo lo scheletro su cui si accumulano sostanze inerti
 - fioccoformatori → capaci di convertire substrato organico in glicocalice che consente alle cellule di formare aggregati batterici favorendo la bioflocculazione.

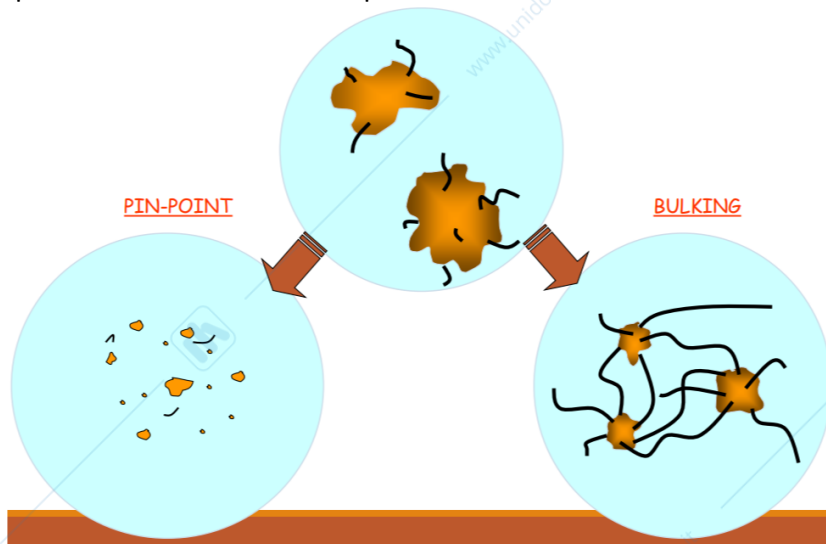
Come dovrebbe funzionare un fango attivo:



Dopo circa 30 minuti dopo aver inserito il fango attivo, dovrei trovare un corpo addensato sul fondo e una superficie limpida surnatante, ma non sempre è così. Queste sono le due situazioni che si potrebbero presentare dopo 30 minuti:



Viste al microscopio ottico 100x si ritrovano queste situazioni:



Dove vediamo che il composto marroncino sono i batteri floccforming mentre le linee nere rappresentano i batteri filamentosi.

La sedimentazione secondaria con chiarificatori circolari o rettangolari. Un chiarificatore è un recipiente o apparecchio costituito da una centrifuga, in cui si fa avvenire la chiarificazione di un liquido. Quello che viene eliminato dal chiarificatore costituisce i fanghi secondari.

Trattamenti terziari: sono trattamenti specifici utilizzati per ottenere un effluente particolarmente puro. Ne sono degli esempi la disinfezione, denitrificazione, defosfatazione.

Vengono rimossi i composti dell'azoto come ammoniaca e ione ammonio attraverso processi quali la degassazione o utilizzo di filtri.

Vengono rimossi i composti del Fosforo attraverso la precipitazione chimica con calce, solfato di alluminio e cloruro ferrico.

Per la rimozione di entrambi è possibile utilizzare impianti ad alghe che utilizzano i sali di azoto e fosforo producendo nuova biomassa (utilizzabile anche ai fini del recupero energetico).

La clorazione fa parte di un trattamento terziario, la disinfezione può avvenire con ozonizzazione e attinizzazione.

Il risultato del trattamento terziario è l'effluente finale.

La disciplina degli scarichi è trattata nella parte terza, tit. III, capo III del D.Lgs 152/06 che in allegato 5 riporta in 4 tabelle i limiti dei parametri per le acque reflue urbane e industriali che recapitano nelle acque superficiali o nel suolo.

I reflui industriali hanno un trattamento che prevede gli stessi passaggi delle acque reflue civili ma con l'aggiunta di un passaggio preliminare: la desolfurazione e la denitrificazione.

L'ispessimento è la prima fase che subiscono tutti i fanghi di supero dai trattamenti primari e secondari. Consiste nel togliere umidità dai fanghi per gravità o per flottazione (per approfondire: https://it.wikipedia.org/wiki/Ispezzimento_dei_fanghi#Ispezzimento_per_flottazione). I trattamenti finali della linea fanghi sono l'ispessimento, la centrifuga, letti di essiccamento etc. Dall'ispessimento si passa alla digestione, ovvero un processo di stabilizzazione che 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, si consegue così la mineralizzazione del fango. In questo processo vengono utilizzati batteri anaerobi tra i 30 e i 45 gradi.

Il prodotto della digestione sono gas, in particolare lo si chiama biogas ed è composto in maggior parte da metano ed anidride carbonica. Questo può essere utilizzato per la produzione energetica. Quali sono i destini degli effluenti prodotti dall'impianto di acque reflue?

Gli effluenti della linea delle acque sono usati come acque da irrigazione o sono immesse in corpi idrici superficiali.

Gli effluenti della linea dei fanghi, quindi i fanghi stessi, sono usati o come Coadiuvanti nell'industria di produzione di materiale edile oppure vengono collocati in discariche controllate; possono essere usati come ammendanti o compostaggio o finire all'incenerimento.

Il destino dei fanghi dipende dalla loro composizione.

Quali sono i vantaggi e gli svantaggi di un impianto per le acque reflue?

Vantaggi

- Tecniche già ampiamente utilizzate, affidabili e adatte al processo automatico
- Possibilità di riutilizzo delle sostanze di scarto
- È possibile trattare rifiuti in un ampio intervallo di concentrazioni
- Costi bassi

Svantaggi

- Sistemi che non eliminano definitivamente gli inquinanti dell'acqua, ma li separano in una matrice solida: questo crea un rischio per l'ambiente
- Gli inquinanti solidi prodotti aumentano i costi del trattamento
- Svantaggio economico per tutti i metodi che utilizzano additivi chimici
- La clorazione può produrre sostanze cancerogene
- Con questo trattamento non vengono eliminati i contaminanti emergenti

Le acque superficiali poi possono essere potabilizzate attraverso gli impianti classici di potabilizzazione oppure attraverso un metodo innovativo: gli AOPs (processi di ossidazione avanzata). Gli AOPs sono una serie di processi che generano specie chimiche ad elevato potere ossidante in grado di degradare le molecole di inquinanti presenti in atmosfera o nelle acque.



I processi di ossigenazione avanzata sono principalmente 4:

1. Fotocatalisi eterogenea
2. H₂O₂ + UV
3. O₃ + UV
4. Processo fenton

Lezione 14

L'ACQUA

L'acqua è una risorsa naturale limitata è un bene pubblico fondamentale per la vita e la salute di tutti. Il diritto umano all'acqua è indispensabile per condurre un'esistenza degna. Avere accesso all'acqua è un prerequisito per la realizzazione di tutti gli altri diritti umani.

L'acqua occupa il 62% dell'organismo adulto e il 71% dell'organismo neonato.

Risorsa idrica

il termine risorsa idrica si riferisce a tutte le fonti d'acqua disponibili su un determinato territorio che possono essere utilizzate per soddisfare le esigenze umane e ambientali.

Idrosfera occupa circa 2/3 della superficie terrestre e può essere suddivisa in:

- acque superficiali
- acque sotterranee

le risorse idriche coprono circa il 71% della superficie terrestre, principalmente sotto forma di mare e oceani.

La porzione utilizzabile dall'uomo è limitata al 2,5%, costituito da acqua dolce. Di questo:

- 68,7% ghiacciai e nevi perenni
- 30% acque sotterranee
- 0,8% permafrost
- 0,4% acque superficiali e acque presenti nell'atmosfera

La FAO (food agriculture Organization) divide le risorse idriche in:

- rinnovabili
- non rinnovabili

Le risorse idriche rinnovabili sono direttamente influenzate dalle precipitazioni atmosferiche e sono rappresentate dai corsi d'acqua superficiali e dalle acque di ricarica delle falde acquifere.

Le **risorse idriche non rinnovabili** sono invece corpi idrici sotterranei o acquiferi profondi, caratterizzati da un trascurabile tasso di ricarica rispetto alla Scala temporale umana e pertanto considerate non rinnovabili.

Approvvigionamento idrico

per approvvigionamento idrico si intendono tutte le fasi di sfruttamento ed utilizzo delle risorse idriche da parte dell'uomo.

Esso comprende:

- lo sfruttamento delle sorgenti e delle acque sotterranee
- lo stoccaggio dell'acqua
- il trasporto
- il controllo dei requisiti di qualità
- la distribuzione alla collettività (privati o enti pubblici)

sistemi di approvvigionamento → i più antichi risalgono al XV-XVI secolo A.C.

I romani svilupparono acquedotti e tubazioni sia per l'approvvigionamento sia per lo smaltimento delle acque di scarico.

Nel medioevo prevalgono i pozzi a carrucola e le cisterne per l'acqua piovana.

O nell'età moderna l'approvvigionamento idrico è concepito come rete idraulica sotto pressione e gli impianti sono gestiti da comuni o aziende private.

Il fabbisogno sempre crescente di acqua ha potuto essere soddisfatto attraverso l'ampliamento delle centrali idriche e un intenso sfruttamento delle falde acquifere.

Bisogno idrico crescente il diffuso inquinamento rendono sempre più difficile il reperimento di acque potabili.

Tra le fonti utilizzate ci sono:

- acque sotterranee
- acque superficiali
- acque meteoriche
- acque marine

Acque sotterranee

acqua di falda idrica: l'acqua si infila negli strati di terreno permeabili fino ad incontrare uno strato impermeabile: l'acqua attraversa le fratture e fessurazioni delle rocce fino a raggiungere uno strato impermeabile in corrispondenza del quale prende origine una vena idrica. La captazione avviene nel punto in cui sgorgano (tramite dei pozzi).

Acque superficiali

Fiumi: la composizione chimica dell'acqua dei fiumi può variare entro certi limiti.

Laghi: rappresentano una maggiore limpidezza e una composizione chimica più costante.

La captazione avviene tramite opere di presa poste al centro del fiume o da apposite canalizzazioni immerse nel subalveo.

Acque meteoriche

purissime all'origine si alterano durante il percorso di atmosfera.

La captazione avviene per raccolta su piccole superfici, dette tetti, oppure bacini artificiali più ampi.

Acque marine

l'approvvigionamento richiede una serie di trattamenti tesi ad eliminare l'elevato contenuto salino.

INQUINAMENTO IDRICO

Nonostante l'ambiente possieda ottimi meccanismi di depurazione naturale, l'acqua può rappresentare un'importante fattore di rischio per la salute dell'uomo, così come per tutti gli altri organismi viventi.

Le maggiori fonti di contaminazione sono rappresentate da:

- reflui di procedimenti industriale
- acque di provenienza domestica
- attività agricole
- processi di potabilizzazione

L'acqua per poter essere definita potabile deve possedere determinati requisiti fisici, organolettici, microbiologici e chimici.

Normative relative alle acque destinate al consumo umano

- D.lgs n 152 del 2006 → legge quadro per la tutela delle matrici ambientali; nonché sulla valutazione di impatto ambientale e sullo sviluppo sostenibile. Normativa aggiornata e integrata da vari decreti e norme.
- Decreto n 25 del 2012 → decreto del ministero della salute sulle disposizioni tecniche concernenti apparecchiature finalizzate al trattamento dell'acqua destinata al consumo umano con relative linee guida
- Direttiva 98/83/CE: qualità dell'acqua potabile → “proteggere la salute e la sicurezza delle persone, garantendo alti standard qualitativi per la composizione dell'acqua destinata al consumo umano ad esclusione delle acque minerali naturali”.
I principali obblighi previsti:
 - Stati membri si impegnano a evitare che l'acqua potabile contenga microrganismi, parassiti o altre sostanze potenzialmente pericolose per la salute umana.
 - Stati membri stabiliscono i parametri dell'acqua destinata al consumo umano.
 - Stati membri hanno l'obbligo di effettuare controlli periodici delle acque destinate al consumo umano.
 - Ogni 5 anni la commissione effettua una revisione dei parametri stabiliti dalla direttiva.
 - Ogni tre anni gli Stati membri pubblicano una relazione riguardante la qualità dell'acqua destinata al consumo umano.

[In Italia questa direttiva è stata recepita con il DLgs 31/201](#)

Il decreto legislativo 18 del 23 Febbraio 2023, apro il precedente decreto legislativo 31/01 introduce diverse novità nel settore idrico.

Definisce nuove responsabilità per i gestori del ciclo idrico integrato e gli utilizzatori delle acque, istituendo piani di sicurezza e controlli riguardanti materiali e trattamenti.

Vengono ridefiniti i controlli interni ed esterni, con un aggiornamento di parametri chimico-fisici e microbiologici.

Sono previste sanzioni per il mancato rispetto delle prescrizioni.

Il decreto introduce anche nuovi parametri per valutare il rischio nei sistemi di distribuzione domestica.

La circolare del ministero della salute delinea i limiti e le considerazioni per i parametri microbiologici, come il conteggio delle colonie a 22 ° C, batteri coliformi, enterococchi intestinali ed escherichia coli, stabilendo frequenze di monitoraggio e valutando la non conformità come potenziale pericolo per la salute umana.

ACQUE DESTINATE AL CONSUMO UMANO

- acque destinate ad uso indiretto → acque trattate e non trattate, destinate ad uso potabile, per la preparazione di cibi e bevande, o per uso domestico, a prescindere dalla loro origine (che siano fornite tramite una rete di distribuzione, mediante cisterne, in bottiglie o contenitori).
- Acque utilizzate da imprese alimentari → acque utilizzate per la fabbricazione, il trattamento, la conservazione o l'immissione sul mercato di prodotti o di sostanze destinate al consumo umano.

Le acque destinate al consumo umano devono essere salubri e pulite; dunque, non devono contenere microrganismi e parassiti, né altre sostanze in quantità concentrazioni tali da rappresentare un potenziale pericolo per la salute umana.

I **controlli esterni** vengono svolti dall'asl competente che comunica al ministero della sanità e alla regione i punti di prelievo e le frequenze di campionamento, assicura una ricerca supplementare per le sostanze o microrganismi non previsti dall'allegato I, qualora vi sia rischio per la salute pubblica e tiene conto dei risultati del rilevamento dello Stato di qualità dei corpi idrici. Ove gli impianti ricadano in territori interregionali, le regioni di intesa individuano l'azienda a cui attribuire i controlli, per le attività di laboratorio si avvalgono delle ARPA ciò che mensilmente inviano i risultati al ministero della sanità e alla regione.

I **controlli interni** sono effettuati dal gestore del servizio idrico e sono concordati con l'asl che si avvale di laboratori interni, ovvero stipula convenzioni con altri gestori. Non possono essere eseguiti dai laboratori che effettuano controlli esterni. I risultati dei controlli devono essere conservati 5 anni.

REQUISITI DI POTABILITÀ DELL'ACQUA

- Ispezione locale ed eventuale studio del terreno
- caratteri organolettici
- caratteri fisici
- caratteri chimici
- caratteri batteriologici.

I parametri da analizzare sono diversi:

- parametri microbiologici
- parametri accessori
- parametri chimici
- radionuclidi

La numerosità degli analiti da determinare rende impossibile effettuare un controllo routinario delle acque.

Pertanto, vengono effettuati di routine solo un limitato numero di parametri e precisamente:

colore, odore, sapore, torbidità, pH, conduttività, ammonio, nitriti, ferro, escherichia coli, CBT 22° e 37 °.

Sporadicamente vengono effettuati tutti gli esami. In casi particolari vengono determinati anche i parametri accessori.

La frequenza dei controlli e funzione alla complessità della rete e delle portate erogate; a minima frequenza di un controllo all'anno ed un massimo di 12 all'anno.

Il monitoraggio è fatto all'origine e lungo i nodi di condotta prossimi alla distribuzione; la norma garantisce la qualità e sicurezza dell'acqua per fino all'utenza, cioè fino al contatore volumetrico sigillato.

Abbiamo detto che un'acqua per essere definita potabile deve possedere determinati requisiti:

- **caratteristiche organolettiche** → sono quei caratteri che cadono direttamente ed immediatamente sotto il dominio dei sensi (odore, sapore, aspetto). Le percezioni sono soggettive, tuttavia sono state stabilite alcune regole che attenuano l'arbitrarietà del responso analitico.
- **Odore**: prevede l'identificazione e la classificazione dell'odore e la misura della sua intensità. Può avere origine naturale (decomposizione di materia vegetale) o antropica (contaminazione prodotta da effluenti urbani ed industriali, da composti secondari generati durante processi di ossidazione e disinfezione).
La determinazione dell'odore viene di norma eseguita per direzione del campione in esame, con acqua inodore, al fine di valutare la diluizione più spinta alla quale può essere ancora percepito l'odore.
- **Sapore**: il gusto di un'acqua è normalmente determinato dall'associazione di sapore ed odore. Soluzioni di sali inorganici sono rivelabili al sapore, mentre tracce di sostanze organiche possono impartire ad un'acqua un sapore associato ad un odore. I sapori possono avere origine naturale (presenza di alghe e attinomiceti, solubilizzazione di sali minerali contenuti nel terreno) o antropica (contaminazione da effluenti industriali ed urbani, da composti secondari generati durante processi di disinfezione, ossidazione, chiariflocculazione).
Non esistono metodi strumentali ufficialmente riconosciuti che siano in grado di fornire una valutazione assoluta del sapore.
Il metodo consiste nell'effettuare delusioni successive del campione, con acqua priva di qualunque sapore, e quindi degustarle fino a che l'analista non avverte più alcun sapore.
La concentrazione più spinta alla quale può essere ancora percepito il sapore costituisce una misura indiretta della sua concentrazione nel campione. Il metodo dipende dalla sensibilità dell'operatore; una valutazione rigorosa, basata su una maggiore rappresentatività, prevede l'impiego di almeno sei operatori: prima di tutto si sorbisce un po' d'acqua, la si porta da un lato e all'altro della bocca, quindi la si sputa; successivamente si lascia una piccola quantità d'acqua nella parte anteriore della bocca, in contatto con le papille nella punta della lingua, senza agitare, per 5-10 secondi.
Ordinariamente sono necessarie più degustazioni a temperature diverse, inoltre è spesso importante fare degustazioni dopo 24 ore, a circa 25 ° e dopo 10 minuti di ebollizione, raffreddamento e areazione con moderata agitazione.
- **Colore**: il colore di un'acqua è dovuto alla presenza di ioni metallici (ferro, manganese, rame), sostanze organiche e scarichi industriali.

Il colore di un'acqua si riferisce al colore vero, cioè al colore della luce trasmessa dopo eliminazione delle sostanze in sospensione, includendo fra queste le particelle pseudo-colloidal, per distinguerlo dal colore apparente a cui contribuiscono non solo le sostanze disciolte, ma anche quelle in sospensione.

Il metodo si basa sul confronto visivo tra il campione in esame e soluzioni colorate a concentrazione nota ottenute con differenti deduzioni di platino-cobalto.

Si definisce 1 unità di colore (unità Hazen) quella prodotta da una soluzione di esacloroplatinato e cloruro di cobalto esaidrato.

- **Caratteri fisici**

- **Temperatura**: grandezza fisica che esprime lo stato termico di un sistema e che descrive la sua attitudine a scambiare calore con l'ambiente e con altri corpi.

Il concetto di temperatura è associato all'idea di fornire una misura relativa di quanto i corpi risultino freddi o caldi al tatto.

Una buona acqua dovrebbe avere una temperatura compresa fra i 10 e i 15 °.

- **pH**: il pH è il logaritmo negativo della concentrazione degli ioni idrogeno. Il suo valore è in funzione di numerose variabili come la composizione ionica dell'acqua, il tipo di equilibri acido-base che si instaurano in soluzione, la temperatura, ecc. Il suo controllo è molto importante perché quasi tutti i trattamenti di potabilizzazione sono influenzati dal pH.

Per la misura del pH si utilizza un pHmetro, il quale, elementi essenziali, sono: una sonda ionosensibile, un sistema di amplificazione, un quadrante di lettura analogico o digitale.

- **Conducibilità**: sali disciolti nell'acqua consentono il passaggio della corrente elettrica perché sono in forma ionica, dotati di una o più cariche elettriche: nell'acqua avremo ioni sodio, ioni potassio, ioni solfato e altri.

Poiché si riscontra un aumento della conducibilità elettrica in modo proporzionale alla quantità delle sostanze disciolte, questo è un parametro utile per ottenere una misura del contenuto di sali disciolti in un'acqua.

L'acqua molto pura presenta una conducibilità elettrica molto bassa.

La misura della conducibilità elettrica costituisce un metodo indiretto per ricavare il residuo fisso di un'acqua.

- **Torbidità**: la torbidità è determinata dalla presenza nell'acqua di particelle sospese organiche ed inorganiche, può essere: temporanea, quando presenta un aspetto lattescente per la forte pressione con cui sgorgano, scompare subito per l'eliminazione dell'area contenuta sotto forma di piccolissime bollicine; transitoria, presenza di argille e si elimina per sedimentazione.

- **Durezza**: la durezza è connessa al contenuto di calcio e magnesio disciolti nell'acqua (carboidrati, bicarbonati, solfuri, cloruri e nitrati). Essa è espressa in gradi francesi: vi sono diverse scale di classificazione della durezza delle acque:

- 1) leggere o dolci: durezza inferiore a 15 °F
- 2) mediamente dure: durezza compresa tra i 15 e i 30 °F
- 3) dure: durezza superiore ai 30 °F

secondo il decreto legislativo 31/01 le acque sono considerate potabili con durezza compresa tra i 15 e 50.

Una durezza media elevata potrà determinare variazione nel gusto dell'acqua, incrostazioni, formazione di depositi ma non problemi sanitari.

La *durezza totale* è la somma della *durezza permanente*, che esprime la quantità di cationi rimasti in soluzione dopo ebollizione prolungata, e *durezza temporanea*, che esprime il quantitativo di idrogenocarbonati presenti nell'acqua prima dell'ebollizione. La durezza viene misurata titolando il campione di acqua con una soluzione di acido etildiamminotetraacetico (EDTA) eh concentrazione esattamente nota in presenza di nero eriocromo T (NET), un indicatore che forma un complesso di colore rosa con gli ioni di calcio e magnesio.

- **Caratteri chimici** → i composti chimici possiamo suddividerli in sostanze indesiderabili e sostanze tossiche.
Le sostanze indesiderabili sono quei composti chimici che possono rinvenirsi in molte acque naturali in concentrazioni tali da non dare origine ad alcun effetto di danno. La loro presenza in concentrazioni superiori a quelle normalmente riscontrabili nelle acque naturali vuoi rappresentare una spia di possibile inquinamento (es. Fenoli, fosfati, composti azotati).
Le sostanze tossiche sono dotate di potere tossico e talvolta anche mutageno e cancerogeno che non si trovano di solito naturalmente presenti nelle acque nemmeno in tracce. Queste sostanze dovrebbero essere totalmente assenti nelle acque destinate al consumo umano. L'ampia diffusione ambientale di queste sostanze dovute all'uso massiccio un'industria e nell'agricoltura, rende necessario tollerarne la presenza purché rientri in concentrazioni che limitino il rischio di danno alla salute (es. Piombo, mercurio, antiparassitari).
- **Sostanze organiche:** le sostanze organiche sono comunemente presenti sul suolo (piante, animali, microrganismi), come anche nei rifiuti solidi urbani, nei liquami e nei reflui industriali.
Nelle acque superficiali sono presenti in quantità notevolmente variabile in funzione della densità del ciclo della materia.
Il loro riscontro nelle acque profonde è comunque indice di vulnerabilità della falda medesima.

Gli indicatori di inquinamento chimici possono essere utilizzati per definire un inquinamento pregresso o in atto di origine fecale, un esempio: ammoniaca, nitriti, nitrati e cloruri. I cloruri che ad elevate concentrazioni possono indicare contaminazione di tipo umano, animale o tipo fecale, come dall'uso di fertilizzanti. Elevate concentrazioni di nitrati possono causare problemi di emoglobina. Quantità elevata di cloro libero può indicare disinfezione errata delle acque.

- **Carattere microbiologici** → un'acqua potabile deve essere batteriologicamente pura non deve contenere microrganismi e parassiti in quantità concentrazioni tali da rappresentare un potenziale pericolo per la salute umana. I microrganismi patogeni che possono ritrovarsi nell'acqua sono quelli responsabili di infezione a diffusione oro-fecale immessi nell'ambiente per eliminazione con le feci.
In ogni acqua è possibile riscontrare microrganismi che costituiscono quella che definita la "facies microbica" differente per ciascuna di esse, in funzione degli strati che attraversa la falda e della protezione geologica.

L'esame dei parametri microbiologici ha particolare importanza per la salvaguardia della salute, ricordando che molti focolai epidemici sono legati all'acqua come veicolo dei patogeni.

Indicatori di parametri microbiologici: parametro o specie chimica, fisica o biologica avente una relazione stretta con un fenomeno o una caratteristica ambientale, in grado di riassumere le caratteristiche generali del fenomeno o del comparto ambientale pur descrivendone solo una parte.

Può essere classificato in:

- qualitativo: la sua presenza o assenza segnala la presenza o assenza di un dato fenomeno
- quantitativo: la sua presenza in quantità superiore ad un determinato limite segnala la presenza o assenza di un determinato fenomeno

Proprietà degli indicatori

- rappresentativi
- accessibili
- affidabili
- operativi (deve essere facilmente applicabile)

Criteri di scelta dei parametri microbiologici:

Visto che le patologie veicolate dall'acqua sono quelle a decorso oro-fecale è logico prediligere la verifica dell'eventuale contaminazione fecale delle falde e delle acque condottate.

Pertanto, si ricercano gli indicatori fecali, molto più numerosi dei patogeni nelle feci e sempre presenti qualora vi sia inquinamento fecale.

Parametri microbiologici:

- COLIFORMI TOTALI

Gruppo di batteri gram negativi, caratterizzati dalla capacità di fermentare lattosio e produrre gas. Sono presenti nel materiale fecale di origine umana e animale e colonizzano suolo, aria, acqua e vegetazione. Sono indicatori di qualità delle acque.

- COLIFORMI FECALI

Sottocategoria, batteri più specifici che indicano la contaminazione fecale in atto. È un ospite normale dell'organismo umano.

- ESCHERICHIA COLI

Batterio presente normalmente nell'uomo. Si trova nelle acque di scarico, sui suoli sottoposti a contaminazioni fecali recenti, dovuti dall'uomo, agli animali da allevamento e selvatici, agli uccelli. La sua presenza nell'acqua può essere considerata indizio sicuro di contaminazione fecali.

- ENTEROCOCCI FECALI

Cocchi gram +, con tendenza a disporsi a catena aerobi/anaerobi facoltativi. Si trovano nel tratto gastrointestinale di animali a sangue caldo. Anch'essi possono essere patogeni allorquando invadono distretti diversi dell'intestino.

- CLOSTRIDI SOLFITO RIDUTTORI

Organismi sporigeni anaerobi, presente nelle feci animali e umani. Le spore di clostridi sono estremamente resistenti, sopravvivono molto in acqua, e proprio per questo sono utilizzati come indicatori ad intermittenza o remoti.

- CBT 22° e CBT 37°

Utilizzato per valutare la presenza di organismi eterotrofi aerobi e anaerobi facoltativi. Conta batterica a 22° è l'espressione della flora batterica dell'acqua. Conta batterica a 37° è l'espressione della presenza di batteri che possono svilupparsi in animali a sangue caldo. La conta batterica deve essere considerata un indice di qualità integrativo ad altri parametri analitici

Lezione 15

STATO ECOLOGICO

La direttiva 200/60/CE ha introdotto un approccio innovativo alla valutazione dello stato di qualità dei corpi idrici che tiene conto.

Elementi biologici: flora acquatica, macroinvertebrati, fauna ittica, fitoplacton

+

Elementi idromorfologici a sostegno degli elementi biologici: regime idrologico, regime di marea, condizioni morfologiche dei corsi d'acqua

+

Elementi chimici: elementi chimici e fisico-chimici a sostegno degli elementi biologici.

=

STATO ECOLOGICO

La classificazione dello stato ecologico dei corsi d'acqua avviene valutando elementi biologici, idromorfologici e chimici, assegnando loro una delle cinque classi di qualità:

- elevato
- buono
- sufficiente
- scarso
- cattivo

Solitamente si utilizza una scala cromatica per rendere più chiara la classificazione.

INQUADRAMENTO NORMATIVO

D:M: 8 novembre 2010 n. 260 recante "i criteri tecnici per la classificazione dei corpi idrici superficiali, per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006 n.12, recante norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del medesimo decreto legislativo". Si tratta dei decreti attuativi del d.lgs. 152/2006 che ha recepito in Italia la direttiva 2000/60/CE o Direttiva Quadro sulle Acque.

CLASSIFICAZIONE SECONDO D.lgs. 152/1999

Un anno prima, la direttiva quadro sulle acque, viene predetta dal D.lgs. 152/199 che si pone come obiettivo la Determinazione dello stato ecologico (SECA) e dello stato di qualità

ambientale (SACA). La valutazione avviene tramite il livello di inquinamenti da Microdescrittori (LIM) e l'indice Biotico esteso (IBE). In seguito, si valuta lo stato chimico basandosi sulla presenza di microinquinanti, rispettando i limiti di concentrazione stabiliti tramite studi di ecotossicologia. Lo scopo è quello di raggiungere un buono stato di qualità dopo 15 anni dell'entrata in vigore della legge (obbiettivo non raggiunto).

APPROCCIO D.lgs 152/1999: si incrociano i valori LIM e IBE, ottenendo SECA. Prendo i risultati peggiori tra le mie analisi e determino lo stato ecologico, e solo successivamente valuto lo stato chimico; come? Lo stato chimico si basa sulla presenza di microinquinanti, persistenti e accumulabili, queste sostanze devono rientrare all'interno di limiti (determinati tramite studi di ecotossicità)

DEFINIZIONE SECA: espressione della complessità degli ecosistemi acquatici, e della natura fisica e chimica delle acque e dei sedimenti, delle caratteristiche del flusso idrico e della struttura fisica del corpo idrico, considerando comunque prioritario lo stato degli elementi biotici dell'ecosistema.

Indice biotico esteso IBE: metodo utilizzato per valutare la qualità degli ecosistemi delle acque superficiali; si basa sui cambiamenti nelle comunità di macroinvertebrati. Confronta la composizione di una comunità attesa di macroinvertebrati rispetto ad un determinato ecosistema e la composizione della comunità presente nel tratto.

Vado a valutare

- La presenza di taxa in termini di qualità ambientali
- Ricchezza totale di taxa della comunità (> ricchezza di taxa=ecosistema più sano)

Per valutare la ricchezza di un ecosistema si utilizza una tabella a doppia entrata:

questa tabella si basa su una prima valutazione qualitativa biologica delle acque, la seconda tabella valuta il numero delle unità sistematiche:

in base all'incrocio dei risultati si ha una valutazione del corpo idrico che può essere classificato in 5 fasi:

- elevato
- buono
- sufficiente
- scarso
- cattivo

Il protocollo dell'IBE prevede 3 fasi

1. Fase a tavolino → indagini preliminari e definizione degli obiettivi, solo così posso avere previsioni sullo studio
2. Fase di campo → campionamento dei macroinvertebrati sul tratto prescelto, viene utilizzato un retino apposito che viene manovrato controcorrente, una volta raccolti i campioni, questi vengono separati e conservati negli appositi contenitori e si suddividono facendo un'analisi piometrica
3. Fase in laboratorio: i macroinvertebrati vengono classificati, conteggiati e vengono stese le carte di qualità, che si basano sulla composizione e presenza dei macroinvertebrati

Il **LIM** include vari indicatori:

1. **Ossigeno disciolto**: riflette l'equilibrio dell'ossigeno nell'acqua, valore più alto migliore è la qualità del corpo idrico superficiale
2. **Domanda chimica di ossigeno (C.O.D.)**: indica la richiesta di ossigeno per ossidare le sostanze organiche
3. **Domanda biochimica di ossigeno (B.O.D.5)**: misura l'ossigeno consumato dai batteri
4. **Azoto ammoniacale**: ioni ammonio presenti nell'acqua, perché è collegata all'assenza di ossigeno e alla decomposizione della materia organica
5. **Azoto nitrico**: stadio finale di ossidazione degli azotati (indica fenomeni di inquinamento)
6. **Fosforo totale**: indica la presenza di fosforo correlato all'eutrofizzazione
7. **Escherichia coli**: indica il grado di contaminazione delle acque e il rischio per la salute umana

SACA: grado di scostamento rispetto alle condizioni di un corpo idrico di riferimento.

Anche il SACA può assumere diverse classificazioni:

- **Elevato**: nessuna o minima alterazione, bassa presenza di microinquinanti, qualità biologica intatta
- **Buono**: lievi alterazioni, qualità biologica vicina alla normale, bassa presenza di microinquinanti
- **Sufficiente**: la qualità biologica mostra segni di alterazione moderata, a causa dell'attività umana, i valori si discostano dalla normalità, la presenza di microinquinanti è moderata
- **Scadente**: alterazioni considerevoli della qualità biologica, qualità biologica deviata, presenza significativa di microinquinanti
- **Pessimo**: gravi alterazioni della qualità biologica, molta presenza di microinquinanti, molte specie mancanti

Monitoraggio d'indagine → se vado sotto allo stato "elevato", approfondisco le mie analisi e analizzo la causa dell'inquinamento

CLASSIFICAZIONE IN BASE ALLA DIRETTIVA 200/60/CE

per la valutazione dello stato di qualità dei corsi d'acqua, la direttiva introduce lo studio di nuovi parametri biologici come alghe, macrofite e pesci, oltre ai macroinvertebrati bentonici (perché si è notato che la sola classificazione del corpo idrico mediante l'analisi dei macroinvertebrati non forniva un quadro completo dello stato di qualità del corpo idrico). Questo approccio include anche valutazioni idromorfologiche e chimico-fisiche per completare l'analisi.

Per assegnare uno stato di qualità ad un corpo idrico, si deve predisporre un piano di gestione del bacino idrografico, che include:

1. L'identificazione dei corpi idrici
2. Lo stato di qualità
3. La definizione di obiettivi e misure per migliorare la qualità dell'acqua

successivamente si analizza lo stato di qualità → la valutazione dello stato di qualità dei corpi idrici, è definita come "buono stato delle acque superficiali" quando le condizioni ecologiche possono essere definite buone.

Lo stato ecologico viene valutato considerando:

- Elementi di qualità biologica (EQB), come macroinvertebrati bentonici, diatomee e macrofite.
- Elementi di qualità idromorfologica che supportano gli elementi biologici.
- Elementi di qualità fisico-chimica (elementi generali: temperatura, ossigeno, salinità, pH, nutrienti) (inquinanti specifici: sostanze prioritarie, altri inquinanti)

Per lo stato ecologico, la classificazione si basa su una scala a 5 livelli che va da “elevato” (assenza o leggere distorsioni dallo stato normale) a “cattivo”. Una volta determinato lo stato ecologico, questo deve essere esposto come un rapporto, ossia l’EQR (Ecological Quality Ratio)

$$EQR = \frac{\text{valore attuale}}{\text{valore di riferimento}}$$

Avrà valori che vanno da 0 a 1, valori vicini allo 0 indicano uno stato ecologico “cattivo”, valori vicino all’1 indicano uno stato ecologico “elevato”.

Un’altra differenza con il D.lgs del 1999 è la valutazione dello stato chimico: in questo caso si basa sulla pericolosità delle sostanze prioritarie delle quali avremo degli standard; lo stato chimico, quindi, sarà valutato in base:

- Agli standard di qualità ambientale (SQA), rappresenta le concentrazioni che in un anno di monitoraggio non devono essere superate
- Alle concentrazioni massime ammissibili (CMA), rappresenta la concentrazione da non superare mai, per tutta la durata del monitoraggio

CLASSIFICAZIONE IN BASE AL D.M. 260/2010

In questo decreto vengono definiti i parametri per il monitoraggio che deve fornire una visione completa ed esauriente dello stato di salute di un corso d’acqua. Si applica alle acque superficiali, sotterranee e protette. Valuta lo stato ecologico e chimico per valutare lo stato di qualità dei corpi idrici.

Lo stato ecologico si basa su parametri biologici, idromorfologici e chimico-fisici, espresso in cinque classi di qualità alle quali sono associati colori differenti.

Lo stato chimico fa riferimento ad una tabella presente nel D.M. 260. Lo stato chimico è stabilito dalla valutazione delle sostanze inquinanti che sono suddivise in

- Pericolose (P)
- Prioritarie pericolose (PP)
- Sostanze rimanenti (PE)

La valutazione dello stato chimico può far emergere situazioni di criticità, in questo caso si faranno nuove analisi sullo stato chimico ma anche biologico: faccio altre analisi di tipo chimico sul biota per vedere se è presente bioaccumulo.

Una differenza rispetto al 152 e 60, non abbiamo più il LIM ma il LIMeco → strumento sintetico per valutare lo stato ecologico del corso d’acqua, riduce i parametri da prendere in considerazione.

Nella LIMeco viene calcolato un punteggio per ciascun corpo idrico che va a rappresentare la media dei punteggi dei parametri considerati.

È la stessa normativa che mi stabilisce dei valori soglia.

Troveremo due tabelle:

- La prima tabella mi porta i punteggi dei singoli parametri da prendere in considerazione per ottenere il punteggio LIMeco: ho un punteggio che va da 1 a 0, la media dei vari parametri mi indica lo stato di qualità del corpo idrico.

- Nella seconda tabella sono previste l'elenco delle sostanze da ricercare e le soglie da non superare.

Lo stato chimico è definito rispetto agli standard di qualità per le sostanze della tabella 1. Il corpo idrico che soddisfa tutti gli standard di qualità ambientale fissati dalla normativa è classificato in "buono stato chimico", in caso contrario "non buono".



ACQUE SUPERFICIALI DESTINATE ALLA POTABILIZZAZIONE

Si intendono le acque che vengono prelevate da fiumi e laghi per essere inviate agli impianti di potabilizzazione dove subiscono adeguati trattamenti fisico-chimici, necessari per purificarle e utilizzarle per l'approvvigionamento idrico-potabile.

Le acque per essere conformi devono rispondere ai requisiti di qualità stabiliti dalla norma.

Il riferimento normativo è il D.lgs. 152/06

Secondo la quale le acque dolci superficiali, per essere utilizzate o destinate alla produzione di acqua potabile, devono essere classificate nelle categorie A1, A2, A3, secondo le caratteristiche, fisiche, chimiche e microbiologiche che troviamo nella tabella 1/A (tabella che elenca 46 parametri suddivisi in 40 parametri chimici e fisico-chimici, 4 batteriologici e 2 organolettici).

Num. Param.	Parametro	Unità di Misura	A1		A2		A3	
			G	I	G	I	G	I
1	pH	unità pH	6,5-9,5		5,5-9		5,5-9	
2	Colore (dopo filtrazione semplice)	mg/L scala pt	10	20 (o)	50	100 (o)	50	200 (o)
3	Totale materiale in sospensione	mg/L MES	25	-	-	-	-	-
4	Temperatura	°C	22	25 (o)	22	25 (o)	22	25 (o)
5	Conducibilità	µS/cm a 20°C	1000	-	1000	-	1000	-
6	Odore	Fattore di diluizione a 25°C	3	-	10	-	20	-
7*	Nitrati	mg/L (NO ₃ -)	25	50 (o)	-	50 (o)	-	50 (o)
8	Fluoruri [F]	mg/L F	0,7/1	1,5	0,7/1	-	0,7/1,7	-
9	Cloro organico totale estraibile	mg/L CL	5	-	5	-	5	-
41	Carbonio organico totale	mg/L C	-	-	-	-	-	-
42	Carbonio organico residuo (dopo flocculazione e filtrazione su membrana da 5µ)	mg/L C	-	-	-	-	-	-
43	Coliformi totali	/100 mL	50	-	5000	-	50000	-
44	Coliformi fecali	/100 mL	20	-	2000	-	20000	-
45	Streptococchi fecali	/100 mL	20	-	1000	-	10000	-
46	Salmonelle	-	assenza in 5000 mL	-	assenza in 1000 mL	-	-	-

Legenda:

- Categoria A1 - Trattamento fisico semplice e disinfezione;
- Categoria A2 - Trattamento fisico e chimico normale e disinfezione;
- Categoria A3 - Trattamento fisico e chimico spinto, affinamento e disinfezione.
- I = Imperativo
- G = Guida
- (o) = sono possibili deroghe in conformità al presente decreto
- * = sono possibili deroghe in conformità al presente decreto

Nella tabella troviamo

- Valori guida (G), considerati come valori ottimali
- Valori imperativi (I), limiti massimi ammissibili per una data categorie di acque

In base a questi valori le acque superficiali sono classificate in A1, A2 e A3.

→ affinché le acque possano essere classificate, i valori specificati nella tabella 1/A, per ciascuna categoria devono essere conformi nel 95% dei campioni ai valori limite specificati nelle colonne I (Imperativo) e nel 90% ai valori limite specificati nelle colonne G (Guida).

→ avremo la suddivisione dei parametri in 3 gruppi:

- Parametri 1 gruppo: pH, colore, materiali totali in sospensione, temperatura, conducibilità, odore, nitrati, cloruri, fosfati, COD, ossigeno disciolto, BOD5, ammoniaca.
- Parametri 2 gruppo: manganese, rame, zinco, solfati, tensioattivi, fenoli, azoto, coliformi totali e coliformi fecali.
- Parametri 3 gruppo: fluoruri, boro, arsenico, cadmio, cromo totale, piombo, mercurio, cianuro, streptococchi

→ le tabelle 2/A (parametri chimici e chimico-fisici) e 3/A (parametri microbiologici), stabiliscono i metodi di misura per la determinazione dei parametri della tabella 1/A,

La **potabilizzazione** dell'acqua è un processo fisico-chimico che consiste nella rimozione delle sostanze contaminanti dell'acqua per ottenere un'acqua idonea al consumo domestico. I trattamenti di potabilizzazione vengono classificati in:

- **Trattamenti fisici semplici:** eliminando i solidi sospesi sedimentabili e non sedimentabili

- **Trattamenti fisici e chimici normali e spinti:** eliminando i solidi sospesi non sedimentabili, sostanze disciolte non compatibili con l'uso destinato al consumo umano (addolcimento), rimuovendo sostanze disciolte (ad es. calcio e magnesio)
- **Trattamenti di affinazione:** migliorando le caratteristiche organolettiche e abbassando il contenuto dei solidi disciolti (demineralizzazione), attraverso scambio ionico o osmosi inversa
- **Disinfezione:** elimina la presenza di microrganismi tramite l'aggiunta di cloro (clorazione), o l'aggiunta di miscela tra cloro e ammonio (cloroammoniazione)

TRATTAMENTI DI POTABILIZZAZIONE IN BASE ALLA CATEGORIA:

- Categoria A1 → trattamento fisico semplice e disinfezione
- Categoria A2 → trattamento fisico semplice e chimico normale e disinfezione
- Categoria A3 → trattamento fisico semplice e chimico spinto, affinamento e disinfezione

TRATTAMENTI FISICI SEMPLICI

- **Grigliatura**, trattiene solidi grossolani sedimentabili e non sedimentabili
- **Sedimentazione primaria**, eliminare dall'acqua i solidi sedimentabili
- **Filtrazione**, elimina dall'acqua i solidi sospesi non sedimentabili

Avremo due tipo di filtri:

- **Filtro lento** → la resa del filtro è legata alla formazione di un sottile biofilm tra i granuli delle sabbie le cui componenti biologiche assorbono e metabolizzano le componenti indesiderate (batteri o Sali), dopo un periodo di attività lo spessore di biofilm impedisce la corretta circolazione delle acque, per questo devo rigenerare il filtro; questo nuovo filtro per poter funzionare ha bisogno di 1 settimana (tempo per riformare il biofilm), quindi utilizzo il filtro rapido
- **Filtro rapido** → non utilizza biofilm. Aggiungo il flocculante all'acqua, porta alla formazione di un floccolato che può essere trattenuto dalle sabbie del filtro. A lungo andare aumenta di spessore e non permette la circolazione dell'acqua, lo rinnovo e posso subito utilizzarlo (dato che non ho bisogno del biofilm).

CHIARIFLOCCULAZIONE?

La chiariflocculazione è un trattamento chimico-fisico applicato alle acque da trattare o depurare e consiste principalmente nella precipitazione di sostanze sospese non sedimentabili (e, se presenti in soluzione, anche le sostanze sedimentabili).

Disinfezione → la disinfezione delle acque destinate al consumo umano è necessaria per garantire la salute delle popolazioni.

Di regola il trattamento è posto a valle di tutto il ciclo di potabilizzazione. Necessità utilizzare prodotti che non rendano l'acqua inutilizzabile, stabili e privi di conseguenze_

- trattamenti chimici
 - clorazione
 - cloro-ammoniazione
 - ozonizzazione
- trattamenti fisici
 - irraggiamento con raggi ultravioletti

CLORO E I SUOI DERIVATI

Il cloro è sicuramente il disinfettante più utilizzato sia per le acque destinate al consumo umano che per i reflui trattati e non trattati. Il cloro capace di avere azione disinfettante viene definito CLORO ATTIVO.

Nello svolgimento della sua azione di disinfezione il cloro svolge diverse attività che nel determinano la quantità da dosare relazione a:

- fabbisogno chimico
- fabbisogno biologico
- fabbisogno di cloro residuo

all'acqua per ottenere l'effetto desiderato e vengono espresse in parti per milione.

Si definisce così la "**clororichiesta**" di un'acqua che è la somma delle quantità richieste nelle varie attività ed è quella che si deve aggiungere all'acqua per ottenere l'effetto desiderato e vengono espresse in parti per milione (p.p.m.).

I processi di disinfezione vengono generalmente identificati in funzione della loro azione:

- battericida una volta svolta la sua funzione di distruzione del batterio non è in grado di controllarne la proliferazione
- batteriostatico dopo avere svolto la sua funzione battericida svolge una funzione di copertura che ne impedisce una nuova proliferazione.

Il cloro svolge ambedue le azioni combinate tra loro

Break point

L'aggiunta di quantità crescenti di cloro ad un'acqua contenente microrganismi e sostanze organiche porta all'abbattimento della carica batterica e alla formazione di composti di addizione tra cloro e azoto ammoniacale, che continua finché il materiale organico completamente combinato si sarà distrutto, si sarà cioè raggiunto il Break-point. In una situazione ideale il cloro libero misurato è esattamente uguale a quello aggiunto ed è evidente come dopo avere raggiunto il Breakpoint l'acqua si presenti priva di batteri e il cloro aggiunto sia immediatamente misurabile senza interferenza alcuna da parte di inquinanti.

OZONIZZAZIONE

Vantaggi

- Facilità nell'applicazione
- nessun effetto sulle caratteristiche organolettiche
- nessuna persistenza
- nessun sottoprodotto residuo

Svantaggi

- necessità di produrre l'ozono all'utilizzo
- costo elevato

ATTINIZZAZIONE → sfrutta l'azione battericida dei raggi ultravioletti emanati da lampade e vapori di mercurio a bassa pressione.

Due azioni principali:

1. azione sulle gambe nabili
2. azione sul DNA con formazione di dimeri di basi pirimidiniche che impediscono alla replicazione o traduzione.

Vantaggi

- facilità l'applicazione
- nessun effetto sulle caratteristiche organolettiche
- nessuna persistenza
- nessun sottoprodotto residuo

Svantaggi

- scarso potere penetrante
- costo elevato

Lezione 16

IL SUOLO

Il suolo è la parte viva della terra attraverso cui interagiscono la litosfera, l'idrosfera, l'atmosfera e la biosfera.

Il suolo è una risorsa essenzialmente non rinnovabile e un sistema molto dinamico, che svolge numerose funzioni e fornisce servizi fondamentali per le attività umane e la sopravvivenza degli ecosistemi.

Il suolo è una risorsa multifunzionale:

- **Genera biomassa:** cibo, mangimi animali materie prime rinnovabili.
- **Funzioni importantissime** quali la decomposizione, l'umificazione, il mescolamento della sostanza organica a quella minerale e il miglioramento della struttura del suolo, dell'aerazione e del drenaggio.
- **Funge da strato filtro:** trattiene e depura l'acqua, contribuisce a regolare il bilancio idrologico; trattiene anche la CO₂ e tre volte il carbonio atmosferico.
- **È la più grande riserva genetica del pianeta:** il suolo è vivo. I soli microrganismi possono arrivare ad oltre un miliardo in un solo grammo di suolo.
- **Fornisce materie prime essenziali:** argille, sabbia, ghiaie.
- **E la base fisica per i nostri insediamenti**
- **è portatore di patrimonio geogeno e culturale.**

Il suolo è minacciato da uno sviluppo urbano non più sostenibile, da pratiche agricole e forestale inadeguate ed attività industriali.

Inoltre, c'è da considerare anche l'impatto dei cambiamenti climatici sul suolo, come l'incremento dell'aggressività delle piogge (negli ultimi vent'anni aumentata di 10 volte), e l'aumento del numero e della lunghezza dei periodi di siccità.

Cos'è il suolo

Definizione di suolo nel contesto mondiale e per la legislazione europea → Strato superiore della crosta terrestre (1-2m), formato da particelle minerali, materia organica, acqua, aria e organismi viventi. Il suolo è una risorsa soggetta al rapido degrado e a processi di formazione estremamente lenti.

Il consumo di suolo in Italia nel 2021 supera la soglia dei 2 m quadrati al secondo e sfiora i 70 km quadrati di nuove coperture artificiali in un anno

Cause di degradazione del suolo

1. L'**erosione** è la causa primaria del degrado del suolo a livello globale.

Ci sono diversi tipi di erosione:

- erosione idrica
- erosione eolica
- erosione glaciale
- erosione antropica

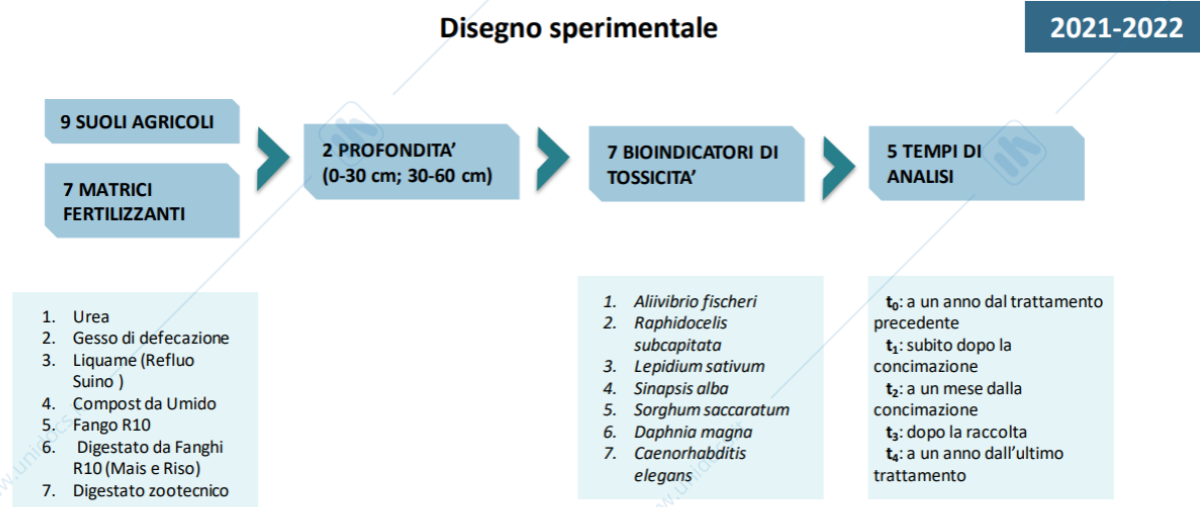
la degradazione del suolo può portare a salinizzazione o desertificazione.

2. **Contaminazione locale e diffusa**, è difficile da quantificare; nel 2006 l'agenzia europea per l'ambiente ha calcolato che nell'unione europea vi erano in tutto tre milioni di siti potenzialmente contaminati, 250.000 dei quali lo erano realmente.
3. **Impermeabilizzazione**: se il suolo viene coperto da strati impermeabilizzati (asfalto), perde le sue funzioni di filtraggio, conservazione acque e produzione agraria; annulla tutte le sue funzioni eco sistematiche e ne blocca il ciclo vitale per sempre.
4. La **compattazione** determina una riduzione delle funzioni eco sistematiche del suolo quali la produzione primaria, la funzione filtrante verso le acque, la biodiversità, etc. La suscettibilità dipende dalle caratteristiche fisiche del suolo e dalla granulometria.
5. **Diminuzione di materia organica**: In Italia sono presenti bassi contenuti di sostanza organica nel suolo. La perdita di sostanza organica e soprattutto legata alle torbiere, ma per gli ambienti italiani occorre prestare particolare attenzione alla tutela dei pascoli permanenti e alla gestione dei suoli forestali, perché l'età del carbonio in queste ultime può arrivare a 400-1000 anni.
Effetti della sostanza organica:
 - migliora il sistema dei pori e i movimenti dell'acqua
 - migliora la ritenzione idrica
 - riduce la massa volumica apparente
 - migliora la stabilità degli aggregati
 - migliora la nutrizione delle piante
 - facilita le lavorazioni del terreno e la preparazione del letto di semina.

La sostenibilità dei fertilizzanti organici in agricoltura si basa sulla valutazione dell'ecotossicità ambientale sul suolo di ammendanti come: fanghi R10, gessi di defecazione, digestato e compost.

L'utilizzo di fertilizzanti di origine biologica e alla base dell'economia circolare nell'ambito della agenda 2030.

DISEGNO SPERIMENTALE MATRICI FERTILIZZANTI



Gli effetti ecotossicologici nel suolo sono stati normalizzati a quelli dei corrispondenti controlli (terreno non trattato) per comprendere l'effetto delle matrici fertilizzanti con la **formula di Abbott**:

$$\frac{(x_1 - x_0)}{(100 - x_0)} * 100$$

Dove:

x_1 = effetto del trattamento

x_0 = effetto del controllo

CONCLUSIONI E PROSPETTIVE FUTURE

La valutazione dell'ecotossicità su matrici fertilizzanti complesse non ha fondamento scientifico poiché il risultato che ne deriverebbe non avrebbe alcun senso applicativo.

La determinazione della ecotossicità di matrici fertilizzanti su suoli ha una forte applicabilità è importanza perché permette, nel tempo, la verifica dell'eventuale insorgenza di ecotossicità che potrebbe in alcuni casi essere transitorio o permanente.

L'analisi dei dati relativi ai soli fertilizzati con le matrici in esame ha evidenziato l'assenza di tossicità per tutti i bioindicatori considerati, per i 5 tempi di analisi considerati.

Specifici bioindicatori (come *C. Elegans*) sono risultati più sensibili alle variazioni di tossicità rispetto ad altri, Mostrandosi pertanto più adatte ad un'eventuale implementazione di metodiche per la valutazione della tossicità delle matrici fertilizzanti sui suoli agricoli.

Secondo l'analisi attraverso l'indice di rischio, si è evidenziata una diminuita risposta tempo-dipendente sui campioni successivi e prossimi alla fertilizzazione.

Lezione 17

INQUINAMENTO DEL SUOLO

Si da per scontato che una risorsa naturale sia illimitata e rinnovabile, ma questo è un concetto che non può essere applicato dato lo sfruttamento che effettuiamo e dato il cambiamento climatico; dunque, per quanto riguarda il suolo dobbiamo parlare di risorse limitate e non rinnovabili.

I principali inquinanti del suolo sono:

- rifiuti
- metalli pesanti
- scorie radioattive
- idrocarburi

Le cause della potenziale contaminazione del suolo sono rappresentate da molteplici eventi, sia dolosi che accidentali, istantanei o prolungati nel tempo, pregressi o in corso, con un'estensione puntuale o diffusa.

Le aree contaminate possono essere scoperte causalmente (durante lavori edili o manutenzione), o sulla base di anomalie riscontrate nella qualità delle acque sotterranee (analisi indiretta).

I siti contaminati più complessi sono rappresentati da vecchie aree industriali dismesse o discariche incontrollate.

Le conseguenze di un suolo contaminato sono tantissime e incidono sulla salute umana, può influenzare negativamente la catena alimentare; le conseguenze sulla salute umana e sull'ecosistema sono molte significative e richiedono interventi mirati, come interventi di **bonifica** → prima di effettuare la bonifica si deve individuare la fonte di inquinamento, la eliminare o ridurre per evitare che la contaminazione si ripresenti (eliminare → metalli pesanti - ridurre → sostanze organiche).

Esistono standard che regolano la quantità di inquinanti che possiamo trovare nel suolo, sono soglie che, se superate, andranno a definire un sito "contaminato" e a questo punto si interviene per ristabilizzare il sito.

(PRIMO passo: individuare l'inquinante SECONDO passo: bonifica)

QUADRO NORMATIVO per quanto riguarda i siti contaminati ha subito un'evoluzione:

- **legge n 441 del 1987**: la responsabilità finale per la bonifica era demandata solo alle regioni: ogni regione doveva individuare l'inquinante e attuare una bonifica secondo un piano regionale
- **decreto legislativo 152/99**: questo decreto si iniziava a fronteggiare la tematica della gestione dei rifiuti
- il riferimento normativo attuale vigente in materia ambientale è il **nuovo codice dell'ambiente decreto legislativo 152/2006**, concepito come un testo unico di riordino, coordinamento ed integrazione delle norme emanate fino all'aprile del 2006.

Il **quadro normativo** è costituito da sei parti distinte: la IV parte è quella attinente alle norme in materia di gestione dei rifiuti e di bonifica dei siti contaminati.

Novità importanti:

- **Concentrazioni soglia di contaminazione (CSC)**

I livelli di contaminazione delle matrici ambientali che costituiscono valori al di sopra dei quali è necessaria la caratterizzazione del sito e l'analisi di rischio sito specifica

- **Concentrazioni soglia di rischio (CSR)**

I livelli di contaminazione delle matrici ambientali, da determinare caso per caso con l'applicazione della procedura di analisi di rischio sito specifica e sulla base dei risultati del piano di caratterizzazione, il cui superamento richiede la messa in sicurezza e la bonifica

- **Analisi di rischio sanitario**

Permette di stimare con precisione il rischio associato allo stato di contaminazione di un determinato sito e di definire obiettivi di bonifica per ridurre entro limite accettabili i rischi per la salute umana.

Potremmo riscontrare tre tipi di siti contaminati:

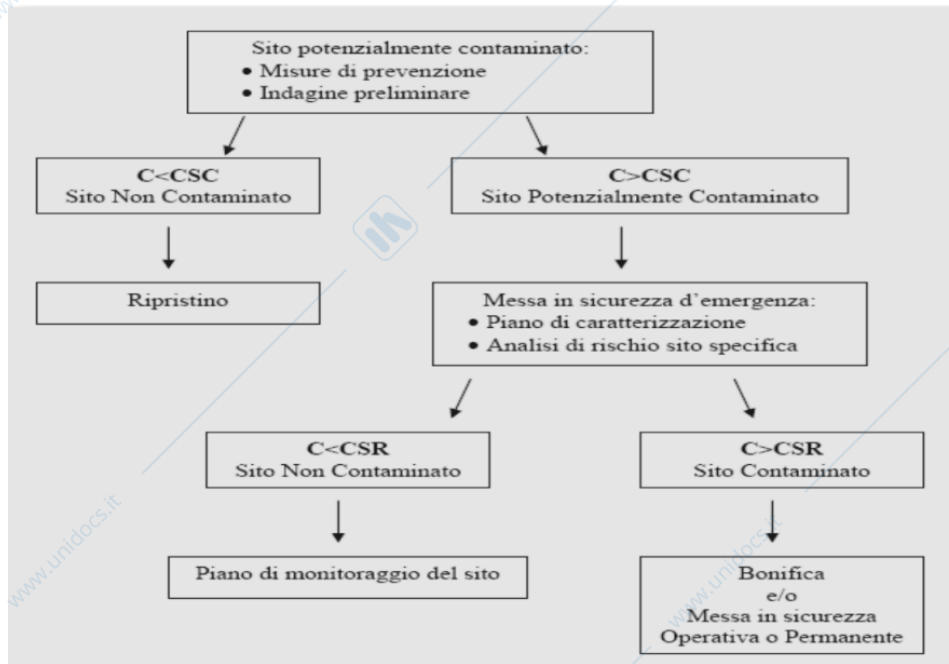
- sito potenzialmente contaminato: un sito nel quale uno o più valori di concentrazione delle sostanze inquinanti risultino superiori ai valori CSC, in attesa di completare le operazioni di caratterizzazione e di analisi di rischio sanitario ed ambientale sito specifica, che ne permettono di determinare lo stato di contaminazione sulla base del CSR-
- sito contaminato: un sito nel quale i valori delle CSR risultino superati
- sito non contaminato: un sito nel quale la contaminazione rilevata nella matrice ambientale risulti inferiore ai valori di CSC, oppure, se superiore, risulti comunque inferiore ai valori di CSR determinati a seguito dell'analisi di rischio sanitario e ambientale sito specifica.

STEP 1

Prima della bonifica devo effettuare la caratterizzazione del sito che consiste in un'analisi di dettaglio effettuata sul sito, finalizzata a definire tipologia, entità ed estensione della contaminazione, individua l'origine e i possibili percorsi di migrazione e di diffusione della contaminazione.

Prevede, in particolare:

- Un inquadramento geologico e idrogeologico di dettaglio del sito
- Le analisi chimiche sulle matrici ambientali campionate in punti opportunamente distribuiti sull'intero sito.



Piano di caratterizzazione del sito: aspetti progettuali

La redazione del piano di caratterizzazione vero e proprio è proceduta dalla raccolta di informazioni dettagliate e disponibili riguardante l'area, con lo scopo di consentire la ricostruzione ed il riconoscimento di una situazione di potenziale contaminazione:

- storia dell'area e caratteristiche proprio del sito
- assetto geologico, litologico e idrogeologico dell'area
- analisi dei cicli lavorativi attuali e pregressi.

Sulla base delle conoscenze preliminari del sito si eseguirà un set di analisi preliminari, i cui risultati forniranno delle indicazioni per la formulazione del **modello concettuale eliminare del sito**.

Sulla base dei risultati ottenuti, nel caso di superamenti del CSC si effettueranno scelte che riguardano essenzialmente:

- i composti da ricercare
- i punti di campionamento
- la profondità di campionamento
- il metodo di scavo.

La conoscenza **modello concettuale del sito** definitivo è essenziale per la valutazione accurata dei rischi e per sviluppare strategie di gestione della contaminazione del sito.

Il modello concettuale del sito si costruisce tramite la conoscenza delle attività industriali svolte nel sito, dei cicli produttivi, delle materie prime impiegate integrate con i risultati geologici, idrologici e chimici derivanti dalle indagini in campo.

Il modello concettuale del sito è un modello attraverso il quale sono identificabili sorgenti di contaminazione, percorsi di migrazione dei contaminanti, possibili recettori umani ambientali. La sua corretta definizione comprende essenzialmente la ricostruzione dei caratteri delle quattro componenti principali che costituiscono l'analisi del rischio:

- contaminanti indice
- sorgenti
- vie e modalità di esposizione
- recettori finali

LA BONIFICA

La bonifica ha lo scopo primario di eliminare le fonti e le sostanze inquinanti e ridurre le concentrazioni presenti nelle matrici ambientali fino a raggiungere valori uguali o inferiori alle CSR.

Le scelte delle tecniche di bonifica dipendono dalle caratteristiche del sito di contaminazione; quindi, dipenderanno dal tipo di contaminante coinvolto e le proprietà chimico-fisico e idrobiologiche.

Bisogna considerare anche il beneficio ambientale che potrà avere l'utilizzo futuro di quel determinato sito contaminato.

C'è stata un'evoluzione delle tecniche di bonifica:

in passato c'era l'escavazione del suolo contaminato che veniva messo nelle discariche, ma in questo modo si "spostava" semplicemente il problema.

I costi di trasporto inoltre rappresentavano un problema, dato che doveva essere un trasporto lungo e in sicurezza.

Questi fattori hanno portato alle tecniche di bonifica: cercare di ridurre o eliminare il più possibile l'inquinante.

Ci sono diverse tecniche di bonifica che dipendono dalle tipologie di trattamenti, ma anche dove si svolge il trattamento:

- Trattamento in situ, sono trattamenti che ci permettono di monitorare il processo di risanamento e di avere più uniformità
- Trattamento ex-situ, terreno viene scavato, portato in ambienti semi-mobili dove il terreno viene decontaminato e poi immesso nuovamente nel suo sito di origine.

Abbiamo diverse tipologie di trattamenti:

- Termici
- Chimico-fisici
- Biologici

Potranno essere utilizzati anche diversi trattamenti contemporaneamente, per andare a scegliere la tecnica più adeguata è fondamentale la caratterizzazione del sito contaminato

TRATTAMENTI TERMICI → vengono utilizzati quando si effettua un risanamento dei siti inquinanti da sostanze organiche, alcune volte vengono utilizzati anche per rimuovere sostanze inorganiche.

Sono processi che inducono la separazione dell'inquinante per volatilizzazione, desorbimento, o ancora distruzione termica dell'inquinante stesso.

I trattamenti di desorbimento termico riscaldano il terreno ad una temperatura variabile tra i 90° e i 650°, determinando la vaporizzazione dei composti organici volatili. I gas prodotti vengono condensati, recuperati e trattati separatamente.

- Processi in situ: estrazione con vapore
- Processi ex situ: desorbimento mediante riscaldamento diretto o riscaldamento indiretto

Trattamenti termici in situ

L'estrazione con vapore → allestimento di pozzetti di immissione, che permettono l'iniezione di vapore nel suolo a temperature che variano dai 150 ai 230°. Il vapore volatilizza i contaminanti che incontra lungo il suo percorso e li incanala verso un pozzo di estrazione. La velocità di spostamento della miscela di vapore e contaminanti gassosi dipende da diversi fattori (es. porosità del suolo).

Vantaggi

- Riduce efficacemente i contaminanti
- Brevi tempi di trattamento
- Attrezzature facilmente installabili
- Trattamento vaste aree
- Costi contenuti

Svantaggi

- Difficilmente si raggiungono abbinamenti delle concentrazioni di contaminate superiori al 90%
- Fortemente influenzata dalle caratteristiche dei sottosuoli
- Non applicabile per il trattamento di terreni contaminati da composti a bassa volatilità
- Alti costi per il trattamento dell'aria estratta

Trattamenti termici ex situ

Trattamenti di termodistruzione o incenerimento → la volatilizzazione di contaminanti organici con temperature maggiori di 600°.

Avviene attraverso i seguenti passaggi:

- Estrazione del terreno contaminato
- Pretrattamento in modo da rendere di dimensioni granulari
- Mescolamento
- Trasporto del materiale verso l'unità di incenerimento
- Termodistruzione degli inquinanti
- Trattamento dei gas prodotti con ulteriore incenerimento dei gas in una camera post-combustione
- Rimozione del particolato
- Controllo dei gas

Svantaggi: possibile formazione di composti organoclorati (tossici e mutageni) e impossibilità di utilizzo a fini agronomici del terreno trattato.

TRATTAMENTI CHIMICO-FISICI → processi di tipo chimico che trasformano gli inquinanti in composti meno tossici, o processi fisici idonei e separare il contaminante dalla matrice.

- **Trattamenti chimico-fisici di estrazione:** separazione dei contaminanti della matrice solida; natura chimica (trasformare la sostanza inquinante in composti facilmente rimovibili), natura fisica (separazione di contaminanti).
- **Trattamenti chimico-fisici di detossificazione:** processi di natura chimica per trasformare le sostanze contaminati in composti meno tossici.
- **Trattamenti chimico fisici di immobilizzazione:** riducono la mobilità dei contaminanti.

Vantaggi

Ottimo rapporto costi-benefici e richiedono tempi di trattamento minori

Svantaggi

Sono più sensibili alle variazioni delle caratteristiche del terreno

Areazione → immissione d'aria forzata nel suolo inquinato, che provoca lo strippaggio (strippaggio= trasferimento di un gas disciolto in un liquido dalla fase liquida a quella gassosa) dei composti organici presenti nell'acqua e la volatilizzazione di quelli presenti nel terreno.

Le sostanze inquinanti vengono spinte e trasportate verso l'alto.

I gas sprigionati vengono poi assorbiti da un sistema di aspirazione.

Vantaggi

- Utilizza apparecchiature di semplice installazione
- È di breve durata
- Consente il trattamento in situ della falda senza problematiche di trattamento
- Basso impatto ambientale

Svantaggi

- Richiede l'esecuzione di accurate prove pilota per valutare il controllo dei vapori
- Non adatta a terreni poco permeabili
- In presenza di stratificazione e forte eterogeneità del sottosuolo può essere inefficace
- Non applicabile per il trattamento di terreni altamente contaminati

Trattamenti chimico-fisici ex situ

Solf washing → trattamento per la bonifica di terreni contaminati, con l'obiettivo di recuperare parte pregiata del suolo attraverso un processo di separazione fisica dell'inquinante.

La tecnica si basa sul principio che i contaminanti vengono veicolati attraverso le particelle più fini presenti nelle frazioni del suolo e consiste nell'effettuare un vero e proprio lavaggio con acqua, soluzioni acquose di tensioattivi, biosurfattanti, oppure con solventi organici.

I metodi su cui si basa la rimozione dei contaminanti sono due:

1. Dissoluzione completa dei contaminanti nella soluzione acquosa di estrazione
2. Concentrazione ed eventuale dispersione dei contaminanti nella soluzione di estrazione, sotto forma di particelle sospese.

TRATTAMENTI BIOLOGICI → biorisanamento: sfrutta quelle che sono le capacità dei microrganismi di degradare i contaminanti: queste tecniche accelerano il processo naturale di detossificazione dell'ambiente.

È necessario ottimizzare le condizioni nelle quali operano i batteri:

- Aggiungendo nutrienti ed ossigeno
- Controllando il pH, l'umidità e la temperatura.

I limiti: alcuni inquinanti risultano essere resistenti agli attacchi microbici, risulta difficile prevedere i tempi di un intervento di biorisanamento.

Però l'impiego di microrganismi si è rivelato vantaggioso sia da un punto di vista tecnico che economico.

La possibilità di applicare un trattamento biologico dipende anche:

- Struttura molecolare dell'inquinante
- Caratteristiche chimico-fisiche dell'inquinante
- Distribuzione dei contaminanti, concentrazione, tossicità, solubilità
- Caratteristiche ambientali: nutrienti, ossigeno, accettori di elettroni, umidità, pH, temperatura

Necessità di effettuare test in scala in laboratorio:

- Verificare la presenza di microrganismi autoctoni in grado di degradare i contaminanti di interesse
- Definire le migliori condizioni operative con cui progettare l'intervento

Trattamenti di biorisanamento in situ

Aumentare l'attività microbica indigena, in modo che i contaminanti vengano rimossi ad una velocità e un'efficienza superiori rispetto a quelle ottenibili senza interventi.

Bioventilazione → si fornisce ossigeno ai microrganismi autoctoni attraverso l'immissione d'aria. Prevede la realizzazione di pozzi attraverso i quali si effettua l'insufflazione d'aria. È possibile rimuovere tutte le sue stanze aerobicamente degradabili.

Tale tecnologia può essere applicata con successo nella degradazione di molti prodotti petroliferi.

Vantaggi

- non richiede escavazione del terreno
- semplice da realizzare
- crea un disturbo minimo al sito
- può essere applicata anche in presenza di edifici
- non richiede quasi mai il trattamento successivo dei gas in uscita.

Svantaggi

- potrebbe non essere applicabile a terreni con concentrazioni elevate di inquinanti
- non è applicabile in terreni a bassa permeabilità
- può portare la formazione di intermedi di reazioni sconosciuti con biodegradabili.

Trattamenti di biorisanamento ex situ

- escavazione del terreno contaminato
- verifica sperimentale dell'efficacia del trattamento biologico su campioni significativi del terreno contaminato.

Se l'esito del trattamento risulta essere positivo avremo la separazione della matrice contaminata dalle componenti più grossolane, troveremo un'efficace omogeneizzazione del terreno per 1° di contaminazione medio in tutta la matrice e la frazione da trattare verrà aumentata con i nutrienti necessari per l'attività microbica.

Compostaggio: strati di suolo contaminato che vengono sovrapposti, intervallandoli con tubi forati utilizzati per distribuire area e soluzioni contenenti nutrienti.

Inoltre, vengono posti strati di sabbia e materiale impermeabile.

Possono essere utilizzati dei teli impermeabili per la fuoriuscita di vapori da trattare.

Bioreattori: i bioreattori si utilizzano nel trattamento dei suoli contaminati con composti difficilmente degradabili.

Avremo due categorie:

- reattori in fase semisolida (slurry), con sospensioni solo in acqua al 10-40% in peso
- reattori in fase solida (dry), con sospensione solo in acqua compreso tra il 10-20%.

Vantaggi

- massimizzare la velocità e la resa di **bioremediation**
- controllare e gestire i principali parametri di processo
- monitorare la produzione di eventuali metaboliti della degradazione degli inquinanti.

I reattori slurry sono una massa fangosa mantenuta in costante agitazione da pale rotanti o insufflando aria permettendo una buona miscelazione e omogeneità.

Questi reattori possono essere:

- batch → hanno il vantaggio di consentire un controllo di processo più efficace
- continui → permettono di trattare maggiori quantità di matrice contaminata.

I reattori possono essere aperti all'atmosfera o chiusi; in questi ultimi si possono creare condizioni anaerobiche.

I reattori in fase solida sono caratterizzati da un'attività microbica minore rispetto ai reattori slurry, dovuta a condizioni di omogeneità e biodisponibilità nettamente inferiori.

SISTEMI BIOELETTROCHIMICI (BES) → sono tecnologie emergenti che utilizzano microrganismi, catalizzanti reazioni elettrochimiche, attraverso interazioni con gli elettrodi in celle elettrochimiche.

Ci sono due tipi di BES:

- celle combustibile microbico (MFC) → è una cella elettrochimica in cui dalle reazioni redox, catalizzate da microrganismi, viene generata corrente elettrica in modo spontanea
- celle elettrolisi microbica (MEC) → è una cella elettrochimica in cui viene fornita energia elettrica per attivare le reazioni elettrochimiche non spontanee.

Bioremediation

La Bioremediation include differenti trattamenti microbiologici, i quali presentano alcuni vantaggi rispetto le tecniche tradizionali (costi molto contenuti, consumi energetici bassi, scarsi rischi di inquinamento di acque ed atmosfera circostante).

È comunque un processo complesso i cui aspetti quantitativi e qualitativi dipendono dalla natura e dalla quantità del contaminante da eliminare, dal tipo di suolo, dalle condizioni ambientali e dalla composizione della comunità microbica autoctona.

Lezione 18

Gestione dei rifiuti

L'articolo 9 sottolinea l'importanza di proteggere il paesaggio collegandosi alla corretta gestione dei rifiuti.

Il decreto lgs 152/2006 ha sostituito il decreto Ronchi del 1997 che recepiva alcune normative europee sui rifiuti pericolosi e sugli imballaggi; l'obiettivo è quello di ridurre il volume dei rifiuti prodotti e incentivarne il riciclo e il riutilizzo.

La parte IV del D.lgs 152/06 nell'articolo 183 va a darci la definizione di rifiuto come "qualsiasi sostanza ad oggetto che rientra nelle categorie riportate nell'allegato A alla parte IV del presente decreto e di cui il detentore si disfi, abbia deciso o abbia l'obbligo di disfarsi".

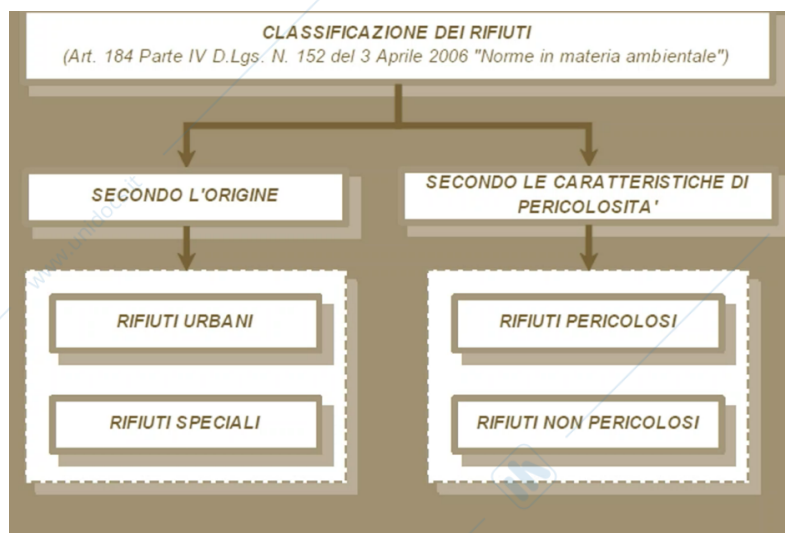
Finalità D.lgs 152/05

- assicurare un'elevata protezione dell'ambiente
- recuperare e smaltire i rifiuti senza pericolo per la salute dell'uomo e senza usare procedimenti che potrebbero recare danni all'ambiente, in particolare:
 - all'acqua, aria, suolo, alla fauna e alla flora
 - senza causare odori o rumori
 - senza danneggiare il paesaggio o siti d'interesse.

Obiettivi

- recupero e smaltimento senza pericolo per la salute dell'uomo e per l'ambiente
- prevenzione e riduzione della produzione e della pericolosità dei rifiuti attraverso il reimpiego ed il riciclaggio
- sviluppo di tecnologie pulite e recupero energetico.

gestire i rifiuti in maniera adeguata rappresenta un'opportunità per trasformarli in risorse preziose: non solo possiamo riutilizzare i materiali ma possiamo anche sfruttarli come fonti di energia; tuttavia, è necessario avere una corretta classificazione dei rifiuti secondo due criteri: secondo l'origine o secondo le caratteristiche di pericolosità.



Rifiuti urbani → rifiuti che troviamo nella nostra quotidianità

rifiuti speciali → appartengono ad attività specifiche (industrie, ospedali)

rifiuti pericolosi → contengono sostanze che possono essere dannose per la salute umana o per l'ambiente (solvente, batterie, rifiuti chimici)

rifiuti non pericolosi → non presentano rischi particolari e includono materiali comuni (plastica, vetro, metalli).

All'interno del decreto sono elencate tutte quelle caratteristiche che rendono un rifiuto pericoloso e il decreto contiene anche allegati che aiutano a gestire il rifiuto in maniera adeguata.

I rifiuti urbani sono tutti quei rifiuti prodotti nelle aree abitate, che richiedono una gestione organizzata da parte dei comuni o da parte di altre autorità adibite al compito. Sono anche tutti quei rifiuti provenienti dallo spazzamento delle strade, rifiuti vegetali, rifiuti non pericolosi provenienti da altri luoghi di scopo diverso oltre che quello abitativo.

I rifiuti speciali richiedono un trattamento specifico, sono prodotti da attività agricole, industriali, attività commerciali, la sanità, etc. Possono comprendere materiali pericolosi come motori, rimorchi, sostanze chimiche, etc.

I rifiuti pericolosi sono una categoria speciale di rifiuti che rappresentano una minaccia per l'ambiente e la salute umana a causa delle sostanze presenti all'interno.

Possono essere suddivisi in diverse categorie:

- domestici: includono i RUP (rifiuti urbani pericolosi, come pile o medicinali scaduti)
- speciali pericolosi: contengono una quantità significativa di sostanze pericolose per la salute (processi chimici, raffinazione petrolio, solventi, ricerca medica, etc.)

I **pirogrammi** sono simboli che indicano la pericolosità, essi forniscono informazioni visive e immediate sui pericoli, e facilitano la comprensione anche per coloro che non conoscono la lingua.

Il **codice europeo dei rifiuti (C.E.R.)** è un numero a 6 cifre che ci indica la pericolosità del rifiuto: aiuta a standardizzare e facilita il controllo del rifiuto.

Ci indica:

- la classe del rifiuto → primi due numeri
- La sottoclasse del rifiuto → secondi due numeri
- La categoria del rifiuto → terzi numeri

La presenza di questi codici è importante perché permettono una gestione uniforme di classificare in maniera univoca (a livello europeo) un rifiuto

Se un rifiuto rappresenta più caratteristiche di pericolosità, alla fine dei 6 numeri troviamo un asterisco, così da avere una visione immediata del pericolo.

Esempi di codice:

170405

17 → rifiuti delle operazioni di costruzione e demolizione

04 → metalli pesanti

05 → ferro e acciaio

070703*

07 → rifiuti provenienti da processi chimici organici

07 → rifiuti la produzione, formulazione, fornitura ed uso di prodotti della chimica e prodotti chimici non specificati

03 → solvente organici alogenati

Particolari categorie di rifiuti → particolari a causa della loro gestione, alcuni hanno addirittura dei decreti dedicati

- Rifiuti elettrici ed elettronici (RAEE)
- Rifiuti sanitari
- Veicoli a motore e a rimorchi
- Oli grassi vegetali e animali esausti
- i rifiuti di beni in polietilene e altri rifiuti

I rifiuti elettrici ed elettronici seguono il D.lgs. 25 luglio 2005, n 151 → va a stabilire il recupero e lo smaltimento dei RAEE, le finalità sono quelle di incentivare il riutilizzo o il riciclo, ridurre l'uso di sostanze pericolose nelle apparecchiature e di migliorare le attività dei produttori, dei distributori e dei consumatori.

I rifiuti sanitari seguono il D.P.R. 15 luglio 2003, n254 → questi sono sottoposti a procedure di sterilizzazione

Un po' di definizioni...

Detentore → persona fisica o giuridica che ha il controllo sul rifiuto (chiunque gestisca o abbia la responsabilità del rifiuto).

Produttore → persona fisica o giuridica il cui processo o attività va a produrre il rifiuto (aziende). Il produttore ha la responsabilità primaria di gestire correttamente il rifiuto.

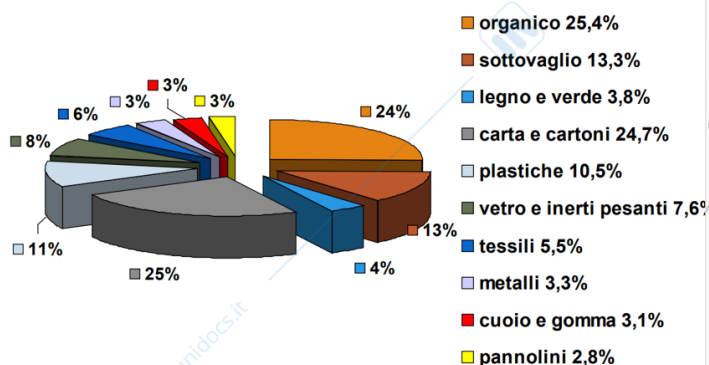
Gestione → raccolta, trasporto, recupero e smaltimento dei rifiuti (riciclaggio, trattamento per ridurre la pericolosità, smaltimento, etc).

Raccolta → processo di prelievo dei rifiuti di diverse fonti (aziende, luoghi pubblici, abitazioni, etc).

Smaltimento → processo finale di eliminazione dei rifiuti che può avvenire attraverso modalità come attraverso lo smaltimento in discarica, il trattamento chimico, etc. lo smaltimento deve essere seguito in maniera sicura per evitare danno all'ambiente e alla salute umana.

La composizione dei rifiuti solidi (RU) può variare notevolmente in base a diversi fattori.

Percentuale dei rifiuti solidi:



La **gestione dei rifiuti** comprende le attività di: raccolta, trasporto, selezione e trattamento, riciclo e smaltimento.

Costituisce un'attività di pubblico interesse al fine di assicurare un'elevata protezione dell'ambiente e controllo efficaci, tenendo conto della specificità dei rifiuti pericolosi nonché al fine di preservare le risorse naturali e pertanto l'attività di recupero e di smaltimento:

- non deve costituire un pericolo per la salute umana e per l'ambiente
- non deve essere fonte di rischio per l'acqua, l'aria, il suolo, la fauna e la flora
- non deve causare inconvenienti da odori o rumori
- non deve arrecare danni al paesaggio.

La gestione dei rifiuti deve essere ispirata ai principi di precauzione, di prevenzione, di proporzionalità, di responsabilizzazione e di cooperazione di tutti i soggetti coinvolti nella produzione, nella distribuzione, nell'uso e consumo di beni che producono rifiuti nel rispetto del principio comunitario del "chi inquina paga" e deve essere effettuata secondo efficacia, efficienza, economicità e trasparenza.

Principio di precauzione: anche in assenza di certezze scientifiche, si devono adottare le possibili misure per prevenire i rischi ambientali.

Principio di prevenzione: le misure devono essere finalizzate in via prioritaria e prevenire il rischio ambientale.

Principio di proporzionalità: l'intensità delle misure da adottare deve essere proporzionale al rischio.

Principio di responsabilizzazione e di cooperazione: responsabilità e cooperazione di tutti i soggetti coinvolti nella produzione, nella distribuzione, nell'utilizzo e nel consumo di beni da cui originano i rifiuti.

Principio di "chi inquina paga": gli oneri relativi alle attività di smaltimento sono a carico di chi produce rifiuti.

La gestione dei rifiuti comprende i seguenti aspetti:

- La riduzione alla fonte della produzione dei rifiuti, agendo su progettazione, produzione e commercializzazione dei beni, diminuendo le quantità di rifiuto da destinare allo smaltimento finale.
- Il recupero di materia e/o di energia e il riutilizzo degli scarti.
- Il corretto smaltimento dei rifiuti non recuperabili (pericolosi, contenenti sostanze tossiche, nocive, ecc.)
- Il miglioramento degli altri sistemi di trattamento e/o smaltimento, come ad esempio inceneritori, impianti di compostaggio e discariche.

La **raccolta** consiste nel raggruppare i rifiuti urbani in frazioni omogenee e raggruppare i rifiuti di imballaggio separatamente dagli altri rifiuti urbani, avremo:

- raccolta indifferenziata di tutte le frazioni di rifiuti
- raccolta differenziata per tipologia di prodotto
- raccolta multimateriale per due o più tipologie di prodotti

Raccolta indifferenziata comprende:

Riutilizzo: introduzione di un rifiuto in un ciclo d'uso diverso da quello che l'ha prodotto, senza che il rifiuto originale subisca modificazioni sostanziali (es. sostanze organiche usate per produrre concimi)

Reimpiego: impiego di un rifiuto tal quale, dopo un primo ciclo d'uso, per ulteriori utilizzazioni di un altro genere (es. le bottiglie a rendere)

Riciclaggio: impiego di un rifiuto in cicli d'uso successive al primo in seguito a trasformazioni anche sostanziali (es. alluminio usato per produrre nuove lattine).

Esempi di materiali che possono essere riciclati: carta, cartone, vetro, alluminio, plastica, pile scariche, legno, etc.

Carta e *cartone* sono materiali diffusissimi nel mondo e sono utilizzati per gli scopi più diversi:

- libri, riviste e giornali;
- carta, cartoncino e cartone impiegati negli imballaggi;
- carta per usi igienici;
- carta moneta;
- rivestimento delle pareti (carta da parati);
- cartongesso.

Carta e cartone si ricavano dalla cellulosa, ossia la componente fibrosa che si estrae dal legno degli alberi e di altre specie vegetali o anche dal riciclo di carta e cartoni usati.

Di fatto più del 50% della carta e del cartone immessi al consumo in Italia viene raccolta e riciclata, e concorre alla produzione di nuova carta e di nuovo cartone.

Il *vetro* ha origini antichissime ed è prodotto fondendo ad elevate temperature sabbie speciali con l'aggiunta di soda. Riciclare il vetro permette di:

- ridurre le attività di cava,
- evitare la produzione dei residui tossici della fusione,
- risparmiare energia.

Una volta raccolti in modo differenziato, i prodotti di vetro (bottiglie barattoli, vasetti ecc.) vengono selezionati e ripuliti da elementi estranei.

Il vetro viene separato on-line per colore (ad es.: incolore, verde e marrone).

Quindi nelle vetrerie il vetro viene fuso e rimodellato in nuovi oggetti.

L'igienicità del vetro permette, oltre al riciclo, il riutilizzo.

La *plastica*: Il riciclaggio dei materiali plastici assume un'importanza primaria se si considera che la plastica è ottenuta attraverso la raffinazione del petrolio.

I materiali plastici utilizzati per gli imballaggi e per altri prodotti di uso quotidiano sono vari; per riconoscerli è sufficiente individuare il codice sull'etichetta o stampigliato a caldo sul prodotto.

PET (polietilentereftalato)

È un polimero, presenta elevate proprietà meccaniche, buona tenacità, buona resistenza termica e chimica e ottima trasparenza e brillantezza.

Viene utilizzato per la produzione di:

- bottiglie per acqua e bibite,
- flaconi per detersivi domestici,
- vassoi e blister termoformati,
- film di supporto
- fibre (per abbigliamento, arredamento, imbottiture, cordami, uso geotessile, ecc.),
- lastre fotografiche e radiografiche;
- nastri audio e video.

Il PET riciclato viene utilizzato per la produzione di nuovi contenitori, oppure, nel campo di applicazione delle fibre, si ottengono imbottiture, maglioni, "pile", moquette, interni per auto, blister e reggette.

PP (polipropilene)

Le sue caratteristiche sono:

- Buone proprietà meccaniche
- buona resistenza chimica
- elevata impermeabilità al vapore acqueo.

Sono numerosi i settori di applicazione di questo polimero:

- flaconi per detersivi e cosmetica,
- cassette,
- film in sostituzione del cellophane,
- sacchi industriali,
- mobili da giardino,
- fibre (corde e sacchi),
- articoli casalinghi,
- batterie
- paraurti auto.

Il PP riciclato viene utilizzato per la produzione di nuovi contenitori.

PE (polietilene)

Le sue caratteristiche sono:

- buona resistenza meccanica e rigidità,
- resistenza agli acidi, alcali, soluzioni saline e vari solventi organici (es. oli e benzine),
- scarsa trasparenza (opaco).

Viene utilizzato per la fabbricazione di:

- bottiglie e flaconi per alimenti,
- detersivi e agenti chimici,
- cassette e fusti,
- film di vari spessori per uso agricolo, industriale, edile.

Il PE riciclato, viene reimpiegato per la realizzazione di nuovi contenitori per detersivi, oppure sacchi della spazzatura, film per imballaggio, manufatti per l'industria.

PVC (cloruro di polivinile)

Le sue caratteristiche sono:

- buona resistenza meccanica e chimica,
- elevata impermeabilità al vapore acqueo.
-

Sono numerosi i settori di applicazione:

- bottiglie e flaconi (circa il 6% della produzione di bottiglie per acque minerali non gasate),
- blister termoformati,
- tubi,
- telai di finestre,
- tapparelle,
- guaine per cavi elettrici,
- finte pelli,
- giocattoli,
- parti di automobili e
- accessori biomedicali.

Il PVC riciclato, viene riutilizzato soprattutto nel settore edile per la produzione di tubi, scarichi per l'acqua piovana, raccordi, passacavi.

Vantaggi della raccolta differenziata: minore consumo di materie prime ed energia, ottimizzazione del sistema globale di gestione dei rifiuti, minore produzione di rifiuti da smaltire, espansione del mercato delle materie prime secondarie.

La raccolta differenziata

individua due principali frazioni di rifiuti da raccogliere separatamente:

- frazione secca, composta da materiali a basso tasso di umidità, (es.: plastica, vetro, metallo, carta);
- frazione umida, composta da materiali ad alto tasso di umidità, facilmente putrescibili (es.: ceneri, residui di cucina ed alimentari).

Come avviene la raccolta?

- frazione secca in contenitori separati per plastica, carta e legno e vetro;
- frazione umida immessa in cassonetti appositi;
- rifiuti pericolosi (es. pile esauste, farmaci scaduti, etc.), in contenitori specifici;
- rifiuti ingombranti (es. elettrodomestici etc) vanno alle piattaforme ecologiche.

DISCARICHE

Le discariche sono il luogo dove vengono depositati i rifiuti, esse possono essere:

I Categoria: destinate ai R.S.U. o assimilabili

II Categoria– tipo A: destinate agli inerti e residui di materiali edili

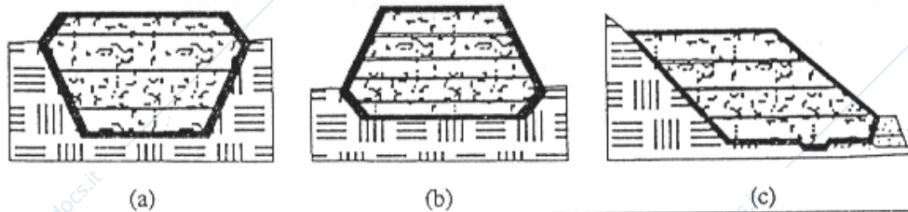
II Categoria– tipo B: destinate ai rifiuti speciali o tossici e nocivi, privi di sostanze particolarmente pericolose

II Categoria– tipo C: destinate ai rifiuti tossici o nocivi

III Categoria: destinate ai rifiuti particolarmente pericolosi

In funzione delle caratteristiche geomorfologiche ed idrogeologiche del sito prescelto, vengono realizzati tre tipi di discariche:

- discariche in avvallamento (o in trincea): sono realizzate per riempimento di vecchie cave dismesse o di "fosse" scavate appositamente nel terreno;
- discariche in rilevato: poggiano a livello del piano campagna e si sviluppano in altezza;
- discariche in pendio: sono realizzate a ridosso di pendii, per riempimento di squarci aperti lungo i versanti dovuti a cave, aree calanchive o impluvi.



Inoltre, si deve evitare che l'acqua che filtra attraverso i rifiuti possa inquinare il terreno e/o le falde sottostanti alla discarica, quindi:

- va costruita una barriera fisica sul fondo della discarica (fondo impermeabile);
- vanno drenate le acque superficiali che scorrono sulla massa dei rifiuti (canali di scolo e raccolta della pioggia);
- va raccolto e depurato il percolato (acqua che si accumula al fondo della discarica).

Durante la fase di smaltimento e di degradazione delle sostanze organiche operata da flora batterica, si formano due componenti:

- **BIOGAS** → 52 – 65 % METANO, 30 – 45 % ANIDRIDE CARBONICA, 5 – 13 % ALTRI GAS. Viene estratto e recuperato come fonte energetica.
- **PERCOLATO** → Concentrato di sostanze organiche e alcuni metalli pesanti. Deve essere raccolto e trattato in idonei impianti di depurazione.

ESTRAZIONE DEL BIOGAS

- **Sistemi passivi:** si sfrutta il gradiente pressione che si instaura naturalmente all'interno della discarica, a seguito dei processi di generazione di biogas
- **Sistemi attivi:** creazione artificiale di un gradiente di pressione mediante soffianti o compressori.

La sistemazione finale dell'area di discarica si propone i seguenti obiettivi:

- riduzione dell'infiltrazione delle acque meteoriche di superficie, per contenere la produzione di percolato
- controllo delle perdite di biogas nell'atmosfera, finalizzato al recupero delle aree verdi.

Aspetti positivi della discarica:

- costo iniziale dell'impianto relativamente basso;
- mancanza di prodotti di scarto, se si esclude il percolato;
- possibilità di installare impianti di biogas per la produzione di energia

aspetti negativi della discarica:

- difficoltà di reperire aree tecnicamente idonee e sicure;

- pericoli per la contaminazione di suolo e sottosuolo, in particolare delle falde freatiche e dell'atmosfera, a causa dei gas di fermentazione, degli odori, delle polveri trasportabili dal vento;
- formazione di incendi non facilmente controllabili se profondi nella massa e produzione di fumi maleodoranti.
- Contaminazione del suolo, dell'acqua e dell'aria
- Roditori, insetti e randagismo

Il compostaggio è una tecnica di smaltimento che riguarda i rifiuti organici e si basa sul processo biologico di degradazione aerobica delle sostanze organiche presenti nei rifiuti. In un impianto di produzione di compost i rifiuti vengono messi con batteri termofili che lavorano sui 90 gradi.

Ci sono 4 fasi in questo impianto:

- Stadio A mesofilo
- Stadio B termofilo
- Stadio C di raffreddamento
- Stadio D di maturazione

Vantaggi del compost: semplicità di gestione, riduzione di volume, peso e umidità del substrato, produzione di materiale biologicamente stabile, facilmente maneggiabile, disattivazione di agenti patogeni

Svantaggi del compost: diffusione di odori sgradevoli, difficoltà per corretto trattamento di imponenti masse di materia organica e problemi di mercato.

Il Termovalorizzatore è l'ultima tecnica di smaltimento che ne prevede l'ossidazione ad alta temperatura dei rifiuti e in presenza di adeguato eccesso d'aria, ed ha l'obiettivo primario di trasformare i componenti più pericolosi in composti più semplici, trattabili con altre tecniche. I residui solidi derivanti dalle sezioni di combustione e di recupero termico (scorie e ceneri pesanti), sono costituiti da:

- da materiali inerti (vetro, porcellana, metalli),
- da materiali organici incombusti
- da particelle solide di diversa natura.

I valori limite di emissione previsti per i termovalorizzatori sono indicati nella normativa vigente

D.lgs. n. 133/2005