

Il suolo:

Il suolo è un sistema vivo perché al suo interno abitano numerosi organismi viventi, ma soprattutto è un sistema in continua evoluzione. Le reazioni chimiche, fisiche e biologiche che avvengono al suo interno sono delle reazioni molto lente e quindi sono difficili da notare. Questi processi di formazione e trasformazione del suolo prendono il nome di pedogenesi, che è un processo estremamente lungo, infatti si stima che per formarsi 1 cm di suolo siano necessari circa 300 anni. Pertanto il suolo è definito come risorsa non rinnovabile, ma è in riferimento alla scala umana e non assoluta.

***Suolo:** è una delle risorse di cui l'uomo dispone caratterizzato da grande valore, ma da estrema fragilità.

***Suolo:** è un complesso sistema fisico, chimico e biologico il cui funzionamento è spesso compromesso da usi impropri. Solo la comprensione dei processi che avvengono nel suolo, e le loro interazioni con altri ecosistemi, può consentire l'uso appropriato di questa risorsa naturale.

Le principali cause di degrado del suolo in Europa sono:

1. Erosione: l'erosione causa l'asportazione degli strati superficiali di terreno e, dato che le sostanze nutritive man mano che si scende in profondità nel terreno diminuiscono sempre di più, si ha una perdita degli strati più fertili del suolo.
2. Diminuzione di sostanza organica: è il passo verso la desertificazione, che è direttamente legata all'erosione.
3. Compattazione: legato all'utilizzo di mezzi meccanici per le lavorazioni agricole. Infatti i trattori moderni hanno un peso notevolmente ridotto pur mantenendo la stessa potenza.
4. Salinizzazione: aumento della conducibilità del suolo, dettato dalla presenza di sali, in particolare di sodio, soprattutto dall'utilizzo di acque ricche di cloruro di sodio.
5. Frane e alluvioni
6. Perdita di biodiversità: causata da sistemi agricoli intensivi e specializzati.
7. Contaminazione: da metalli pesanti, da solventi, ed idrocarburi.
8. Impermeabilizzazione

Suolo come sistema aperto:

Il suolo è inteso come sistema aperto perché può essere contaminato, ma al contempo ha anche un grande potere inquinante (non il suolo in sé, ma l'uso che ne facciamo).

Il suolo è in grado di scambiare continuamente sostanze con gli altri comparti ambientali, quindi con: atmosfera, acque profonde, acque superficiali e organismi viventi. Un esempio è l'azoto sotto forma di nitrato che è facilmente dilavabile e quindi percola negli strati più profondi del terreno fino a raggiungere la falda, generando quindi un problema molto importante di contaminazione. Oppure la componente di azoto ammoniacale può volatilizzare, infatti l'ammoniaca è un composto volatile, e diventa pericoloso perché è una delle cause della formazione delle micro polveri (PM 2.5) che penetrano facilmente nel nostro sistema respiratorio.

****Piogge acide:** quando si brucia della biomassa si producono dei fumi e che contengono anche dei composti dell'azoto dello zolfo; questi composti, una volta in atmosfera, reagiscono con l'acqua e producono acido solforico e acido nitrico che, per ricaduta con le piogge, arrivano sulla vegetazione.*

****Terreno:** è il risultato della disgregazione e alterazione delle rocce per azione di natura fisica, chimica e biologica; il terreno agrario è il risultato di tali modificazioni e dell'attività dell'uomo che lo ha reso adatto alla coltivazione delle piante.*

Definizioni di suolo:

- Per la chimica agraria: il suolo è un sistema disperso plurifasico, costituito dallo strato superficiale roccioso alterato della crosta terrestre, le cui fasi (solida, liquida e gassosa) concorrono a conferire ad esso la capacità di mantenere la vita vegetale, con possibilità di produzione economicamente redditizia.
- Per la pedologia: è l'insieme dei corpi naturali esistenti sulla superficie terrestre, in luoghi modificati anche fatti dell'uomo con materiali terrosi, contenente materia vivente, che sostiene o è capace di sostenere all'esterno le piante. Il suo limite superiore è rappresentato dall'aria o da acque poco profonde. I suoi margini laterali arrivano dalle acque profonde o dalle aree sterili costituite da roccia o da ghiaccio. Passa per gradi, in profondità, alla roccia compatta e a materiali terrosi privi di ogni forma di attività biologica. (In questa definizione manca l'aspetto economico dato che la pedologia è una scienza naturale, più descrittiva, che descrive come sono classificati i suoli).

Principali funzioni dei suoli:

- **Produttiva:** intesa come capacità dei suoli di massimizzare la trasformazione di energia radiante in energia chimica.
- **Protettiva:** intesa come capacità dei suoli di essere filtro e tampone per gli agenti inquinanti, elemento di regolazione e distribuzione dei flussi idrici, fattore di mitigazione del rischio idrogeologico e dell'effetto serra (equilibrio della CO₂).
- **Naturalistica:** intesa come capacità di ospitare riserve biotiche che, in equilibrio tra loro, costituiscono l'ecosistema del suolo.

Componenti del suolo:

Il suolo è un sistema disperso, cioè che ha degli spazi vuoti (non è una massa compatta) dato che le sue particelle sono di dimensioni diverse e sono di forma irregolare. Il suolo è costituito da tre fasi:

- **Fase solida:** definita dalla presenza, prevalente, di componenti inorganici (45-50%), derivanti dalla disgregazione della roccia madre, e organici (fino a 7% - valori molto più bassi caratterizzano suoli agrari) che è in parte viva e in parte è morta.
- **Fase liquida:** rappresentata dall'acqua in cui sono disciolte sostanze inorganiche e organiche o dispersi, in sospensione, colloidali di natura diversa. La fase liquida è definita soluzione circolante. (23%)
- **Fase gassosa:** miscela di gas e vapori, di composizione analoga a quella dell'aria atmosferica, ma caratterizzata da meno O₂ e da un più elevato contenuto di vapore acqueo e di CO₂, infatti nel terreno sono presenti sia organismi viventi che le radici delle piante che consumano O₂ e producono invece CO₂. L'aria del suolo è definita aria tellurica. (25%)

In alcuni terreni è possibile che la fase liquida e la fase gassosa sia uguale a zero.

Profilo del terreno:

È la sezione di suolo avente come limite superiore l'atmosfera e come limite inferiore la roccia madre. Nel profilo si evidenziano 4 strati, definiti orizzonti:

1. **O:** è l'orizzonte organico che si trova nel primo strato superficiale, perché la sostanza organica arriva per forza dall'alto. Per esempio in un bosco sono tutti i depositi di piante oppure gli organismi morti che vanno a costituire la lettiera. Quest'orizzonte organico può essere suddiviso in più orizzonti che vengono individuati in base a diversi stadi di decomposizione della sostanza organica; nei suoli agrari l'orizzonte

organico non è mai presente, perché non sono inalterati (i residui vegetali vengono incorporati nell'orizzonte A).

2. A: costituisce l'orizzonte più fertile di un suolo agrario, dato che contiene sostanza organica ed è sede dell'apporto di fertilizzanti; qui sono presenti la maggior parte delle radici delle piante e quindi è sede intensa di attività biologica. L'orizzonte A prende il nome anche di orizzonte di eluviazione perché, molto spesso, attraverso i passaggi dell'acqua, dall'orizzonte A possono essere trasportate (cioè eluviate) delle sostanze che si vanno ad accumulare nell'orizzonte B.
3. B: gli orizzonti B si chiamano anche orizzonti illuviali, o di accumulo, infatti le sostanze eluviate dall'orizzonte A vengono illuviate negli orizzonti B.
4. C: rappresenta la roccia madre alterata soltanto dal punto di vista fisico, quindi che ha subito un'alterazione meccanica, infatti non è possibile definirlo suolo. Sotto l'orizzonte C si trova la vera e propria roccia madre (R).

Questi orizzonti dipendono dal tipo di terreno infatti possono essere o molto numerosi oppure di numero ridotto; questo è dovuto dal fatto che i terreni, pur essendo originati dalla stessa roccia madre, si trovano in condizioni ambientali diverse e quindi assumono delle caratteristiche e sembianze molto diverse.

Ordini di suoli:

- Histosol: è composto soltanto da orizzonte O e rappresenta una torbiera. Nell'orizzonte 1 si ha il materiale vegetale non ancora decomposto, mentre man mano che si scende in profondità si incontra solo materiale decomposto.
- Gelisol: è il suolo delle zone fredde, dove è presente: uno strato permanente di ghiaccio (CF - CFrozen), un orizzonte organico, un orizzonte eluvionale e un orizzonte illuvionale. Questi strati sono molto scuri perché sono caratterizzati da un'elevata concentrazione di sostanza organica.
- Entisol: il termine enti significa recenti, quindi suoli giovani. In questo caso la giovinezza del suolo è rappresentata dal rilievo dove si nota che lo strato A poggia direttamente sulla roccia madre; la roccia madre viene degradata quindi si sminuzza e i semi portati dal vento degli animali fanno germinare le piantine in superficie. L'orizzonte si forma, ma non riesce ad accumularsi proprio perché vento e acqua tendono ad asportarlo verso valle. La giovinezza del terreno è quindi dovuta alla pendenza e non al tempo.

**Torbiera: sono accumuli di sostanza organica. Si creano in zone particolarmente fredde, infatti, negli ambienti freddi, la mineralizzazione del suolo avviene in maniera molto lenta, pertanto si crea un orizzonte organico sostanzioso.*

Minerali e rocce

Il suolo è in continuo mutamento, infatti, le reazioni che generano il suolo continuano ad avvenire all'interno del terreno e, molte di esse, sono alla base delle reazioni che governano i rapporti tra il suolo e le piante. Inoltre, essendo il suolo generato dalla roccia madre, la composizione del suolo è determinata dalle componenti della roccia madre.

I corpi rocciosi rappresentativi dello strato superficiale della crosta terrestre sono costituiti da 8 elementi chimici, ma solo 4 sono necessari e per la nutrizione delle piante (Fe, Ca, K, Mg). Al e Na sono addirittura tossici, ma non rappresenta un problema perché l'alluminio non è disponibile per le piante dato che è presente sotto forma di idrossido di alluminio che è altamente insolubile.

Anche per il Fe vale lo stesso concetto, infatti è spesso presente come idrossido di ferro che, essendo insolubile, non può essere assorbito dalle piante.

Per quanto riguarda il Na, essendo una base forte, tende a generare dei sali solubili che vengono allontanati molto rapidamente lungo il profilo ed è per questo che non rappresenta un agente tossico per le piante.

Rocce:

Le rocce si distinguono in 3 principali gruppi:

- Rocce ignee: derivano dal consolidamento, per raffreddamento, di masse litiche totalmente o parzialmente fuse. Si classificano in:
 - Intrusive: originate per consolidamento del magma all'interno della crosta terrestre.
 - Effusiva: generatesi per solidificazione delle colate laviche sulla superficie terrestre.
 - Piroclastiche: formatesi per accumulo di frammenti amminutati o di ceneri che derivano da attività vulcanica esplosiva.
- Rocce sedimentarie: sono molto diffuse e occupano circa 75% della superficie terrestre. Derivano da rocce preesistenti che risultano essere più o meno alterate; i processi di formazione delle rocce sedimentarie sono: l'alterazione, l'erosione, il trasporto, la deposizione e la litificazione.
- Rocce metamorfiche: sono le rocce ignee o sedimentarie che hanno subito un processo di metamorfismo, quindi di alterazione che le hanno modificate.

***Litificazione:** fenomeno di cementificazione e compattazione, che trasforma i depositi in roccia compatta.

Degradazione delle rocce:

La degradazione delle rocce è generalmente provocata dall'azione dei seguenti fattori:

- **Variazioni della temperatura:** l'escursione termica tra il giorno e la notte e tra lo strato superficiale e quello interno delle masse litiche induce fenomeni di fessurazione e sgretolamento. La disgregazione procede tanto più velocemente quanto più grossolana è la struttura della roccia; questo fenomeno è definito termoclastismo.
- **Acqua:** l'acqua asporta materiale solido e questo fenomeno è tanto più intenso quanto è maggiore la velocità di scorrimento della massa liquida e tanto più è accentuata la pendenza della superficie. Inizialmente sono depositati i frammenti di dimensioni maggiori e successivamente le particelle più fini. Per abbassamento della temperatura l'acqua presente nelle crepe, passa dallo stato liquido allo stato solido con un aumento del volume determinando la disgregazione delle rocce; questo fenomeno è definito crioclastico.
- **Vento:** provoca l'asportazione, il trasferimento e la deposizione, anche a notevole distanza, del prodotto dell'alterazione delle rocce. Più sono minute le particelle e tanto più in alto queste potranno essere sollevate e quindi più lontano trasportate. Le particelle di sabbia mosse dal vento inducono azione abrasiva sulle formazioni litiche.
- **Entità biotiche:** partecipano ai processi di disgregazione delle rocce, anche se in modo più limitato. In particolare l'insediamento di licheni e di muschi sulle superfici rocciose compatte provocano contemporaneamente fenomeni di disgregazione fisica e di decomposizione, creando le premesse per lo sgretolamento della massa rocciosa. Successivamente piante sempre più esigenti, per soddisfare il proprio fabbisogno nutrizionale, spingono le radici nelle fenditure delle masse rocciose ed esercitando pressione promuovono la frantumazione delle rocce.

I minerali:

Sono i costituenti delle rocce e sono caratterizzati da composizione chimica costante, da proprietà fisiche specifiche e da una particolare struttura cristallina con una disposizione tridimensionale molto ordinata, che ne definisce anche la reattività. Si dividono in:

- Primari: quelli che si formano durante la solidificazione delle masse magmatiche fuse.
- Secondari: quelli originatisi per cristallizzazione che segue processi di alterazione.

Dal punto di vista chimico si dividono in due gruppi:

- Silicati: costituiti prevalentemente da ossigeno e silicio.
- Non silicati: comprendenti ossidi, carbonati, fosfati, solfati e solfuri di alcuni elementi.

I minerali sono organizzati generalmente in strutture ioniche, ciò significa che ciascun catione viene circondato da ioni di carica opposta (anione). In particolare, con il termine numero di coordinazione del catione, si intende il numero di anioni che riesce a disporsi attorno a ciascun catione. Questo legame genera una geometria sempre precisa e costante, che è il cristallo. I legami che si generano tra anioni e cationi non sono solo attrazioni di tipo elettrochimico, ma si generano anche dei veri propri legami, in parte ionici e in parte covalenti. Per alterare i minerali servono delle condizioni specifiche e quindi dei tempi molto lunghi; per questo la pedogenesi è un processo estremamente lungo.

I non silicati:

Sono i costituenti della litosfera e di conseguenza del suolo e, inoltre, parte di questi minerali vengono utilizzati come materia prima per la produzione di alcuni fertilizzanti e di alcuni correttivi molto utilizzati in agricoltura. Comprendono:

- Carbonati: si caratterizzano per avere all'interno del loro cristallo l'anione carbonato (CO_3^{2-}) che è spesso legato al calcio a formare il carbonato di calcio (CaCO_3). Il carbonato di calcio è il più diffuso e il suo nome scientifico è calcite. Un altro carbonato molto diffuso è la dolomite che è un carbonato doppio perché contiene sia Ca che Mg. Questi due minerali sminuzzati e polverizzati vengono utilizzati nella correzione dei suoli acidi.
- Solfati: sono costituiti dallo S che è un elemento particolarmente acidificante quindi i solfati, e in particolare il gesso, vengono utilizzati per l'acidificazione dei suoli; la forma più rara è l'anidrite.
- Solfuri: anch'essi contengono lo S, ma in base al catione che si lega avremo un minerale diverso con dei cristalli diversi; uno dei più diffusi è la pirite che è il solfuro di Fe.

- **Fosfati:** le rocce fosfatiche sono l'unica fonte di P presente nei terreni e questi minerali, in particolare le apatiti, (che sono i più diffusi) sono la base per la produzione di tutti i concimi fosfatici. Tutte le apatiti hanno in comune la presenza dell'anione fosfato (PO_4) e, in base al fatto che contengono fluoro, cloro o OH possiamo avere: Fluoroapatite, Cloroapatite, Idrossiapatite. Si stima che intorno al 2050 in Italia le riserve di apatite saranno esaurite.
- **Alogenuri:** sono minerali piuttosto diffusi nel suolo e uno molto importante è la silvite (cloruro di potassio) perché è il tipico concime minerale potassico.
- **Ossidi:** sono soprattutto ossidi di Fe e di Al. Sono molto diffusi e molto insolubili. Il principale rappresentante degli ossidi di Fe è la goethite. Un ossido particolare, che può essere classificato anche come silicato, è il quarzo (ossido di silicio) ed è presente nelle rocce profonde; la sabbia è composta principalmente da quarzo.

I silicati:

La struttura fondamentale dei silicati si chiama tetraedro di silicio, che è formato da un atomo di silicio che lega, alla base, 3 atomi di ossigeno e, al vertice, un altro atomo di ossigeno.

In una famiglia di questi silicati (alluminosilicati), accanto ai tetraedri, ci sono delle altre strutture che prendono il nome di ottaedri. Questi ottaedri sono costituiti da 1 alluminio centrale, che lega degli ioni ossidrilici (OH).

I silicati vengono classificati, in base alla struttura, in:

- **Nesosilicati:** singoli silicati vengono tenuti insieme tra loro da dei cationi; se cambia il catione cambia anche il tipo di cristallo e quindi tipo di minerale. (Tetraedri indipendenti). I singoli tetraedri vengono tenuti insieme da cationi bivalenti e nesosilicati più importanti sono le olivine e lo zirconio.
- **Sorosilicati:** si uniscono delle coppie di tetraedri, quindi due tetraedri e condividono un ossigeno, in particolare quello apicale. (Coppie di tetraedri).
- **Ciclosilicati:** abbiamo degli anelli triangolari di tetraedri. Sono formati dalla sovrapposizione di anelli a sei, più raramente a 3 o a 4, unità tetraedriche.
- **Inosilicati:** (inos = fibra) abbiamo delle catene di tetraedri; le catene possono essere semplici o doppie e vengono tenuti insieme da diversi tipi di cationi.
- **Fillosilicati:** i tetraedri si dispongono a formare dei foglietti che, sovrapponendosi tra di loro, vanno a generare i diversi tipi di minerali. Dalla loro alterazione si ottiene l'argilla e sono formati da tetraedro di silicio che si uniscono, condividendo degli ossigeni, per formare un foglietto, una struttura planare, in particolare accanto ai tetraedri si trovano anche gli ottaedri. In base a come si uniscono vengono classificati come fillosilicati TO (due foglietti tetraedrici sono tenuti insieme da cationi) o TOT

(struttura a sandwich - due foglietti di tetraedri racchiudono in mezzo un foglietto di ottaedro; tra di loro non potrebbero rimanere legati, infatti in base ai cationi che legano la struttura si hanno i diversi tipi di fillosilicati).

- Tectosilicati: sono strutture tridimensionali tetraedriche unite tra di loro che formano strutture più complesse. Sono i più complessi dal punto di vista strutturale e quindi sono anche quelli meno alterabili dato che hanno una struttura tridimensionale. Il principale rappresentante è il quarzo, infatti caratterizza terreni sabbiosi che sono poco fertili; più i minerali sono alterabili e maggiore è la fertilità del suolo perché si genera un'instabilità di tipo elettronico che dà la possibilità al terreno di trattenere elementi. Un altro minerale molto importante sono le zeoliti che hanno una struttura particolare che è caratterizzata da cavità all'interno del cristallo in grado di assorbire delle sostanze; vengono utilizzate come integratori nella dieta dei bovini perché il particolare sistema digerente dei bovini (poligastrici) porta alla formazione di quantità molto elevate di gas, in particolare di metano, che vengono assorbiti da questo minerale.

***Visione dall'alto tetraedro:** tetraedi a testa in giù che condividono ossigeni con i tetraedi sottostanti.

La sostituzione isomorfa eterovalente:

La sostituzione isomorfa eterovalente determina nel cristallo l'eccesso di cariche negative ed è uno dei principali processi di alterazione dei fillosilicati. I fillosilicati hanno una compensazione totale di cariche negative e positive quindi carica netta uguale a zero. Se non si ha alterazione questi minerali sarebbero inerti e sarebbe inerte anche il suolo. La SIE è alla base di alterazione dei fillosilicati attraverso un processo di rigonfiamento mediato dall'acqua. Nel cristallo può entrare un catione di carica diversa e può sostituire uno presente con il risultato che la morfologia del minerale non cambia che rimane isomorfo, ma diventa carico negativamente e quindi diventa eterovalente. Il suolo viene caratterizzato dalla capacità di scambio cationico che rappresenta la quantità di cationi che il suolo può scambiare per unità di peso. Più è alta e maggiore è la fertilità del suolo; gli ioni che può scambiare sono: calcio, potassio, magnesio e ioni ammonio che sono tutti importanti per la nutrizione minerale delle piante. Se questi minerali non fossero alterati il suolo avrebbe carica netta uguale a zero e non riuscirebbe a trattenere e ad assorbire le sostanze nutritive.