

# Il suolo

- È la pellicola più superficiale della geosfera (qualche metro)
- Nomenclatura: i geologi considerano il materiale non consolidato al di sopra del substrato roccioso; per gli agronomi è il materiale che supporta la crescita delle piante, distinto dal regolite.
- E' una RISORSA (vegetazione, agricoltura) da gestire, ma non da sfruttare.
- Se ne occupa la Pedologia...(Scienze Agrarie, Scienze Forestali, Geologia, Ingegneria).

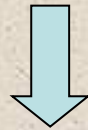


# Sistema suolo

**Atmosfera**      **Biosfera**      **Litosfera**

↙                      ↕                      ↘  
**interazione processi fisico-chimici**

↕  
**scambio energia e materia.**



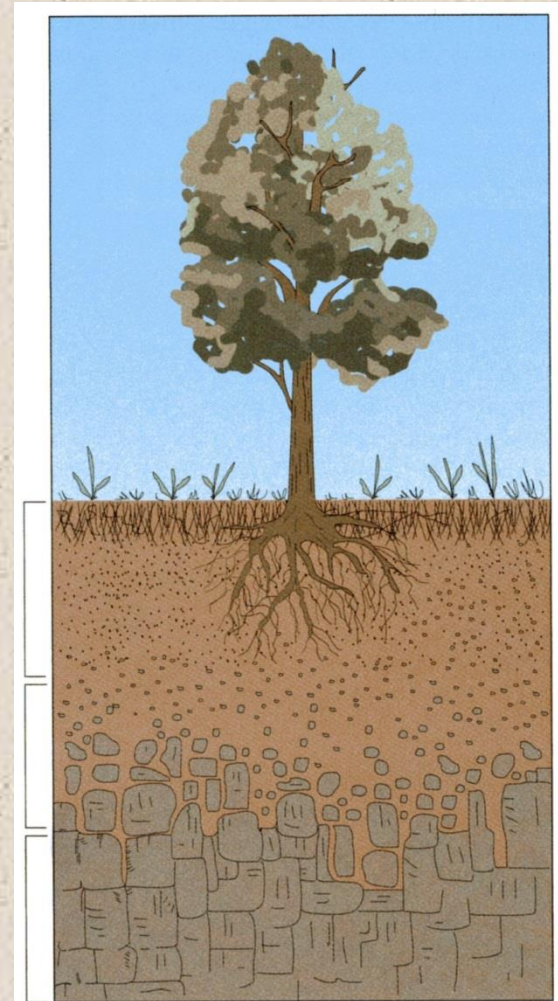
**SUOLO**

**sistema dinamico ed aperto  
in continua evoluzione**

**suolo**

**regolite**

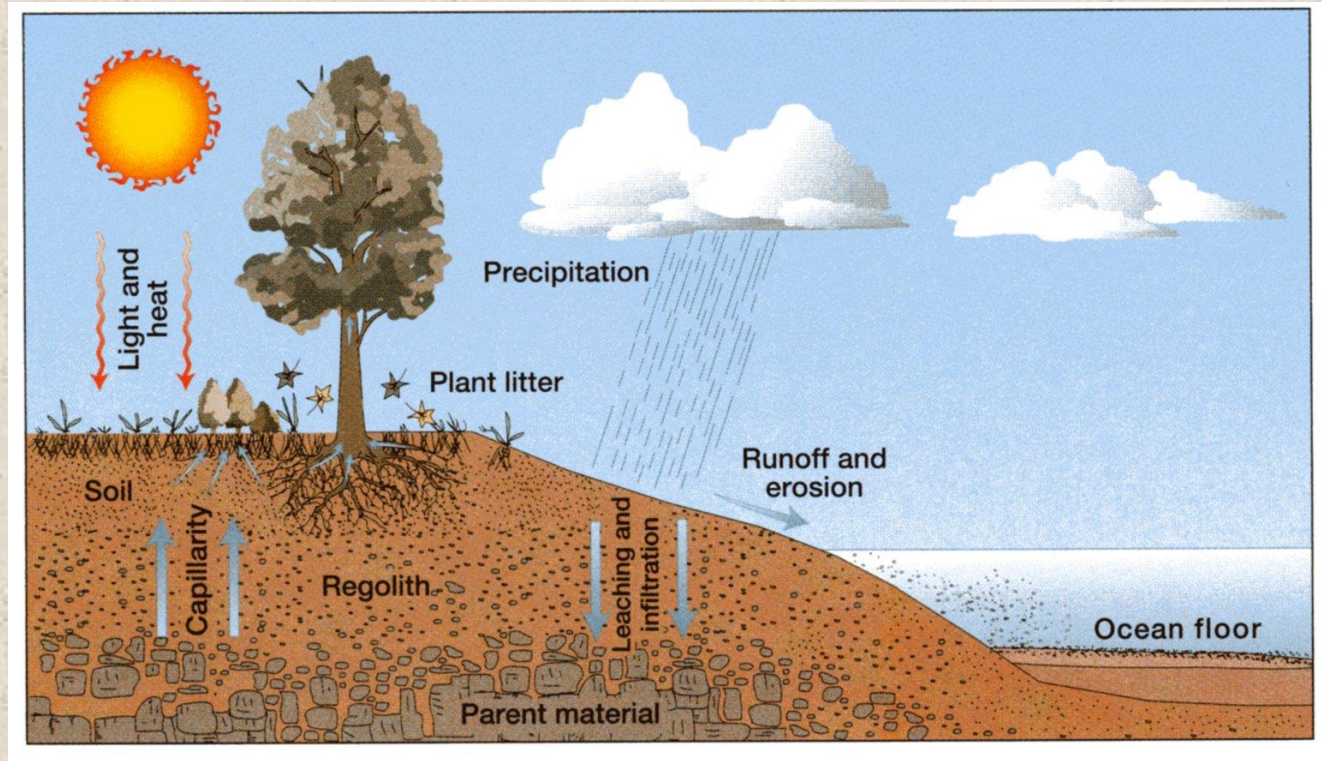
**roccia  
madre**



# Sistema suolo

Il punto di partenza?

la roccia madre



**Acqua:** favorisce i processi di alterazione (idrolisi, idratazione, ossidazione, riduzione)

**Sostanza organica:** la decomposizione produce humus, nutrienti ed acidi organici

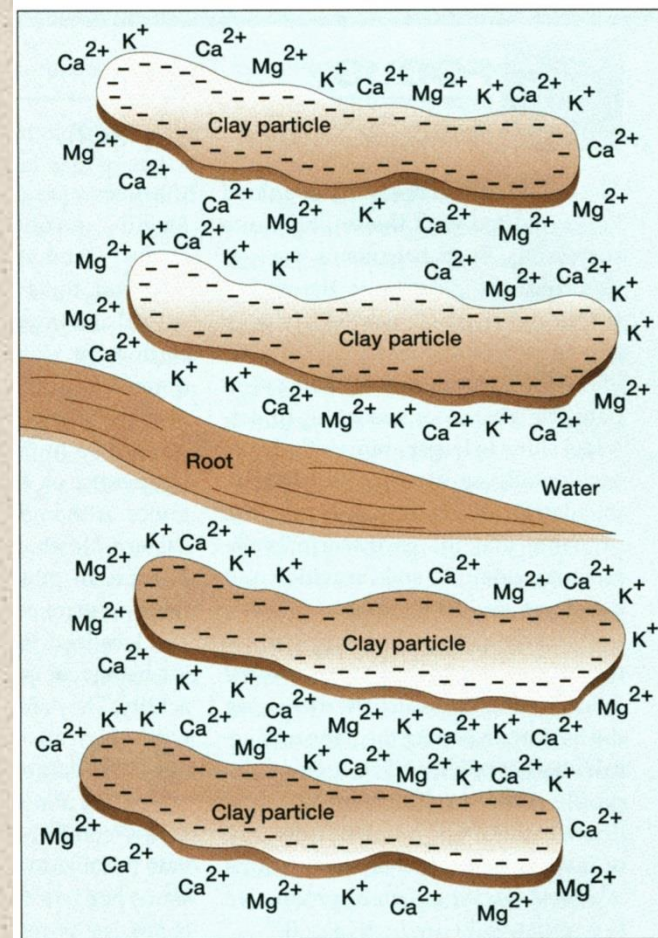
**Energia solare:** fornisce l'energia per i processi fisici, chimici e biologici

**Gravità:** contribuisce alla distribuzione dei materiali

# Le componenti del suolo – 1(a)

## Sostanza inorganica o minerale

- **Struttura cristallina (es.  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , gibbsite) o amorfa.**
- **Grande varietà di minerali (sabbia > quarzo; silt > feldspati, miche)**
- **Minerali argillosi: cariche negative sulla superficie influenzano la capacità di contrarsi e gonfiarsi, quindi di attrarre e trattenere cationi e nutrienti**



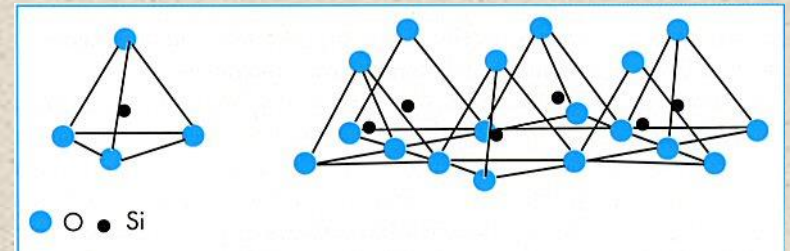
# Le componenti di un suolo – 1(b)

## Le argille (definizioni)

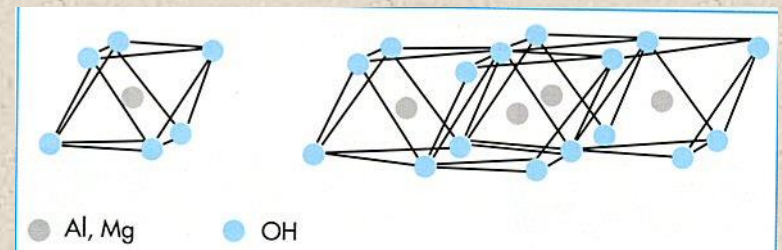
- *mineralogica: gruppo di silicati idrati a struttura foliare (fillosilicati)*
- *sedimentologica: frazione < 4 (o 2)  $\mu\text{m}$*
- *petrografica: rocce costituite da minerali argillosi (ma anche ossidi-idrossidi, quarzo)*
- *uso comune: materiale naturalmente plastico*

## Struttura foliare

tetraedrica: Si o Al cationi centrali e O coordinati



ottaedrica: Al, Mg, Fe, Mn cationi centrali e O o OH coordinati

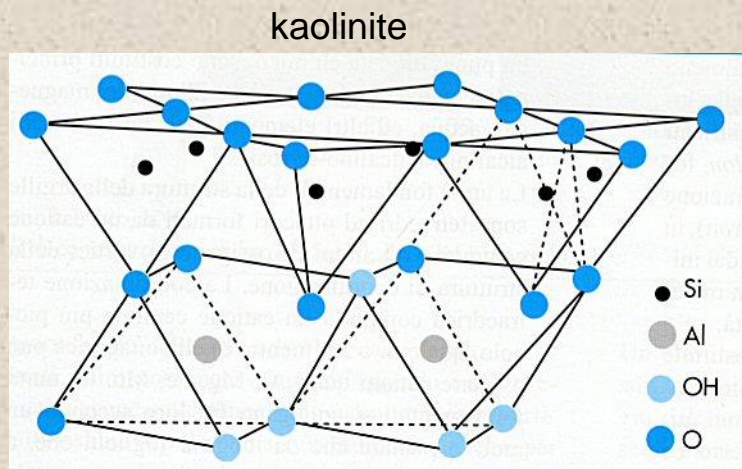


Struttura planare con sviluppo “normale” al piano tramite condivisione di atomi di O o altri elementi

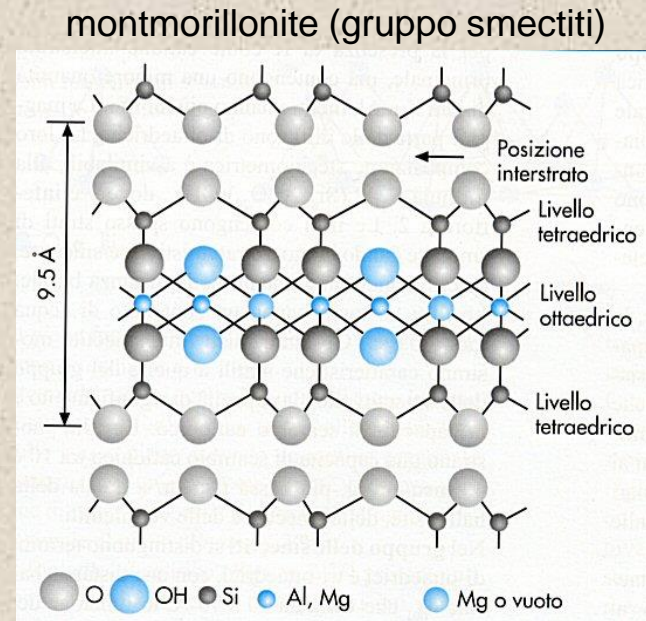
# Le componenti di un suolo – 1(c)

I minerali della argille si diversificano sulla base delle diverse combinazioni dei foglietti tetraedrici ed ottaedrici e sulla distanza basale

- Combinazione T-O: gruppo delle **kaolinite**
- Combinazione T-O-T: gruppo delle **Illiti, smectiti e vermiculiti**



*Non presenta eccesso o difetto di carica  
Sostituzioni limitate  
Bassa capacità di scambio ionico o  
adsorbimento*

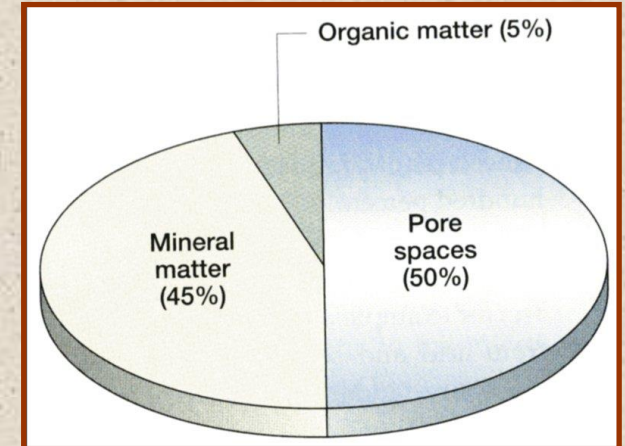


*Si “espandono” per entrata di molecole H<sub>2</sub>O  
negli spazi interstrato  
Più elevata capacità di scambio ionico in  
funzione delle particelle e delle dimensioni del  
catione*

# Le componenti del suolo - 2

## Sostanza organica

- **Generalmente più abbondante in superficie (colore scuro)**
- **Accumulo di spoglie animali e vegetali**



## Decomposizione

**lenta**

**composto colloidale amorfo di colore bruno (humus): acidi umici e fulvici ed umina.  
sviluppo  $\text{CO}_2$  > soluzioni acide negli orizzonti superficiali dei suoli.**

**veloce**

**completa mineralizzazione**

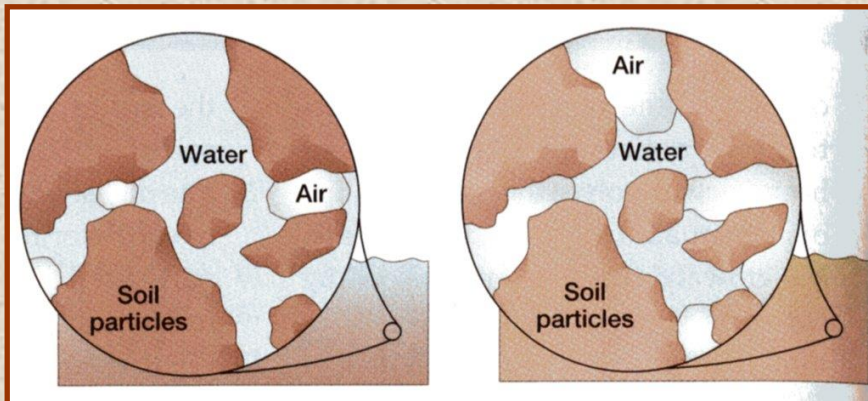


**composti solubili e gassosi,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$ , nitrati, solfati**

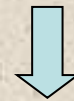
# Le componenti del suolo - 3

## Aria

- 50% del suolo mediamente è caratterizzato da vuoti (pori) intercomunicanti tra le particelle
- Il rapporto tra acqua ed aria nei vuoti è variabile
- E' sorgente di  $O_2$  per le radici e la respirazione microbica



rimozione  $O_2$



arricchimento  $CO_2$   
(100x atmosfera)

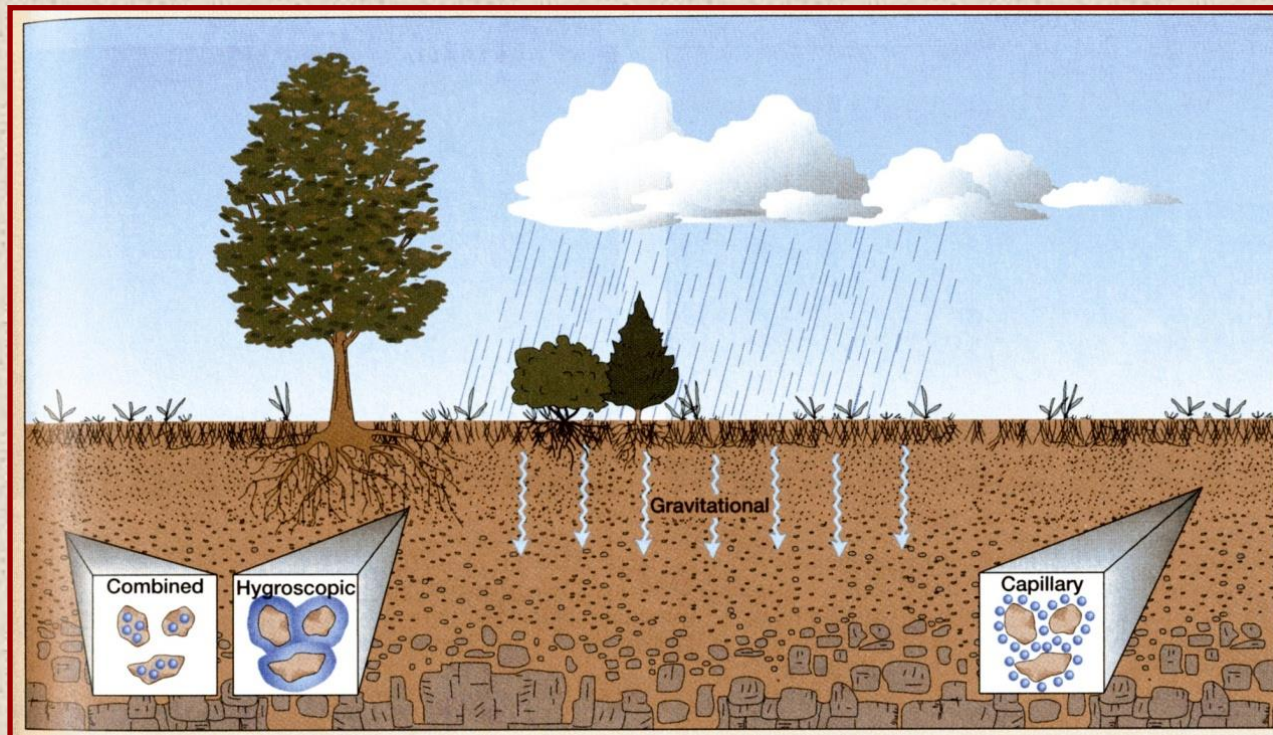
variazione  
stato di ossidazione  
(colore)



# Le componenti del suolo - 4

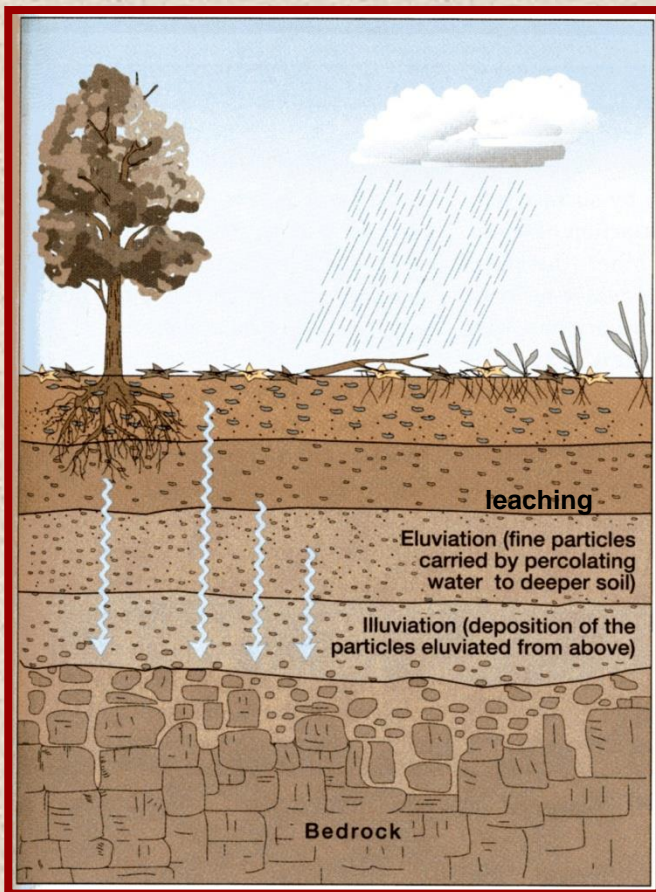
## Acqua

- **Apporti:** precipitazioni (infiltrazione e percolazione) e falda acquifera (capillarità)
- **Perdite:** scorrimento superficiale, evaporazione, evapotraspirazione, infiltrazione profonda, assorbimento radicale
- **4 tipi:** di percolazione, capillare, igroscopica, reticolare



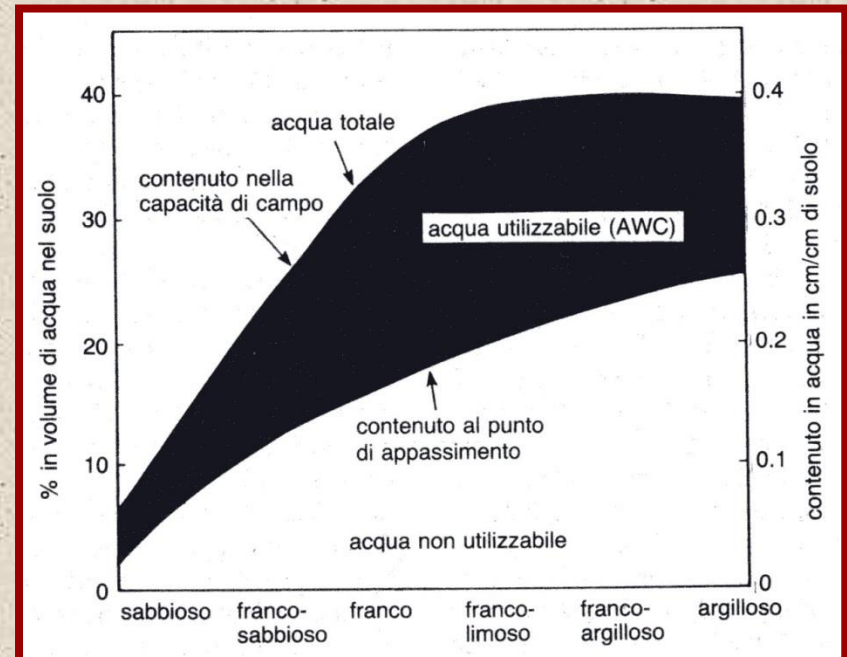
# Effetti dell'acqua nel suolo

Lisciviazione  
Eluviazione  
Illuviazione



# Utilizzo dell'acqua del suolo

Capacità di campo  
Acqua utilizzabile  
Punto di avvizzimento



# Fattori che influenzano la formazione dei suoli

- 1) **Geologia (roccia madre)**: tipologia della roccia madre (sedimentaria, magmatica, metamorfica) → tessitura, struttura e composizione del suolo; composizione mineralogica → velocità di degradazione e formazione del suolo e nutrienti.
- 2) **Morfologia**: pendenza → spessore del suolo ( $f$  grado di erosione / accumulo). Determina il prevalere dell'infiltrazione sul ruscellamento superficiale delle acque piovane. Esposizione del versante.
- 3) **Clima**: temperatura e umidità hanno la maggior influenza sulla formazione dei suoli: se elevate accelerano i processi di alterazione; (sost. organica, minerali presenti, pH, colore, distribuzione elementi)
- 4) **Attività biologica**: apparati radicali delle piante > infiltrazione di acqua ed aerazione; gallerie; vermi; attività microbiologica (batteri, funghi, ecc.)
- 5) **Fattore Tempo**: legato alla velocità di trasformazione dei componenti

# Le rocce costituite da minerali più facilmente alterabili producono suoli più profondi e più velocemente

**in 1000 anni....** Feldspati  
Pirosseni ed olivine  
Anfiboli  
Carbonati  
Fosfati  
Solfati

**in 100.000 – 1.000.000 anni....** Quarzo  
Tormalina  
Granato  
Muscovite  
Rutilo  
Zircone

# Tipologia della roccia madre - 1

## Rocce sedimentarie

### Incoerenti

permeabilità	elevata
cementazione	scarsa
profilo	sviluppato e profondo

*loess* → minerali alterabili → elevata disponibilità di riserve minerali

*argille* → bassa permeabilità → suoli poco profondi, scarsamente lisciviati

### Coerenti

*arenarie* → quarzo e feldspati con cementi di varia natura

→ suoli a tessitura grossolana e discreta permeabilità, profili profondi, lisciviati, sensibile differenziazione degli orizzonti

*rocce carbonatiche* → residuo prevalentemente silicatico

# Tipologia della roccia madre - 2

## Rocce magmatiche e rocce metamorfiche

Chiare → *Graniti, gneiss*

sono generalmente più attaccabili perché a grana grossolana suoli profondi, più permeabili, lisciviati, tessitura grossolana, arrossati per il Fe liberato.

*Micascisti e filladi* → danno origine a suoli a tessitura fine, tendenzialmente acidi, ricchi in K, Al e Mg.

Scure → *Gabbri, dioriti, andesiti, basalti, rocce metamorfiche ricche in Fe ed in Mg*

sono caratterizzate da minerali facilmente alterabili (pirosseni, plagioclasti) e danno origine a suoli profondi, rosso scuro e tessitura fine.

## Ceneri e cineriti vulcaniche:

Danno origine a suoli profondi, caratterizzati da *allofane*, allumosilicato amorfo ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ) che ha la proprietà di formare composti con la sostanza organica.

I suoli hanno buona sofficità, buona umificazione. Alta capacità di ritenzione idrica e di scambio, untuoso al tatto.

# Come si forma un suolo?

Degradazione meteorica della roccia



**MECCANICA**



**CHIMICA**

processi  
iniziali

**Termoclastismo  
Crioclastismo  
(Aloclastismo)**

**Idratazione  
Dissoluzione  
Idrolisi**

**Ossidazione  
Riduzione  
Chelatazione**



prodotti  
di alterazione

**minerali resistenti  
prodotti di alterazione**

**ioni in soluzione  
humus, composti azotati  
acidi organici**



processi  
pedogenetici

**mobilizzazione  
trasformazione  
trasferimento  
rideposizione**

**lisciviazione  
pedoturbamento  
podzolizzazione  
gleizzazione  
laterizzazione  
salinizzazione  
carbonatazione**



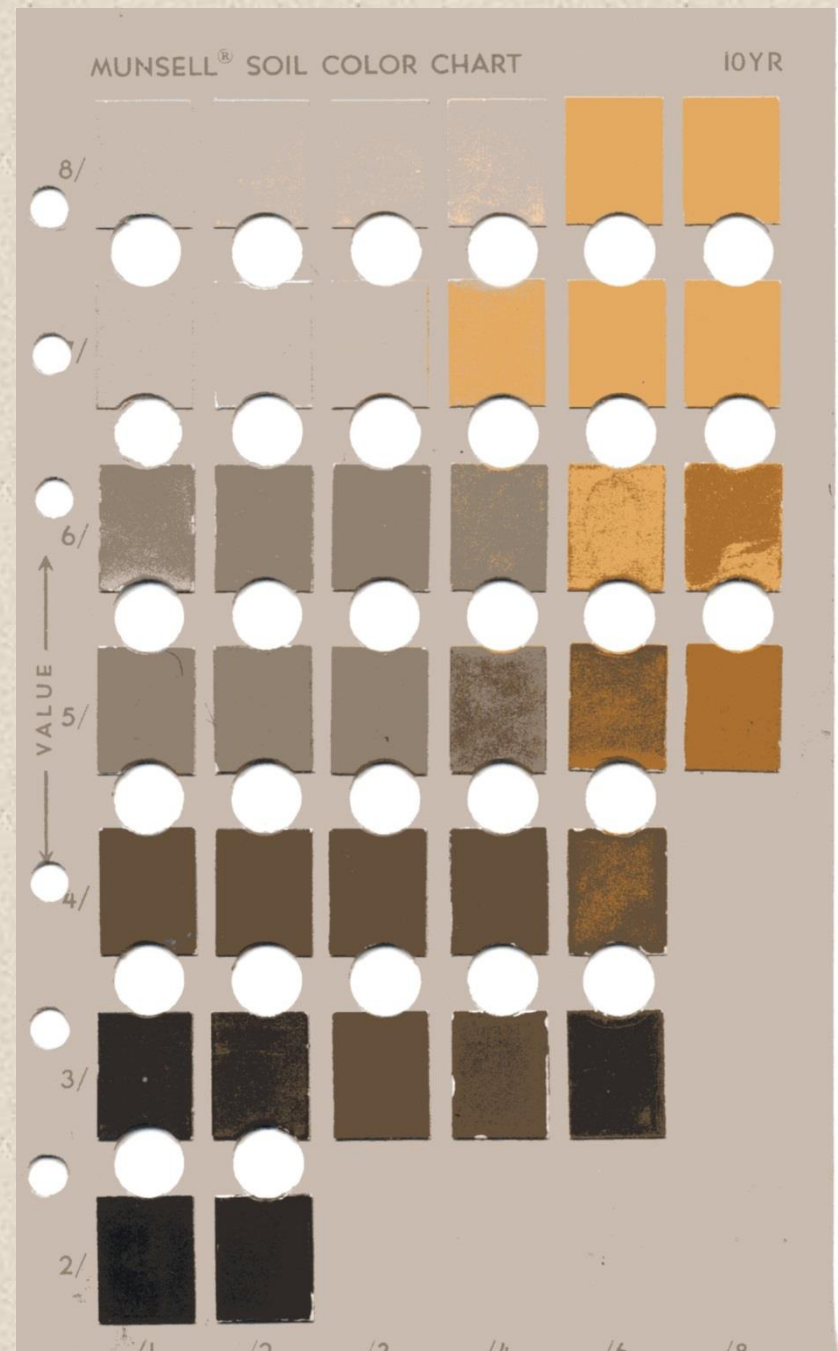
**SUOLO**

# Proprietà fisiche di un suolo: il colore

- Riflette le caratteristiche composizionali originarie
- Dipende dall'umidità.
- Dipende dalla sostanza organica:  
+ sostanza organica → suoli marroni o neri.
- Dipende dallo stato di ossidazione: se **rosso** → terreni ricchi in Fe ossidato, buon drenaggio  
**giallo** → ossidazione e drenaggio medi  
**grigio-verde** → terreni ridotti e drenaggio scarso

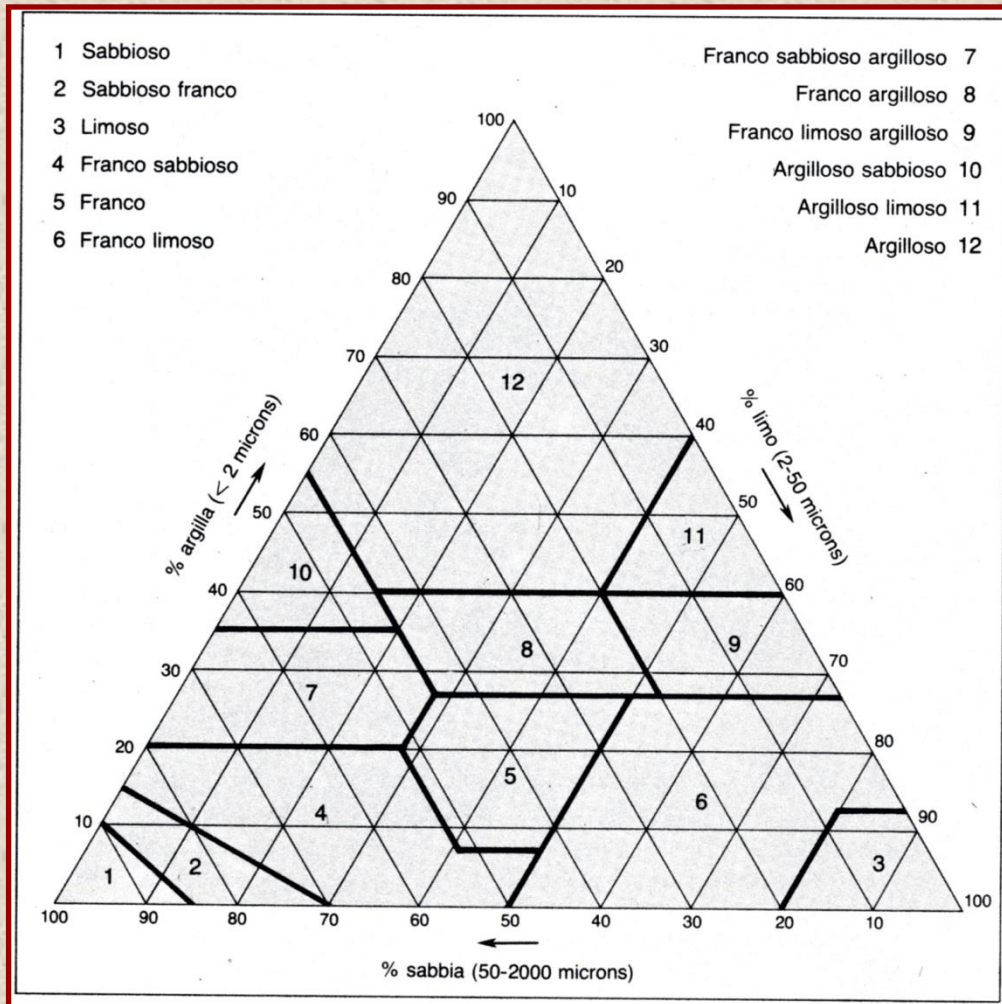
*175 gradazioni di colore*

*I principali: nero, marrone, rosso, giallo, grigio e bianco*





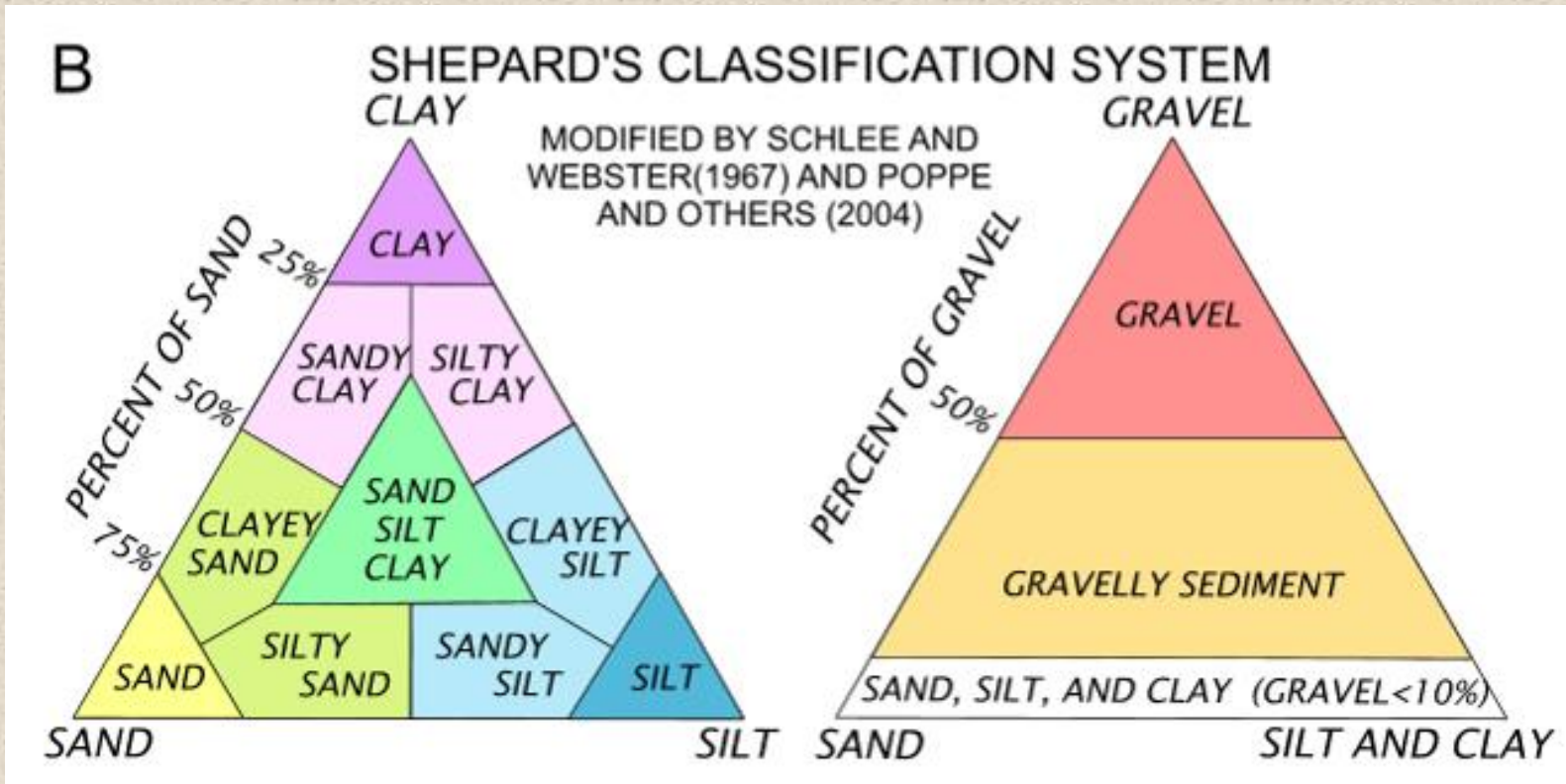
# Proprietà fisiche di un suolo: la tessitura

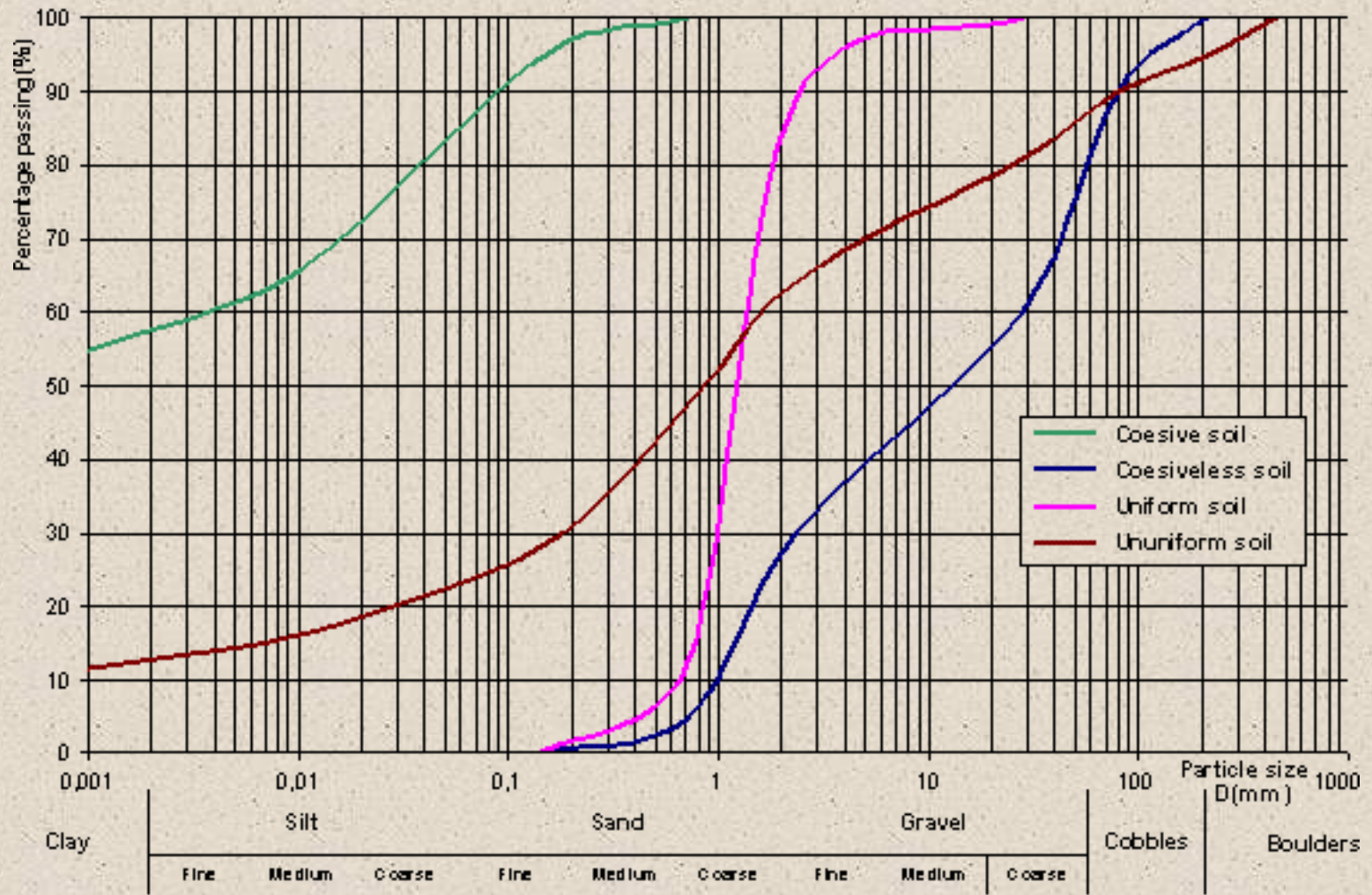


Classificazione del suolo USDA

- **sabbia - sand (2 - 0.050 mm)**  
*chimicamente inerte*  
*resistente all'abrasione*  
*quarzo (+) feldspati, miche (-)*  
*superficie angolare e irregolare*
- **limo - silt (0.050 - 0.002 mm)**  
*mediamente inerte*  
*quarzo (+) minerali primari*  
*ossidi di Fe e Al*  
*superficie sferica ed abrasa*
- **argilla - clay (< 0.002 mm)**  
*chimicamente attiva*  
*fillosilicati (regione temperate)*  
*ossidi di Fe e Al (tropic)*
- **scheletro > 2 mm**

Sediment ternary classification scheme modified from Shepard (1954)

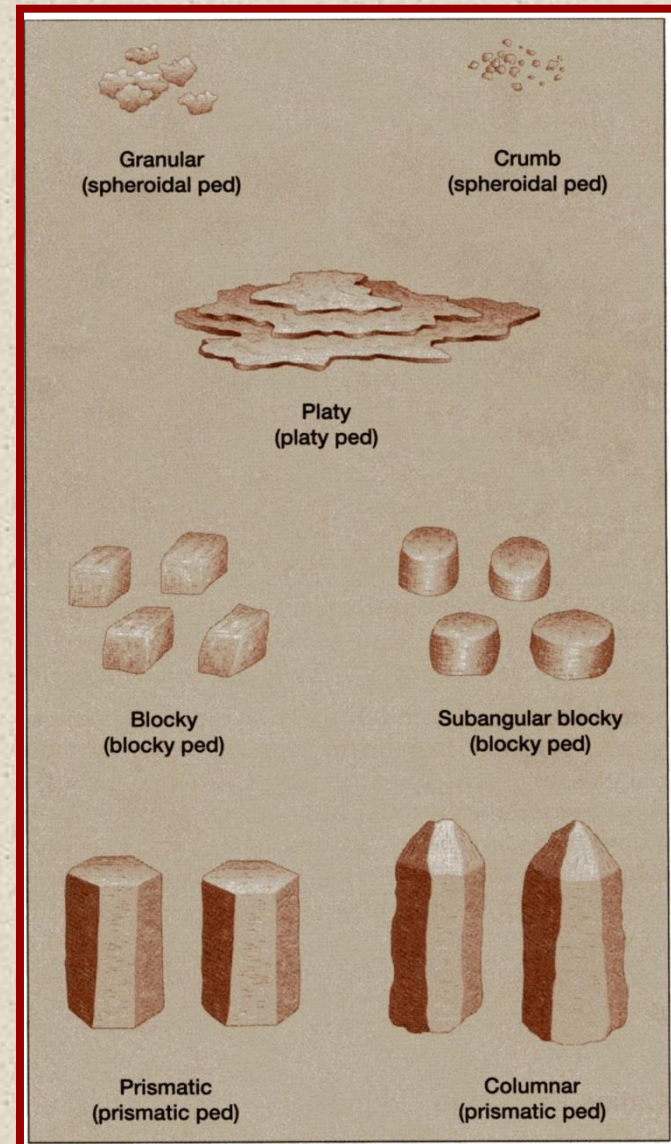




*Example of particle size distribution curves and classification according to British Standard*

# Proprietà fisiche di un suolo: la struttura e la porosità

- Le particelle del suolo formano degli **aggregati o unità tessiturali (*peds*)**
- Il collante è costituito dalla sostanza organica e dagli ossidi di Fe ed Al
- La struttura influenza porosità, drenaggio e fertilità
- porosità  $P = (1 - d'/d) \times 100$   
 $d'$  densità apparente (m/V totale)  
 $d$  densità solido (m/V solido)  
(45-60 % del volume)
- Umidità  $U_t = 100 * ((P_u - P_s)/P_u)$   
e grado di saturazione



# Proprietà chimiche di un suolo - 1

## Macronutrienti

- H, O, C N
- P, K, Ca, Mg, S

## Micronutrienti

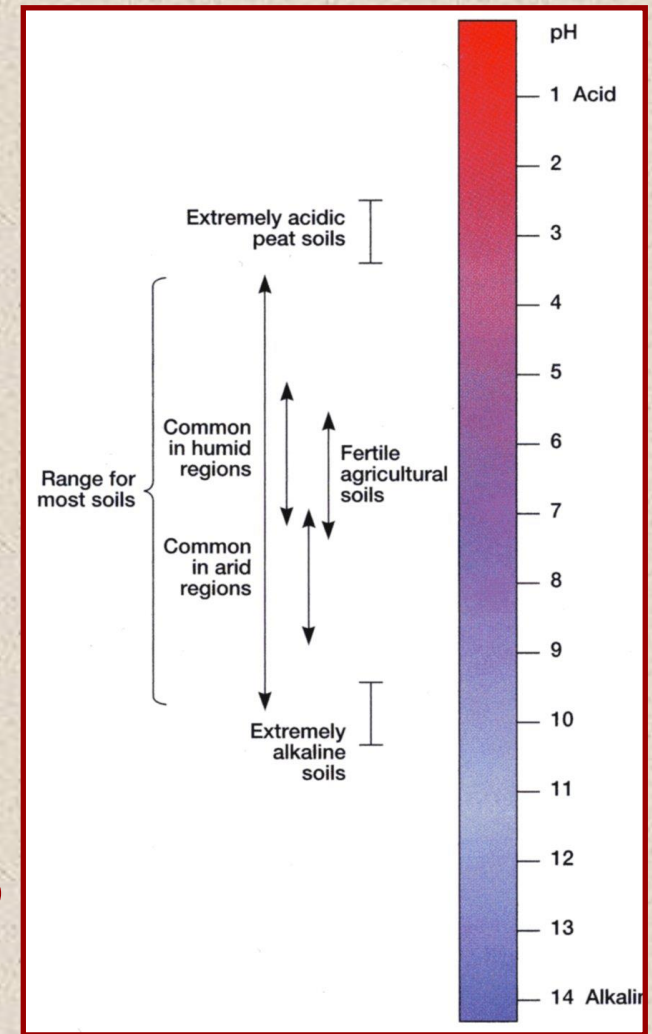
- Cl, Fe, B, Mn, Zn, Cu, Mo, Ni

## Altri elementi: essenziali solo per alcune piante

- Na, Co, V, Si

## Acidità/alcalinità (pH): condiziona l'assorbimento dei nutrienti ed attività microbatterica

- Es. elevata alcalinità → Fe, Mn e Zn meno solubili e disponibili
- Microorganismi influenzanti la ridistribuzione del N, P e S preferiscono un pH≈7



# Proprietà chimiche di un suolo - 2

**Fertilità: capacità di fornire elementi essenziali alle piante**

**Dipende da:**

- Concentrazione e speciazione dei nutrienti
- Adsorbimento (sostanza organica, argille)
- Velocità di migrazione

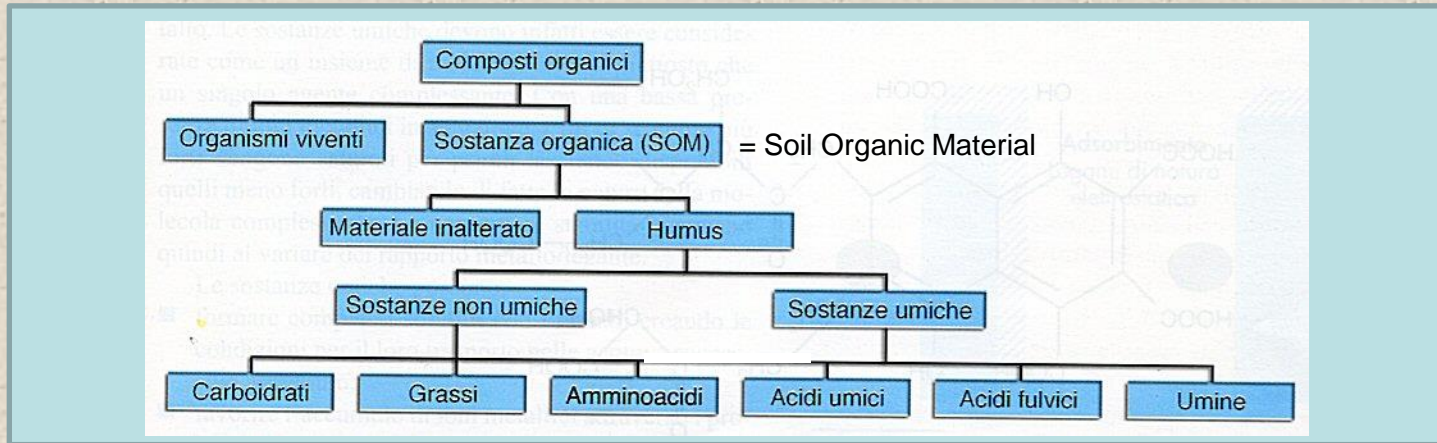


Diverso assorbimento e mobilità per  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  come fertilizzanti

Minor adsorbimento  
Maggiori concentrazioni  
Efficacia più estesa  
per fertilizzanti al N

Forte adsorbimento  
Minori concentrazioni  
Efficacia puntuale per  
fertilizzanti al P

# Proprietà chimiche di un suolo - 3



## La sostanza organica controlla la mobilità degli elementi

- Impropiamente definita *humus* (è solo la parte decomposta!).
- L'**humus** favorisce la resistenza all'erosione, la presenza di acqua, fornisce N, P e S alle piante, influenza la microflora e microfauna, aumenta l'azione tampone dei suoli e la capacità di scambio ionico facilitando l'assorbimento dei micronutrienti da parte delle radici.

**Sostanze non umiche:** basso peso molecolare, distrutte dai microrganismi velocemente (25% del  $C_{org}$  disciolto in acque naturali)

# Proprietà chimiche di un suolo - 4

## Le sostanze umiche: acidi umici, acidi fulvici ed umina

- Elevato peso molecolare, colore scuro, percentuale preponderante
- Alta carica superficiale e capacità di scambio cationico (*CEC, Cationic Exchange Capacity*)
- Resistenti all'attacco microbico!

### ***Acidi umici***

- Solubili in condizioni alcaline, precipitano in condizioni acide (pH<2)
- Colore bruno > nero
- Principali componenti estraibili dal suolo

### ***Acidi fulvici***

- Solubili in acqua a tutti i valori di pH
- Colore giallo chiaro > giallo bruno

### ***Umina***

- Non solubile in acqua a tutti i valori di pH
- Colore nero



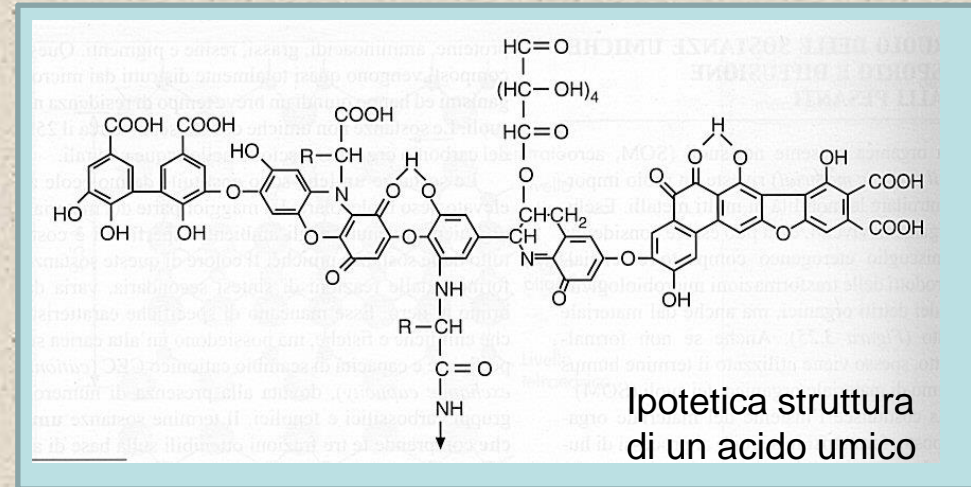
# Proprietà chimiche di un suolo – 4b

## Le sostanze umiche:

### *acidi umici, acidi fulvici ed umina*

Simili strutturalmente ma presentano differenze in:

- Peso molecolare
- Numero di gruppi funzionali (carbossilici, fulvici)
- Grado di polimerizzazione



### *Acidi umici*

- C aromatico e alifatico in % variabile
- C 50-60%, O 30-35%, H 4-6%, N 2-4%, S 0-2%

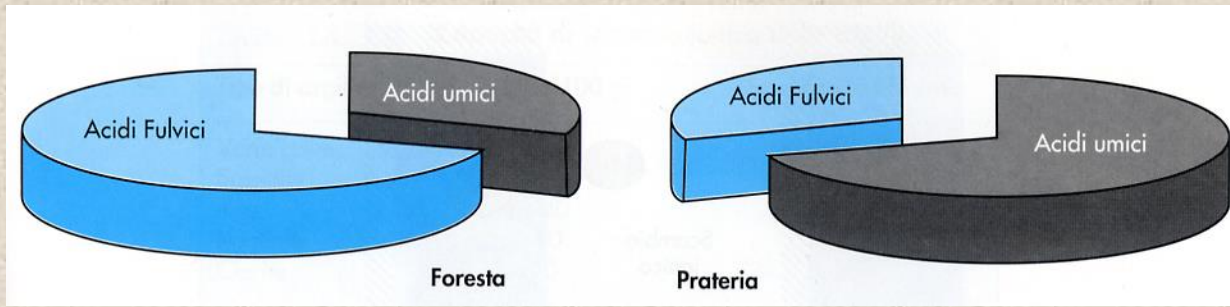
### *Acidi fulvici*

- PM minore
- minore componente aromatica
- C 40-50%, N <1-3%, O 44-50%
- maggior numero di gruppi COOH

### *Umina*

- PM più elevati
- simili nella composizione agli acidi umici

# Proprietà chimiche di un suolo – 4c

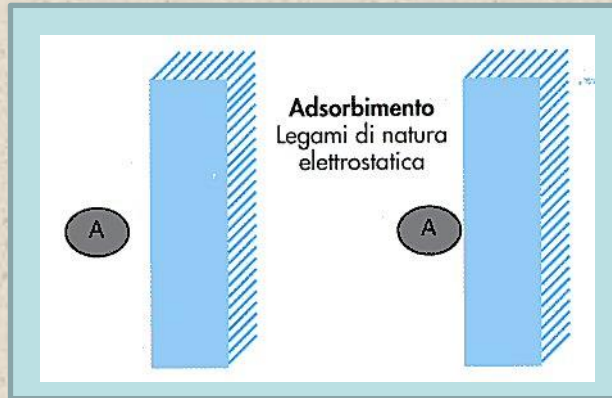


**Le sostanze umiche: insieme di molecole leganti la cui variabilità di struttura influenza il legame con i metalli**

Possono:

- formare complessi solubili con i metalli creando condizioni per il loro trasporto nelle acque ed successivo accumulo
- favorire l'accumulo attraverso processi di adsorbimento e scambio ionico
- favorire la riduzione chimica di alcuni metalli (es.  $Hg^{+2} > Hg^0$ )
- modificare il comportamento della superficie dei minerali rispetto agli ioni metallici nell'adsorbimento
- ridurre la tossicità di alcuni metalli (es. Cu, Al) per gli organismi acquatici

# Proprietà chimiche di un suolo - 5



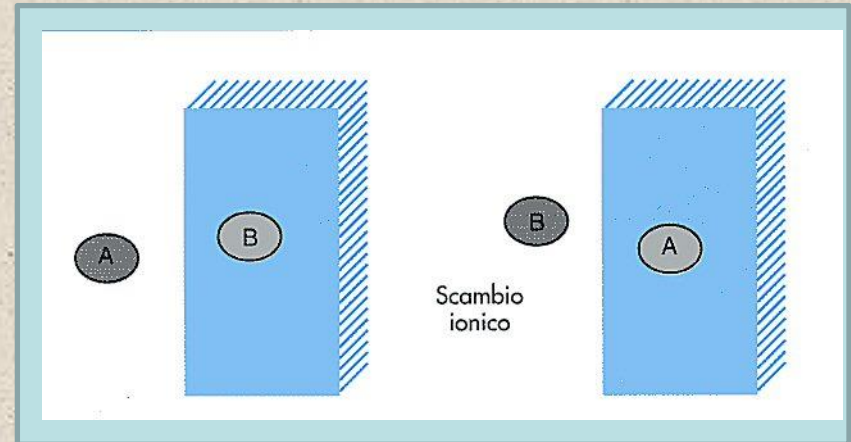
***Argille, ma anche sostanza organica, ossidi ed idrossidi presentano un rapp. Area superficiale/massa elevatissimo (e quindi di densità di carica) → modificano la composizione chimica della acque mediante:***

## **Adsorbimento**

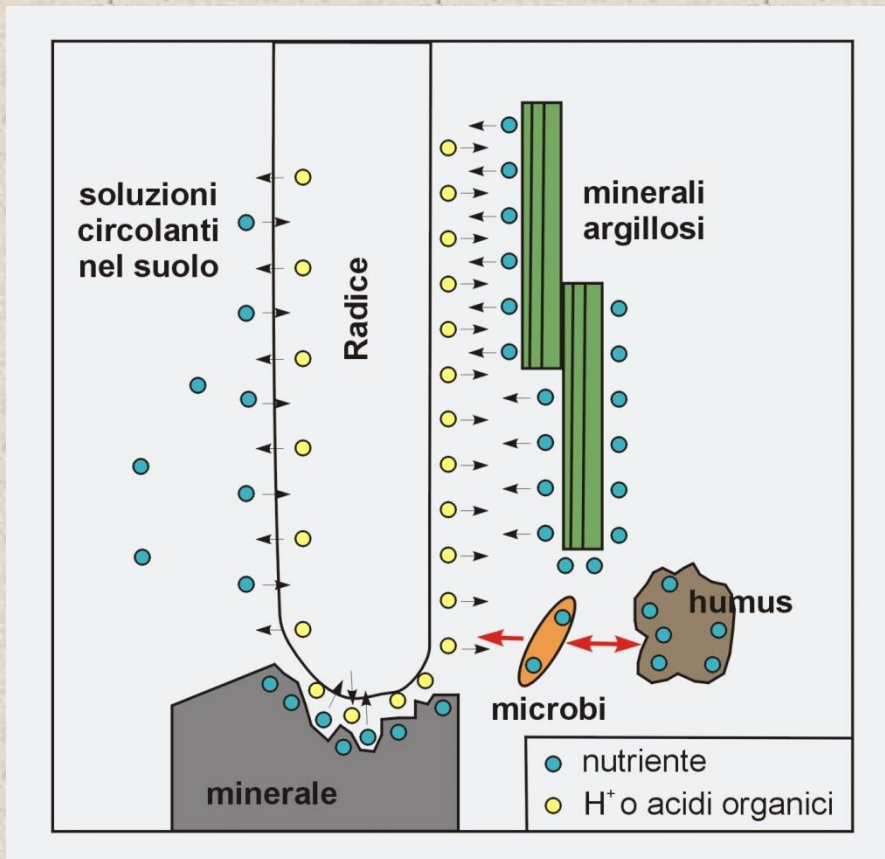
Uno ione aderisce alla superficie del solido per attrazione elettrostatica

## **Scambio ionico:**

Uno ione viene scambiato fra la soluzione ed il solido che ha una superficie elettricamente carica (reversibile!)



# Meccanismi di assorbimento di nutrienti da parte delle piante



- Assorbimento diretto dalle soluzioni del suolo
- Attorno alle radici si crea un microambiente acido che favorisce scambio cationico con minerali argillosi o altri minerali
- Formazione di complessi metallo-organici
- Assorbimento mediato da comunità batteriche
- Assorbimento da parti aeree

# Proprietà chimiche di un suolo - 6

## Lo scambio ionico

La carica superficiale delle particelle di suolo è generata per:

- Sostituzioni isomorfe nel reticolo cristallino delle *argille*:  $\text{Si}^{4+}$  con  $\text{Al}^{3+}$  o  $\text{Al}^{3+}$  con  $\text{Mg}^{2+}$  ed eccesso di cariche negative compensate da cationi interstrato facilmente scambiabili.
  - Presenza di difetti reticolari nelle *argille*, ad es. una lacuna (o difetto) fra i siti ottaedrici dell'  $\text{Al}^{3+}$ .
  - Ionizzazione (ossidi) e protonazione (idrossidi)
- Il pH della soluzione può influire sulla carica superficiale cambiandola ma non sempre:  
nelle argille con sostituzioni isomorfe (*smectiti e vermiculiti*) la carica è indipendente dal pH;  
nella *kaolinite* e negli *ossidi*, invece, carica (-) cresce all'aumentare del pH e viceversa.

# Proprietà chimiche di un suolo - 7

## Lo scambio ionico

La capacità di un suolo di adsorbire e scambiare cationi o anioni varia con il contenuto e tipo di argilla, di ossidi e di sostanza organica.

La **capacità di scambio cationico (CEC)** è la quantità di cationi espressi in milliequivalenti (meq) scambiabile da 100 g di suolo secco a pH 7

Maggiore è la concentrazione dello ione in soluzione e minore è la frazione dello ione adsorbito dal solido.

Metalli potenzialmente tossici nei suoli possono essere adsorbiti, e non migrare, solo fino ad un certo punto! Possono anche venir rilasciati se mutano le condizioni di pH.

**TABELLA 3.4** Capacità di scambio ionico delle argille

Tipo di argilla	CEC (meq/100 g)	Dipendenza dal pH
Vermiculite	120-200	trascurabile
Smectite	80-150	trascurabile
Illite	10-40	debole
Kaolinite	1-10	forte
Clorite	<10	debole

# Proprietà chimiche di un suolo - 8

## Acque di irrigazione



Per una buona qualità del suolo e dello sviluppo delle piante le acque di irrigazione devono mantenere:

- Concentrazione di sali solubili
- Proporzione [Na] e altri [cationi] principali
- Concentrazioni contenute di [B] ed altri elementi potenzialmente tossici [EPT]

I sali percolano solo se la quantità d'acqua è superiore a quella che le piante sono in grado di trattenere.

In caso contrario,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , si accumulano nella fascia di ritenzione.

La natura dei sali dipende dalle rocce alterate e dalle successive reazioni fra acqua, suolo e gas.

La salinità delle acque di irrigazione può migliorare la struttura di un suolo (aggregazione) ma anche influenzare negativamente l'assorbimento dell'acqua da parte delle radici delle piante.

# Proprietà chimiche di un suolo - 9

## Acque di irrigazione

Il  $\text{Na}^+$ , riduce l'aggregazione dei granuli disperdendo le particelle di argilla nei vuoti e diminuendo la permeabilità anche per rigonfiamento delle stesse particelle.

Come si esprime la salinità? Come conducibilità in  $\mu\text{Siemens/cm}$  (a  $25^\circ\text{C}$ )

<  $750 \mu\text{S/cm}$ : acque soddisfacenti

<  $2250 \mu\text{S/cm}$ : acque utilizzabili se buon drenaggio

Con l'aumento del  $\text{Na}^+$  in soluzione aumenta anche il  $\text{Na}^+$  adsorbito. Per valutare la percentuale di  $\text{Na}^+$  scambiabile (adsorbito) o stimare il rischio da  $\text{Na}^+$  delle acque di irrigazione:

$$\text{Indice SAR} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}}{2}}}$$

*“rapporto di adsorbimento del sodio”*  
(U.S. Soil Salinity Laboratory)

[ $\text{Na}^+$ ] in eq/l



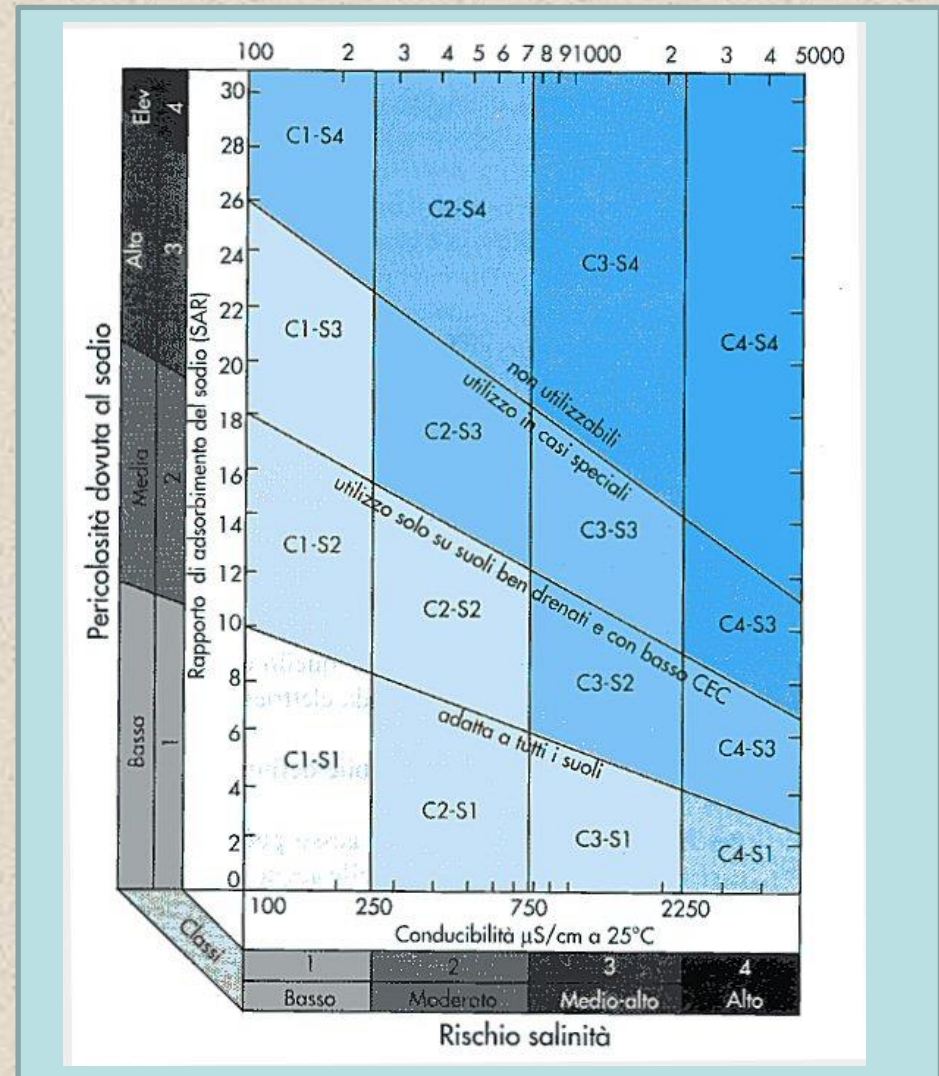
# Proprietà chimiche di un suolo - 10

## Acque di irrigazione

L'indice **SAR** insieme alla misura di **conducibilità** forniscono la base per classificare le acque in riferimento al **rischio salino** e alla **pericolosità** dovuta al  $\text{Na}^+$ .

Acque con basso contenuto salino ma ricche in  $\text{Na}^+$  possono essere migliorate con l'aggiunta di  $\text{Ca}^{2+}$ .

N.B! Possibili reazioni modificano (riducono) il contenuto di ioni  $\text{Ca}$  e  $\text{Mg}$ , come, ad esempio, la precipitazione dei carbonati per effetto dei processi di evaporazione e traspirazione delle piante.

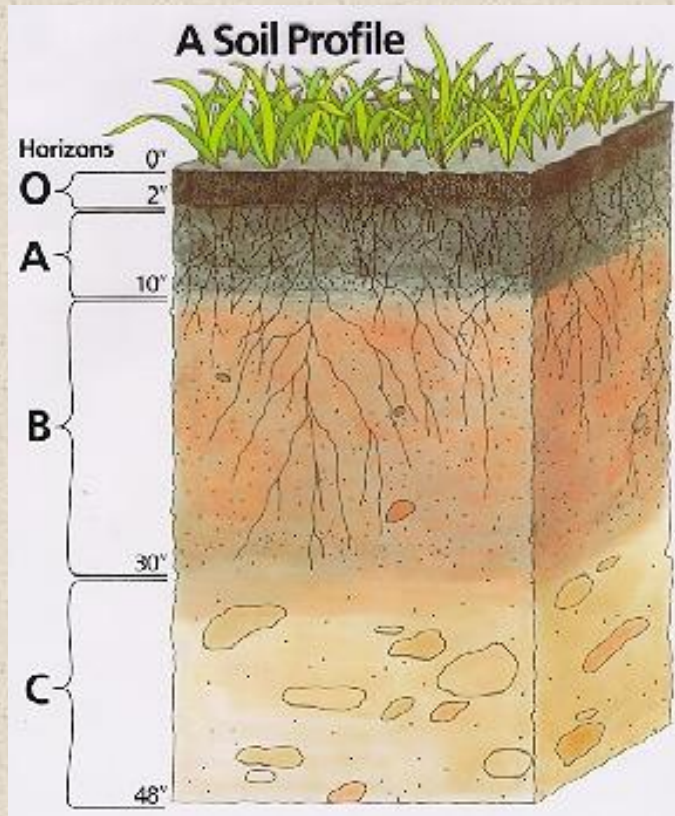


# Profilo di un suolo

Si sviluppa per effetto dell'alterazione e dei processi pedogenetici



Orizzonti con caratteristiche composizionali e fisiche ben definite

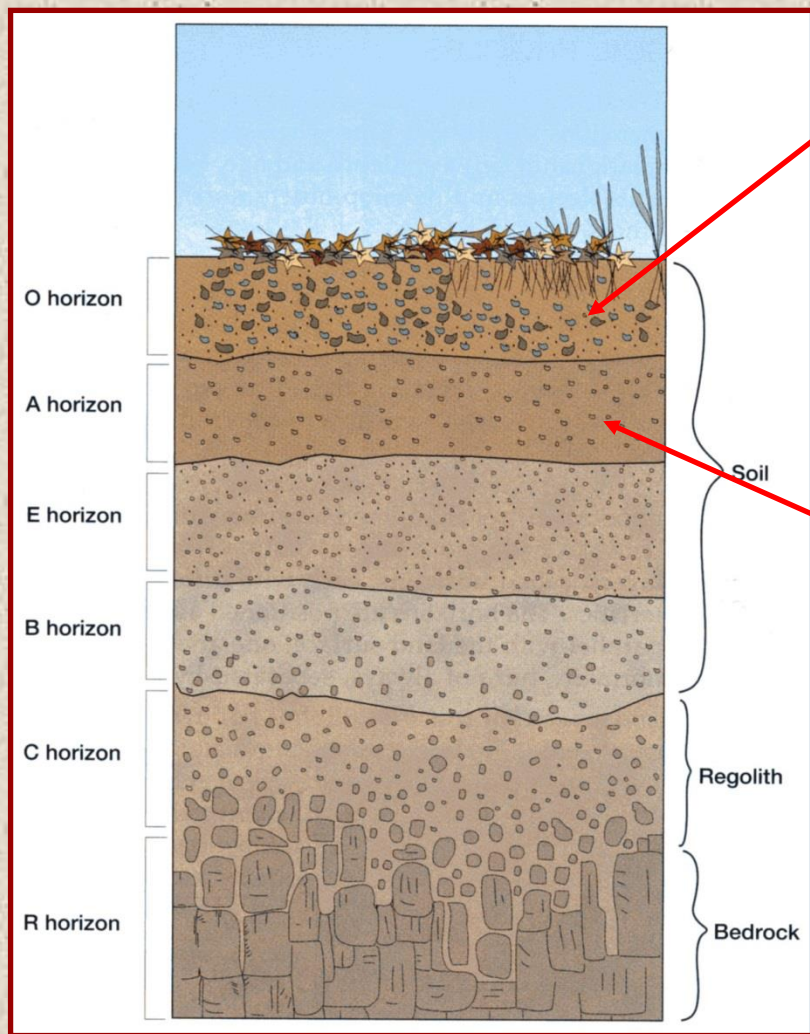


Gli orizzonti principali sono indicati da una lettera maiuscola: O A E B C R

Identificano i processi e classificano i suoli

Un profilo con tutti gli orizzonti è tipico di aree umide e ben drenate

# Gli orizzonti di un suolo -1



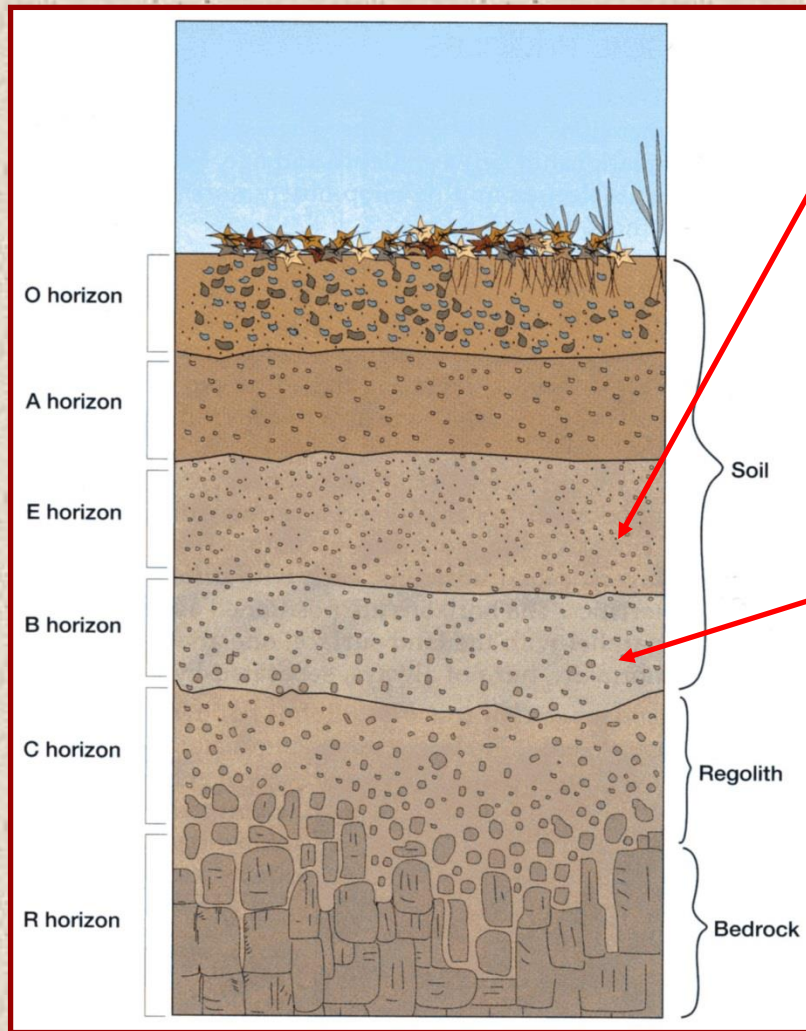
## Orizzonte O

- Superficiale
- Sostanza organica non decomposta (lettiera di foglie e frustoli vegetali) o in via di decomposizione (funghi, batteri).
- Preferenzialmente nelle foreste (climi freddi e scarso drenaggio)

## Orizzonte A

- Alto contenuto di sostanza organica umificata (colore scuro)
- acidificazione delle acque percolanti
- Struttura grumosa o granulare
- Max attività biologica

# Gli orizzonti di un suolo - 2



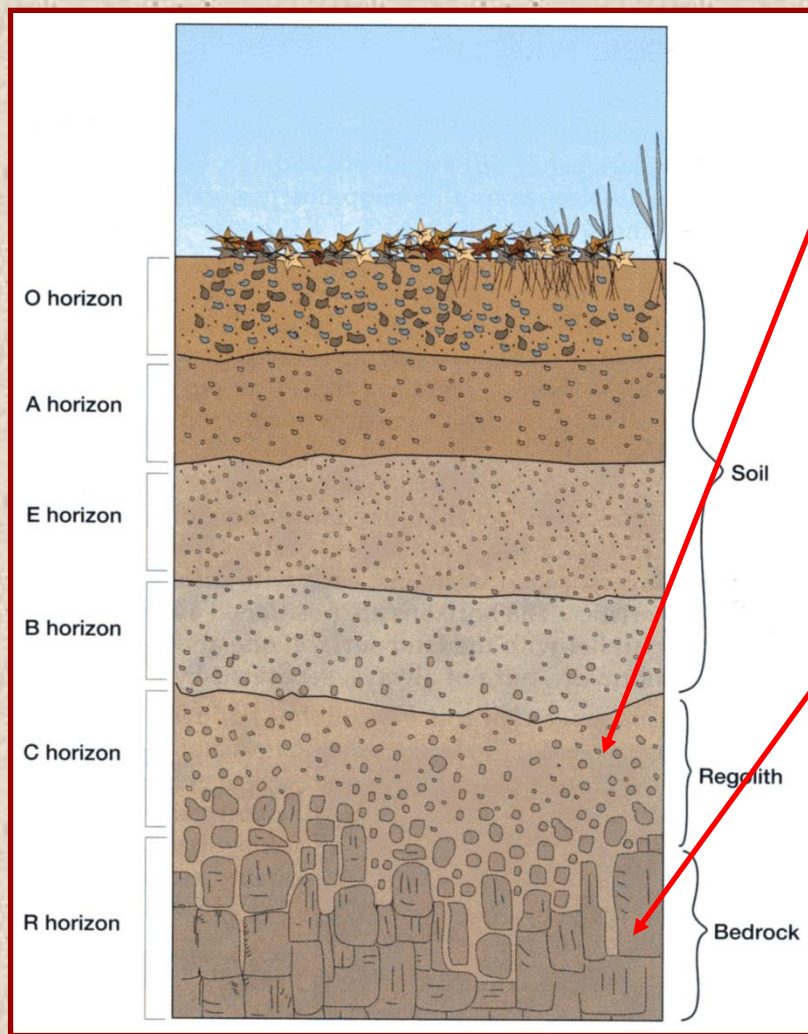
## Orizzonte E

- colore più chiaro rispetto ad A e B
- max eluviazione > asportazione fisica frazione argillosa e solubilizzazione ossidi di Al e Fe
- minerali resistenti all'alterazione
- + limo e sabbia

## Orizzonte B

- colore giallo-bruno (ossidazione), grigio-giallastro (riduzione)
- max illuviazione > accumulo di argille, ossidi di Fe e Al, silice, solfati, carbonati dall'orizzonte A
- struttura a blocchi, granulare e prismatica
- scarsa sostanza organica

# Gli orizzonti di un suolo - 3



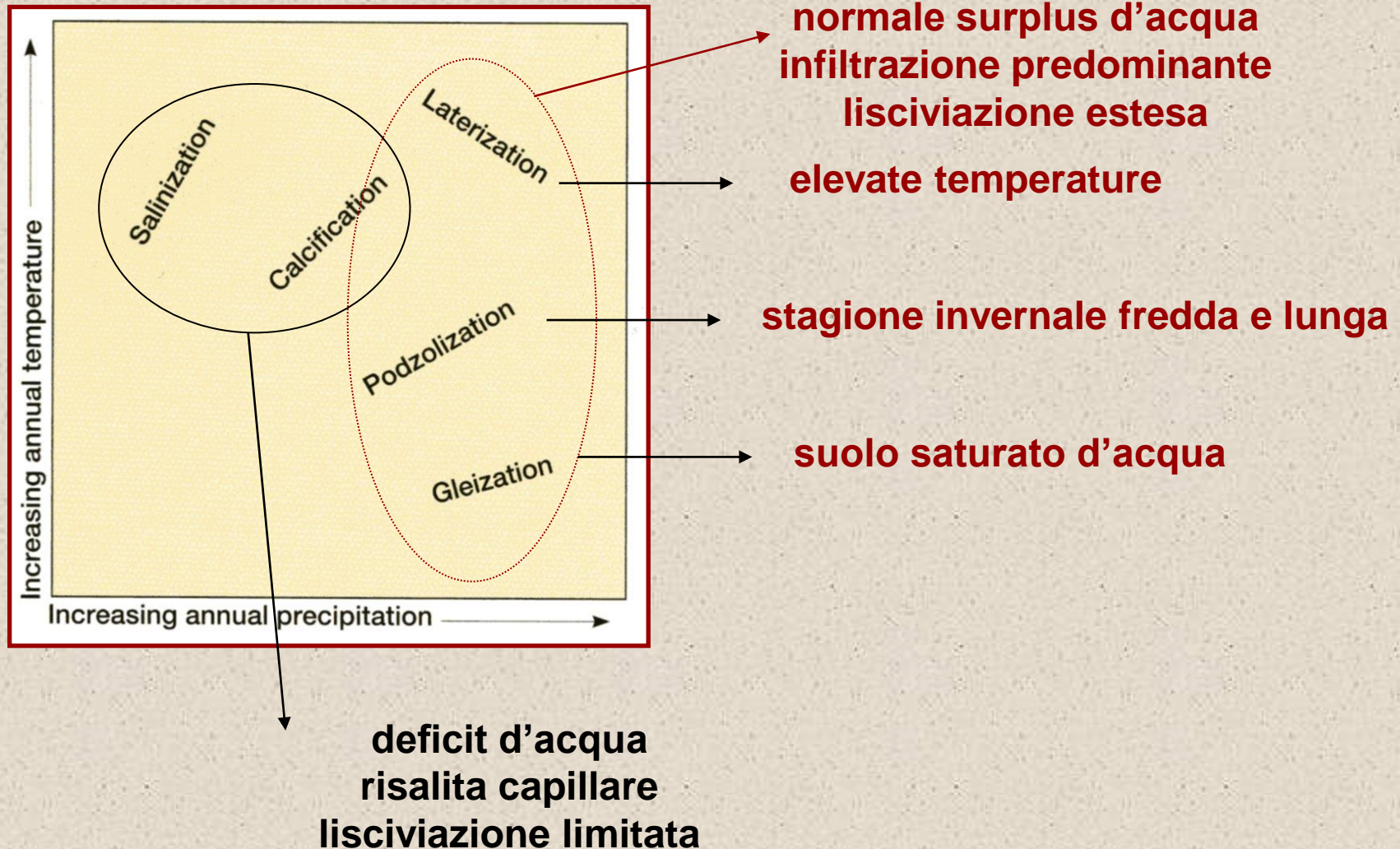
## Orizzonte C

- materiale incoerente simile alla roccia originaria
- assenza di pedogenesi solo alterazione
- eventuali depositi carbonatici ed evaporitici

## Orizzonte R

- substrato roccioso
- fratture favoriscono la penetrazione delle radici

# Clima e regimi pedologici



# I principali regimi pedogenetici: laterizzazione

## climi tropicali ad elevata T e pioggia



**Roccia madre: ignea femica**

**Forte lisciviazione in A (idrolisi dei silicati)**



**Accumulo di ossidi insolubili di Fe ed Al in B (rosso)**

- estesa vegetazione
- veloce decomposizione di s.org. ed assorbimento dei nutrienti
- formazione di croste di composti di Al e Fe > difficoltà nella coltivazione



# I principali regimi pedogenetici: podzolizzazione\*

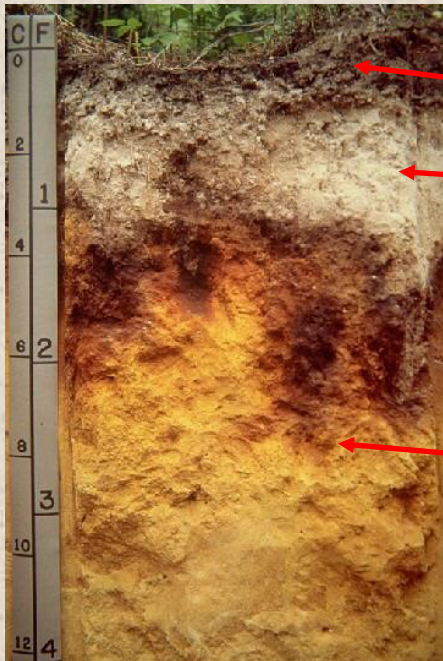
*\*dal russo podzol = simile a cenere*

**regione fredde e umide  
delle alte latitudini**

**zone montuose di Alpi ed Appenini**

**foreste di conifere > vegetazione  
acidificante a lenta decomposizione**

## PROFILO TIPICO



**Orizzonte A**  
accumulo di sost. org. poco umificata

**Orizzonte E**  
colore chiaro, cinereo  
forte eluviazione di argille e Fe  
tessitura sabbiosa-siltosa

**Orizzonte B**  
arancione scuro  
deposito di idrossidi di Al e Fe  
accumuli di sostanza organica



# I principali regimi pedogenetici: gleizzazione\*

*\*dal polacco glej=terreno fangoso*

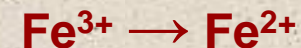
**climi freddi**

**zone pianeggianti o depresse**

**presenza della falda acquifera**



**ristagno d'acqua**



**no migrazione**

**Fe<sup>2+</sup> associato a composti poco solubili, alle argille, carbonato ferroso, idrossido ferroso e pirite**

**orizzonti grigio, grigio-verdastri (gley)**



# I principali regimi pedogenetici: carbonatazione e salinizzazione



**climi aridi e semiaridi**



**precipitazioni  $\leq$   
evapotraspirazione  
(praterie Nord America,  
savana e steppe subtropicali)**



**acqua piovana**



**infiltrazione e acidificazione**

**dissoluzione dei carbonati**  
 $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 > \text{Ca} (\text{HCO}_3)_2$

**risalita di fluidi per capillarità  
formazione di crostoni carbonatici  
(diminuzione  $\text{CO}_2$  o aumento  $\text{pH}$  e  $T$ )**

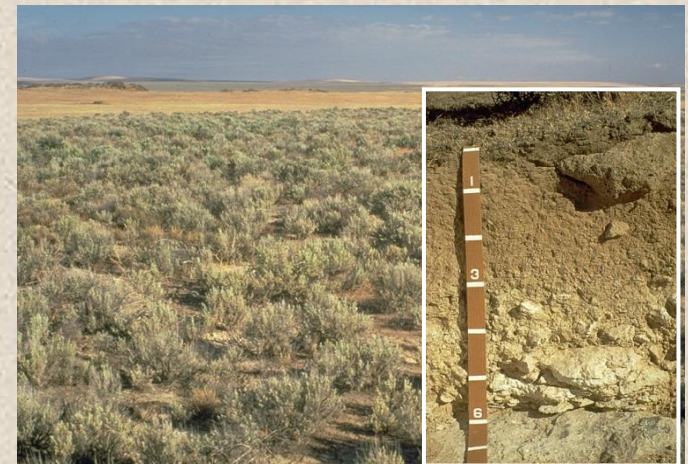
**evapotraspirazione  $>>$   
precipitazione drenaggio  
inadeguato**



**precipitazione di cloruri e solfati  
in superficie**



**vegetazione inibita**



# Classificazione dei suoli

**1) classificazione di tipo climatico (superata!): differenze composizionali**

**PEDALFER = climi umidi, suoli acidi, lisciviazione attiva in A, accumulo di argille ed ossidi di Fe ed Al in B**

**PEDOCAL = suoli alcalini, clima secco, accumulo di carbonati**

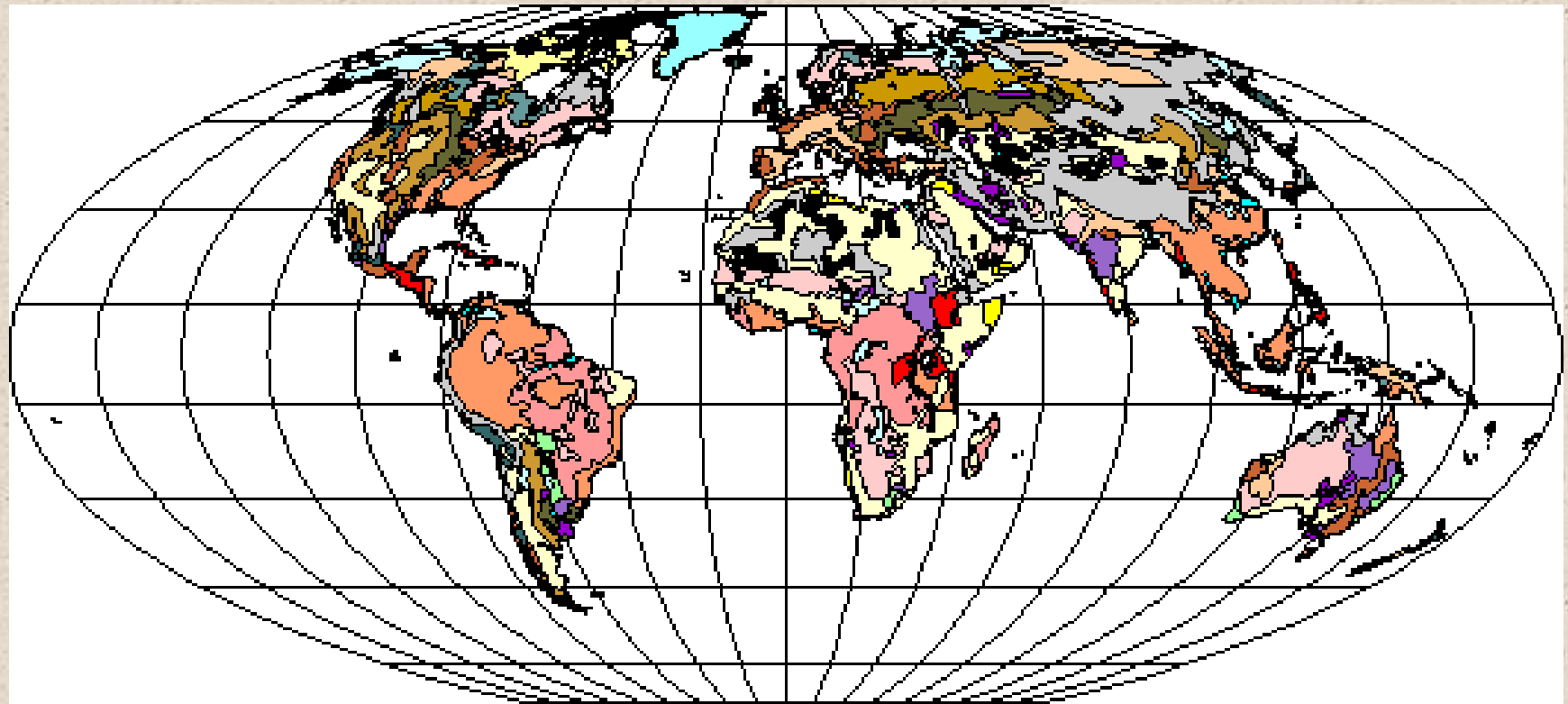
**2) classificazioni nazionali (es. Francia, Canada, Russia, UK, Australia, USA) (più moderne): clima, tessitura, roccia madre, grado di maturità (processi pedogenetici), estensione → uso del suolo**

- **USDA Soil Taxonomy (1975) del Dipartimento dell'Agricoltura degli USA: classificazione gerarchica e filogenetica (12 ordini geneticamente omogenei e successivi livelli inferiori)**

**3) Classificazione FAO Unesco (1961-1988)**

- **Sintetica**
- **Rappresentabilità nella Carta dei suoli del mondo (1:5.000.000)**
- **2 categorie: 25 classi nella categoria principale, aggettivo per la seconda**

## Classificazione FAO Unesco (1988)



Fluvisols, Gleysols, Cambisols (FL)	Acrisols, Alisols, Plinthosols (AC)	Luvisols, Cambisols (LV)	Andosols (AN)	Shifting Sands
Leptosols (LP)	Plinthosols (PT)	Podzols, Histosol (PZ)	Calcisols, Cambisols, Luvisols (CL)	Waterbodies
Vertisols (VR)	Gleysols, Histosols, Fluvisols (GL)	Nitosols, Andosols (NT)	Kastanozems, Soloneta (KS)	
Gypsisols, Calcisols (GY)	Arenosols (AR)	Histosols, Gleysols (HS)	Planosols (PL)	
Chernozems, Phaeozems, Greyzems (CH)	Cambisols (CM)	Glaciers	Lixisols (LX)	
Podzoluvists, Luvisols (PD)	Solonchaks, Soloneta (SC)	Regosols, Cambisols (RG)	Ferratosols, Acrisols, Nitosols (FR)	