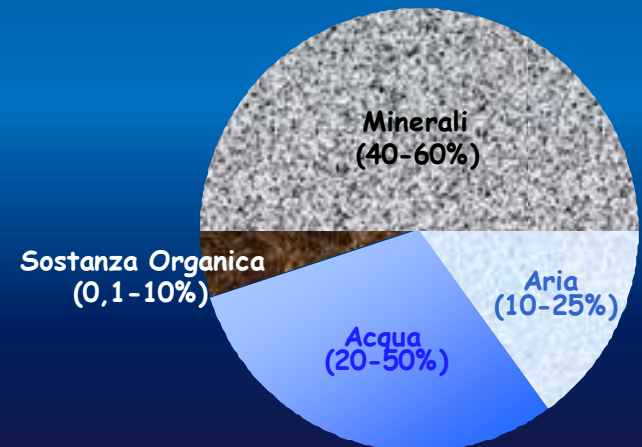


La fase gassosa del terreno

La fase gassosa del terreno (o aria tellurica) permea il sistema dei pori del suolo non occupati dall'acqua (macropori $\Phi > 80 \mu\text{m}$). Pur essendo costituita da gas presenti anche nell'aria atmosferica, l'aria tellurica differisce da questa per la diversa composizione media (v/v):

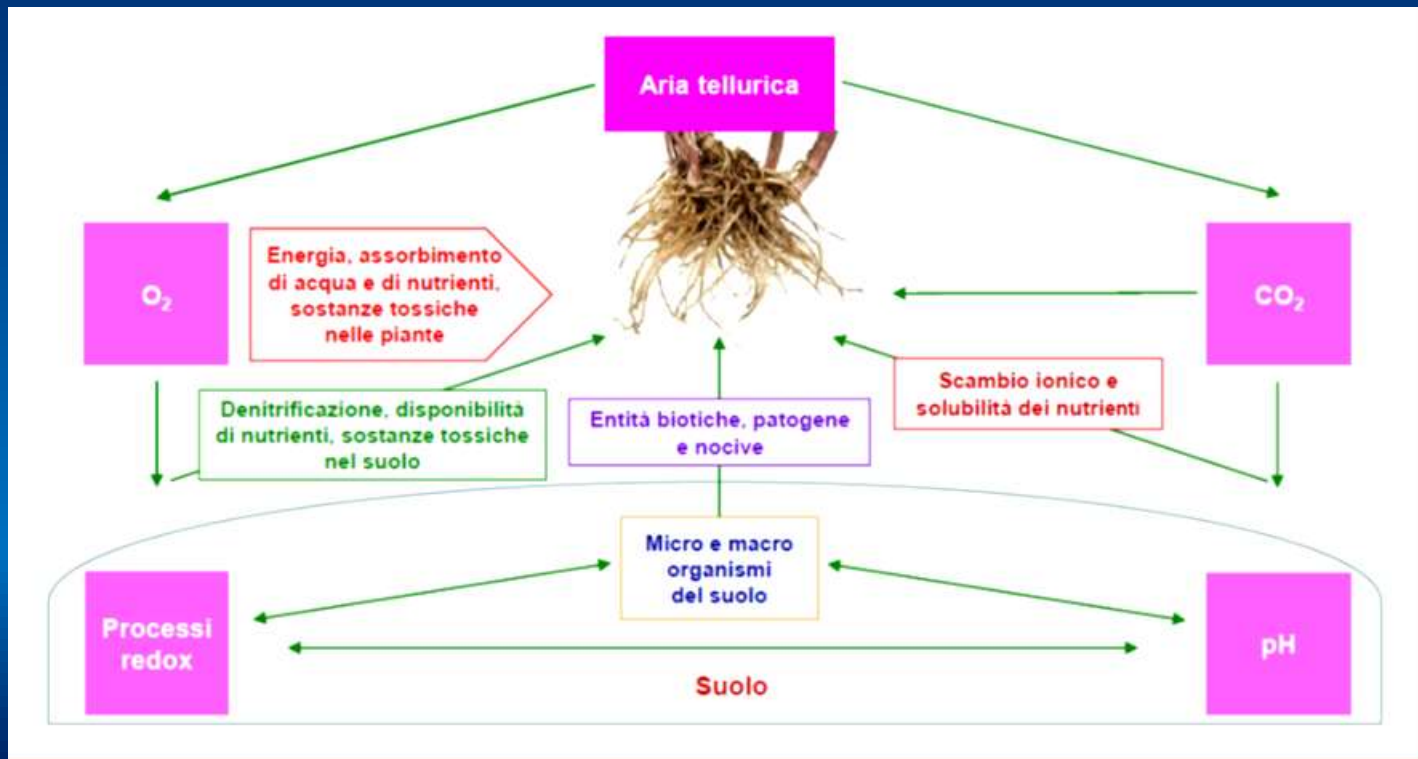
- N_2 : ~79.2%
- O_2 : 20.6 (**18-21**)% dipende da profondità e contenuto idrico
- CO_2 : 0.25 (**0.3-5**)% dipende da profondità e contenuto idrico
- H_2O : come vapor d'acqua in condizioni di saturazione

Altri gas occasionalmente presenti sono:
 NO_x , SO_2 , NH_3 , CH_4 , H_2S , N_2O , C_2H_4 .



La fase gassosa del terreno

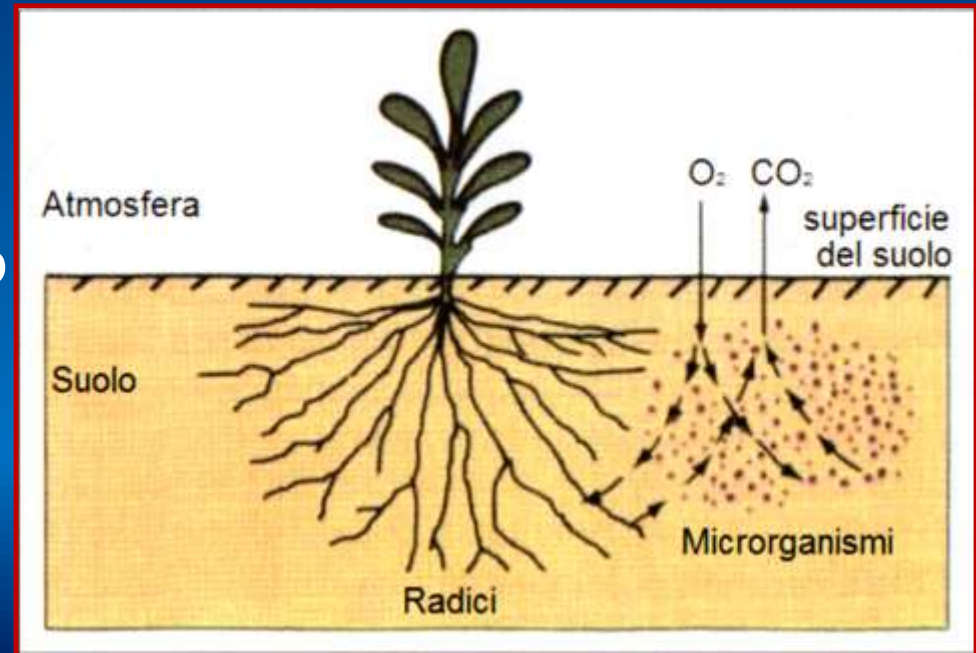
La fase gassosa del terreno, con i suoi gas presenti, rappresenta un agente essenziale per lo svolgimento dei processi chimici e biologici attivi nella pedosfera. Inoltre partecipa ai processi di pedogenesi.



La fase gassosa del terreno

Il suolo si comporta come un grande *sistema respiratorio* che consuma O_2 e libera CO_2 . La composizione media dell'aria tellurica, ed in particolare il contenuto in O_2 e CO_2 , è dovuta ai livelli di attività biotica dei microrganismi e degli apparati radicali delle piante, e varia con:

- la tessitura
- la porosità
- la profondità del profilo
- il contenuto idrico
- la stagione
- la temperatura
- la biomassa radicale
- la gestione
- il tipo e la quantità di SOM



La fase gassosa del terreno

Il suolo, sistema respiratorio

Il suolo può essere considerato vero e proprio sistema respiratorio: consuma, infatti, O_2 e produce CO_2 .

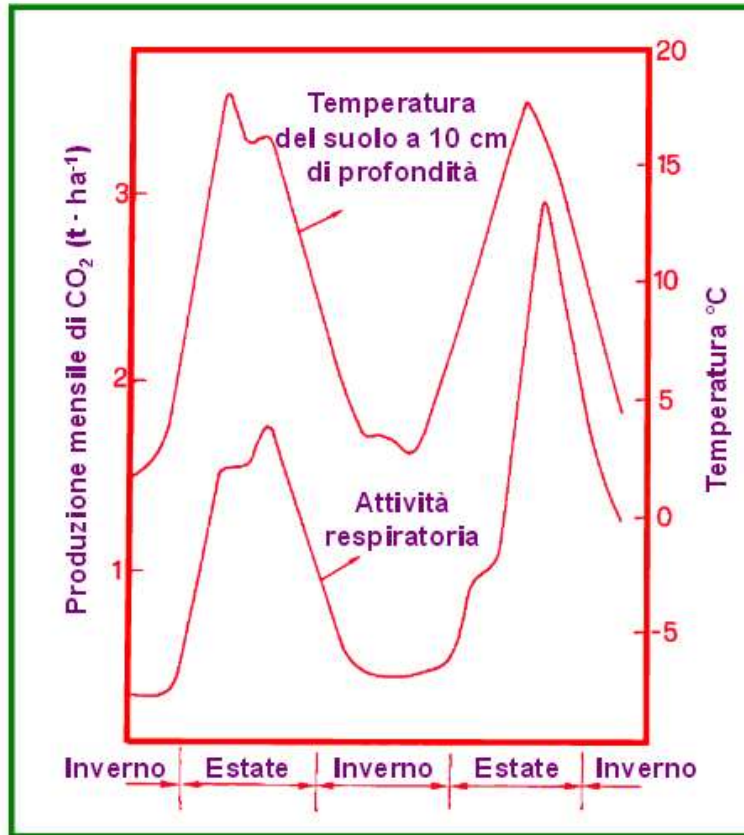
L'ossigeno è utilizzato:

- ❖ dalla biomassa eterotrofa per soddisfare le proprie esigenze energetiche con l'ossidazione dei costituenti organici
- ❖ dall'attività respiratoria delle radici delle piante.

La produzione di anidride carbonica è funzione:

- ❖ della concentrazione dell'ossigeno
- ❖ della temperatura, che per aumento di $10^\circ C$ raddoppia l'intensità della respirazione
- ❖ dell'umidità del suolo, indispensabile per lo sviluppo dei microrganismi
- ❖ della massa dei materiali organici presenti
- ❖ della massa radicale, variabile nel tempo e con l'incremento della produzione vegetale.

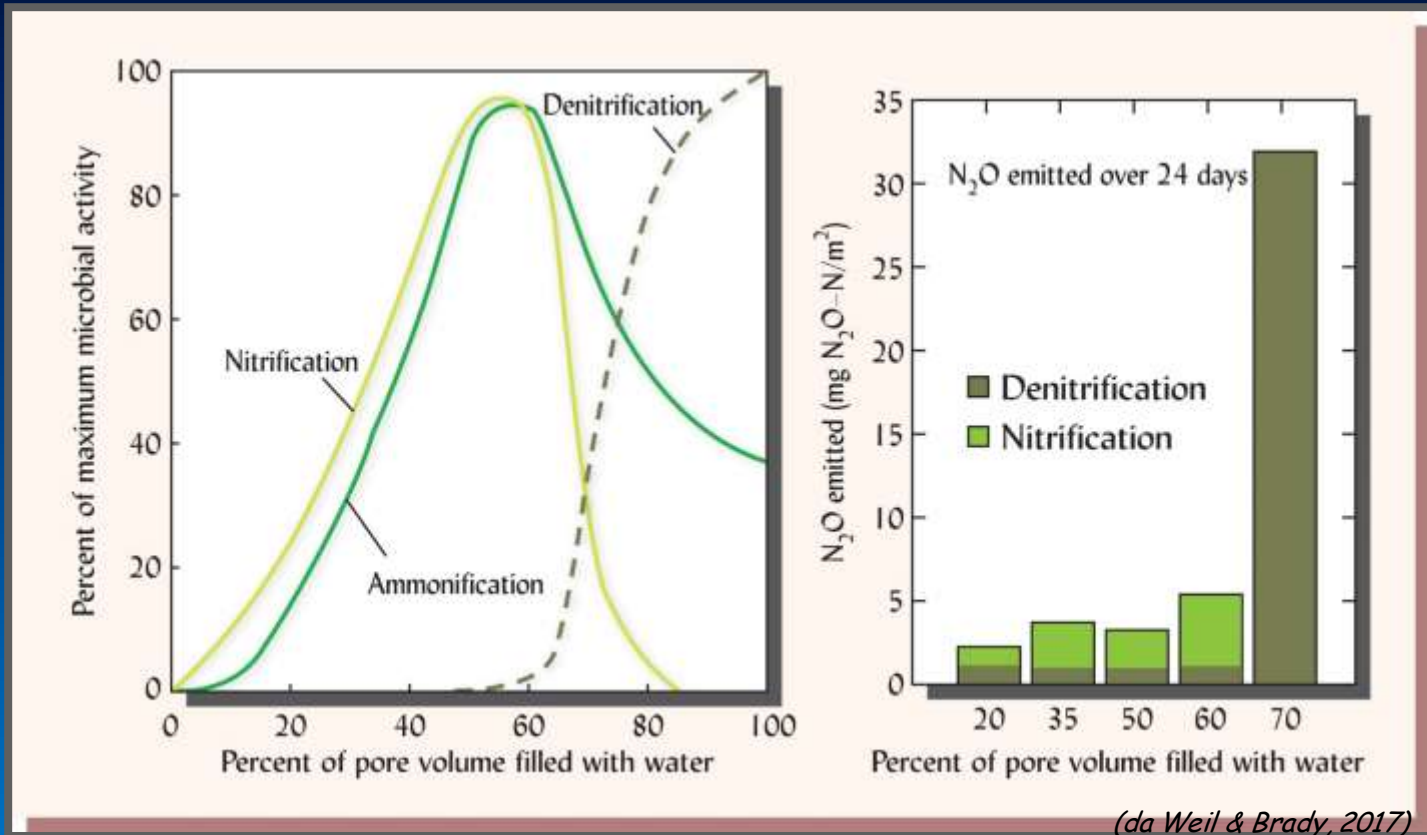
La fase gassosa del terreno



Variazioni stagionali dell'attività respiratoria (misurata dalla produzione di CO₂, che nei suoli coltivati può superare le 3 t · ha⁻¹ · mese⁻¹) in funzione della temperatura del suolo (modificata da White, 1997)

L'attività respiratoria (e quindi il contenuto di O₂ e CO₂ nell'aria tellurica) varia con la stagione, la temperatura, la profondità e l'umidità del suolo.

La fase gassosa del terreno



Il contenuto di aria e, quindi, di O_2 nei pori del terreno controlla l'intensità dei processi biotici, come la nitrificazione (processo aerobico) e la denitrificazione (processo anaerobico). L'attività biotica è ottimale quando l'acqua occupa circa il 60% della porosità.

La fase gassosa del terreno

La concentrazione minima di O_2 per la maggioranza delle piante è circa 100 ml l^{-1} . Quando la fase liquida occupa più dell'80-90% della porosità totale (la fase gassosa occupa il 10-20%) l'attività biologica del suolo e la crescita delle piante viene fortemente limitata.

Idrofite: piante adattate a vivere in condizioni di suolo sommerso (Riso, Mangrovie).

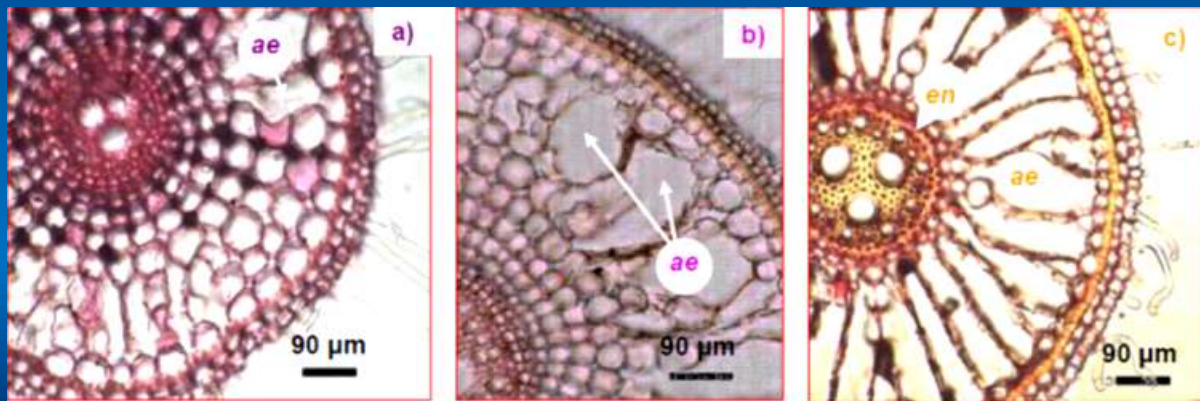


Fig.12.5 - Micrografie di sezioni trasversali tagliate lungo l'asse longitudinale di una radice di una pianta di riso sviluppatasi per 30 giorni , a 20 a), 50 b) e 100 millimetri dall'apice c). Sono evidenti spazi intercellulari (aerenchimi) ae) e le cellule dell'endoderme en) (modificata da Myiamoto et al., 2001).

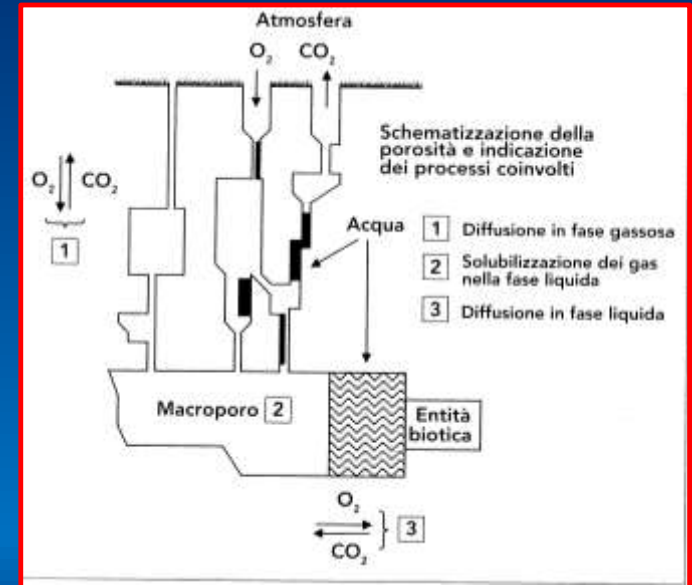
La fase gassosa del terreno

I processi di ricambio dell'aria tellurica sono dovuti:

- al **flusso di massa**
- alla **diffusione**

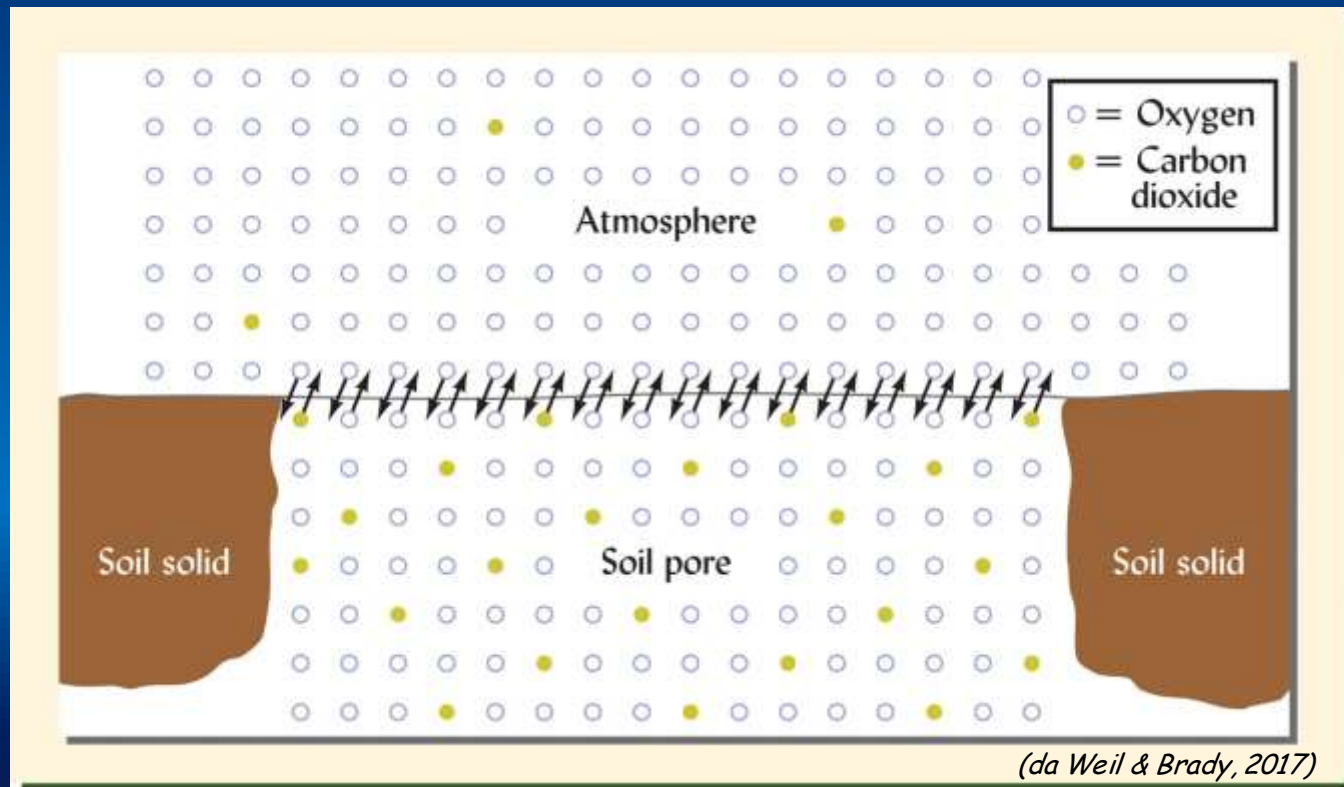
Il **flusso di massa** è controllato da:

- variazioni di pressione barometrica
- gradiente di temperatura
- movimenti dell'acqua del terreno
- azione del vento sulla superficie



La fase gassosa del terreno

La **diffusione** è controllata da differenze nella pressione parziale di O_2 e CO_2 . Rappresenta il principale meccanismo di ricambio dell'aria tellurica.



Il potenziale redox (E_h) del terreno

E_h del suolo:

- in condizioni di **aerobiosi**: 0.4 - 0.6 V (400-600 mV);
- in condizioni di **anaerobiosi**: < 0.32 V (<320 mV).

In suoli ricchi in sostanza organica, sommersi ed in climi caldi: E_h sino a - 0.3 V.

Table 7.1

OXIDIZED TO REDUCED FORMS AND CHARGE FOR SEVERAL ELEMENTS AND REDOX POTENTIALS E_h AT WHICH THE REDOX REACTIONS OCCUR IN A SOIL AT PH 6.5

The relative order of elements reduced is the same as in Figure 7.6, but E_h values measured were generally lower than the theoretical values indicated in the figure. At E_h levels lower than about 0.38–0.32 V, microorganisms utilize elements other than oxygen as their electron acceptor.

Element	Oxidized form	Charge on oxidized element	Reduced form	Charge on reduced element	E_h at which change of form occurs, V
Oxygen	O ₂	0	H ₂ O	-2	0.38 to 0.32
Nitrogen	NO ₃ ⁻	+5	N ₂	0	0.28 to 0.22
Manganese	Mn ⁴⁺	+4	Mn ²⁺	+2	0.22 to 0.18
Iron	Fe ³⁺	+3	Fe ²⁺	+2	0.11 to 0.08
Sulfur	SO ₄ ²⁻	+6	H ₂ S	-2	-0.14 to -0.17
Carbon	CO ₂	+4	CH ₄	-4	-0.20 to -0.28

E_h values from Patrick and Jugsujinda (1992).

(da Weil & Brady, 2017)

Il potenziale redox (E_h) del terreno

Il grado di aerazione del suolo ne determina il suo stato redox e quindi indirettamente:

- ✓ l'ecologia e l'attività dei microrganismi
- ✓ la disponibilità, la mobilità e la tossicità di specie inorganiche
- ✓ i tassi di degradazione della sostanza organica
- ✓ la presenza di prodotti del metabolismo fermentativo
- ✓ le azioni dei metaboliti sulle radici e sulla microflora tellurica
- ✓ lo sviluppo di gas ad effetto serra (GHGs)

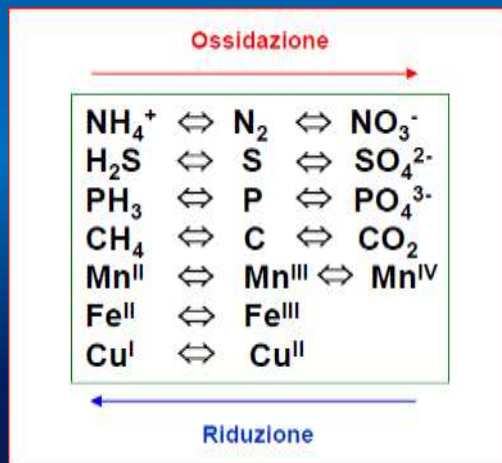


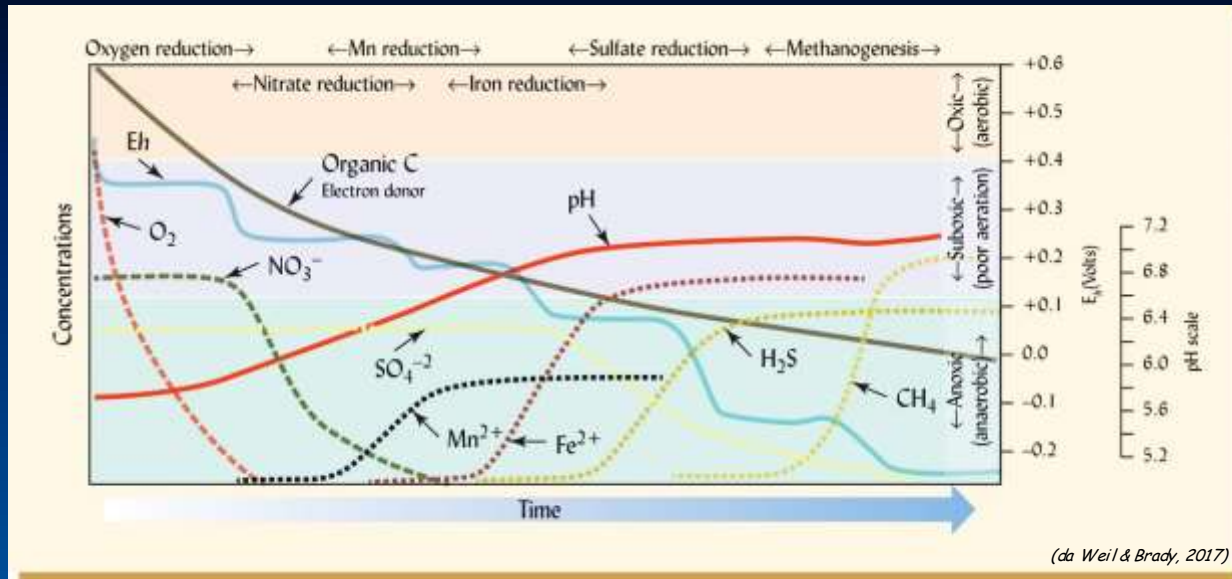
Table 7.2

OXIDIZED AND REDUCED FORMS OF SEVERAL IMPORTANT ELEMENTS

Element	Normal form in well-oxidized soils	Reduced form found in waterlogged soils
Carbon	CO_2 , $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	CH_4 , C_2H_4 , $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$
Nitrogen	NO_3^-	N_2 , NH_4^+
Sulfur	SO_4^{2-}	H_2S , S^{2-}
Iron	Fe^{3+} [Fe(III) oxides]	Fe^{2+} [Fe(II) oxides]
Manganese	Mn^{4+} [Mn(IV) oxides]	Mn^{2+} [Mn(II) oxides]

(da Weil & Brady, 2017)

Il potenziale redox (E_h) del terreno



In condizioni di scarsa disponibilità di O_2 il procedere di reazioni redox a carico di specie ossidate produce la formazione di forme chimiche ridotte sia organiche sia inorganiche, variando l'abitabilità del suolo e lo sviluppo di GHGs.

Semireazione di riduzione dell'accettore inorganico.	E°	E°_{pH7}
$\frac{1}{2}O_2(g) + 2H^+ + e^- \rightarrow H_2O$	1,23	0,82
$\frac{1}{2}NO_3^- + H^+ + e^- \rightarrow NO_2^- + H_2O$	0,83	0,42
$\frac{1}{2}MnO_2(s) + 2H^+ + e^- \rightarrow \frac{1}{2}Mn^{2+} + H_2O$	1,23	0,40
$Fe(OH)_3(s) + 3H^+ + e^- \rightarrow Fe^{2+} + 3H_2O$	1,06	-0,18
$\frac{1}{8}SO_4^{2-} + \frac{5}{4}H^+ + e^- \rightarrow \frac{1}{8}H_2S(g) + \frac{1}{2}H_2O$	0,30	-0,22
$\frac{1}{8}CO_2(g) + H^+ + e^- \rightarrow \frac{1}{8}CH_4 + \frac{1}{4}H_2O$	0,17	-0,24