

# Funzioni e “disfunzioni” del suolo

Andrea Buondonno\*, Elio Coppola

Dipartimento di Scienze Ambientali, Seconda Università di Napoli  
Via Vivaldi 43, 81100 Caserta

Associazione Italiana Società Scientifiche Agrarie

---

## Riassunto

La maggior parte degli studiosi definiscono il suolo dal punto di vista “agronomico” come il sistema naturale deputato allo sviluppo dei vegetali ed alle produzioni agrarie in genere. In questo articolo si evidenzia l'importanza del suolo anche in termini “ambientali e sociali” considerando il suolo come un corpo naturale dotato di proprie caratteristiche funzionali, indipendentemente dal suo ruolo agronomico e dalla sua capacità produttiva. Da studi effettuati è stato visto che il suolo agisce come buffer termico, detossifica la fase liquida in esso circolante.

Il suolo di fatto è anche il depositario dell'eredità culturale delle società che lo hanno utilizzato, sia come custode di relitti e manufatti, sia in quanto espressione dei processi di trasformazione e degli orientamenti evolutivi indotti dall'azione dell'uomo stesso.

Si evince la necessità di proteggere e conservare il suolo, proclamandone la fondamentale importanza non solo come fonte di sostentamento per tutti i viventi, ma anche come fattore di regolazione ambientale.

*Parole chiave:* suolo, effetto di *buffering*, pedogenesi, clima.

## Summary

TITOLO IN INGLESE??

Most of the scientists define soil from an “agronomic” point of view as the natural system delegated to sustain plant growth and agricultural productions on the whole. In this paper soil importance, even in “environmental and social” terms, is pointed out, considering soil as a natural body with its own functional characteristics, regardless of its agronomic role and productive ability. Some studies show that soil acts as a thermal buffer and detoxifies the circulating liquid phase. Actually soil is also the depository of the cultural heritage of the society who used it, both as keeper of relics and manufactured products and as an expression of transformation processes and evolution trend caused by man's action itself.

The need to protect and preserve soil has to be emphasized by stating its main importance not only as a maintenance source for all the living beings but also as a factor of environmental control.

*Key-words:* soil, *buffering* effect, pedogenesis, climate.

## Introduzione

Nel suo *Pedology, or General and Applied Soil Science*, edito a Dresden nel 1862, Friederich Albert Fallou, uno dei padri della pedologia, già sosteneva che “there is nothing in the whole of nature which is more important than or deserves as much attention as the soil. Truly, it is the soil which makes the world a friendly environ-

ment for mankind; it is the soil which nourishes and provides for the whole of nature; the whole of creation depends on the soil which is the ultimate foundation of our existence”. Tale affermazione sorprende per la sua attualità, dal momento che evidenzia *tout court* la necessità di proteggere e conservare il suolo, proclamandone la fondamentale importanza non solo co-

\* Aurore corrispondente: tel.: +39 0823 275 212; fax: 0823 275 210. Indirizzo e-mail: andrea.buondonno@unina2.it

me fonte di sostentamento per tutti i biota, ma anche come fattore di regolazione ambientale.

Il suolo è un corpo naturale estremamente complesso, eterogeneo, polifasico, governato da un numero indefinito di equilibri, in lenta ma continua evoluzione nello spazio e nel tempo sotto la spinta di vari processi e fattori. La complessità della natura del suolo si riflette nella sua capacità di “fornire beni e servizi” (Boardman et al., 1996), espletando numerose “funzioni”. Nell’accezione più comune il suolo è il sistema naturale deputato allo sviluppo dei vegetali ed alle produzioni agrarie in genere (USDA-NRCS, 1999). Tale concetto si sofferma quindi sugli aspetti esteriori, e non prende in considerazione né il suolo come corpo naturale polidimensionale, né la sua evoluzione e differenziazione. Di fatto, la nozione di suolo come mezzo di sostegno per lo sviluppo vegetale continua ad essere la più diffusa e condivisa e la massima parte dell’interesse che la società umana attribuisce al suolo è centrata essenzialmente su tale prerogativa, intesa in particolare in termini “agronomici”. Si considera il suolo importante in quanto sostiene la vita di una gran varietà di vegetali che forniscono cibo, fibre, farmaci ed altri generi di necessità; per altri versi, il suolo è il reattore naturale che consente il riciclo dell’acqua e dei nutrienti, anche attraverso la trasformazione e riutilizzazione dei residui vegetali e animali.

### Funzioni del suolo

Già nel 1991 Bullock e Gregory avevano chiaramente definito, oltre quelle agronomiche, le diverse funzioni del suolo, evidenziandone così anche l’importanza sociale ed ambientale:

- riciclo degli elementi;
- riciclo dell’acqua;
- ancoraggio, in particolare per le specie arboree;
- mezzo di crescita e sviluppo della flora degli habitat naturali, dei parchi, delle strutture ricreative e sportive;
- mezzo di crescita e sviluppo dei vegetali di interesse chimico-forestale e farmacologico;
- substrato/habitat per micro-flora e micro-, meso- e macro-fauna;
- riserva di cibo per uccelli e roditori;
- assorbente di inquinanti e contaminanti;

- supporto per infrastrutture (strade, ponti, bacini artificiali).

La necessità di considerare il suolo come corpo naturale dotato di proprie caratteristiche funzionali, indipendentemente dal suo ruolo agronomico e dalla sua capacità produttiva, è stata manifestamente espressa nell’ultima edizione della Soil Taxonomy (USDA-NRCS, 1999), e ribadita nella X edizione delle “Keys” del 2006 (USDA-NRCS, 2006). In esse, il suolo oggetto di studio della pedologia si definisce come “a natural body comprised of solids (minerals and organic matter), liquid, and gases that occurs on the land surface, occupies space, and is characterized by one or both of the following:

- a) *horizons, or layers, that are, distinguishable from the initial material as a result of additions, losses, transfers, and transformations of energy and matter or*
- b) *the ability to support rooted plants in a natural environment”.*

La nuova definizione ha ampliato la precedente del 1975 (Soil Survey Staff, 1975), includendo quei suoli evolutisi in particolari ambienti, quali ad esempio l’Antartide, in cui il clima è tale da consentire l’espressione dei processi pedogenetici, ma troppo rigido ed avverso per favorire lo sviluppo delle piante superiori. La stessa definizione, per altro, ribadisce il ruolo dinamico del suolo come reattore di trasformazione di materia ed energia.

### Alcune funzioni “non agronomiche” del suolo

#### *Il suolo come buffer termico*

Ewart Adsil Fitzpatrick ha riportato (1983) le variazioni giornaliere della temperatura del suolo, dalla superficie fino a -20 cm, rilevate in un Arenosol presso Il Cairo durante il mese di marzo (figura 1).

La maggiore escursione termica, di circa 40 °C, si accerta alla superficie del suolo, dove alle 06:00 la temperatura è minima (~8 °C), e alle 12:00 sale fino a ~48 °C. Con l’aumentare della profondità, l’escursione termica registrata ad intervalli di 5 cm si attenua fortemente. A -20 cm si osserva una evidente inversione termica, con un minimo (~18 °C) alle 12:00 ed un massimo (~21 °C) alle 24:00, corrispondenti ad un’escursione complessiva di soli 3 °C. Confrontando le temperature registrate alla stessa ora alle

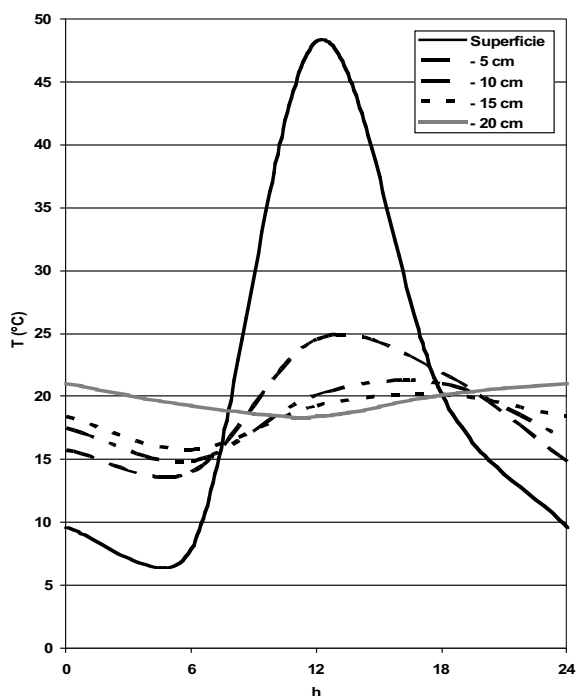


Figura 1. Variazioni giornaliere della temperatura del suolo, dalla superficie fino a -20 cm, rilevate in un Arenosol presso Il Cairo durante il mese di marzo (da FitzPatrick, 1983; rielaborato).

Figure 1. Daily changes of soil temperature, from surface till 20 cm depth, recorded in an Arenosol at Cairo in March (Modified from FitzPatrick, 1983).

diverse profondità, la massima differenza si accerta alle 12:00, con ~48 °C alla superficie e ~18 °C a -20 cm. Uno spessore di 20 cm ha tamponato quindi una differenza di temperatura pari a 30 °C. Trasformando tale variazione in energia per volume di suolo, si ottiene un assorbimento di ~12.54 GJ per ettaro per una profondità di 20 cm, ovvero ~3.48 MWh, equivalente al fabbisogno energetico giornaliero di 1270 persone.

L'effetto di *buffering* è ovviamente magnificato dalla presenza di acqua nel suolo. Un Vertisol può contenere, alla capacità di campo, circa 1000 m<sup>3</sup>/ha per uno spessore di 20 cm. La restituzione in fase vapore di tale quantità implica un assorbimento di ~2400 GJ, ovvero ~6700 MWh, corrispondente al fabbisogno energetico giornaliero di 18000 persone.

*Abbattimento della tossicità di fasi liquide contaminate.* Le funzioni di riciclo dell'acqua e degli elementi implicano la capacità del suolo di

detossificare la fase liquida in esso circolante, laddove siano soluti elementi potenzialmente tossici (PTE). Una soluzione contenente sali di Pb, Cu e Zn, ciascuno in concentrazione pari a 1500 mg di elemento per litro, è altamente tossica per biota a differente grado evolutivo comunemente utilizzati nei test di biotossicità, quali *Brachionis calyciflorus*, rotifero di acqua dolce, e *Daphnia magna*, crostaceo cladocero, ambedue organismi planctonici di acqua dolce, e *Vibrio fisheri*, un batterio marino bioluminescente (tab. 1).

In particolare, la soluzione nativa descritta ha una tossicità primaria di 1339, 18750, e 50000 Unità di Tossicità Equivalenti<sup>1</sup>, UTE, per *Vibrio fisheri*, *Brachionis calyciflorus*, e *Daphnia magna*, rispettivamente.

La stessa soluzione è stata posta a contatto con un campione di Haplic Vertisol (Chromic), in un rapporto volume di soluzione/massa di suolo pari a 2:1. Dopo 24h, grazie alla elevata attività del complesso di scambio del suolo, la tossicità residuale della soluzione è risultata abbattuta di due ordini di grandezza per *V. fisheri* e *B. calyciflorus*, e di tre ordini di grandezza per *D. magna*.

#### *Il suolo come bene culturale interdisciplinare*

In misura più o meno rilevante, i suoli conservano memoria del proprio percorso evolutivo e delle interazioni occorse con le altre componenti ambientali, uomo incluso. Figure pedologiche peculiari e chiaramente discernibili si ritrovano nei paleosuoli, ovvero in suoli, general-

Tabella 1. Tossicità primaria e residuale di una soluzione contenente Pb, Cu e Zn alle concentrazioni nominali di 1500 mg elemento/litro. UTE = Unità di Tossicità Equivalenti.

Table 1. Primary and residual toxicity of a solution containing Pb, Cu, Zn at nominal concentrations of 1500 mg element/litre. UTE = Toxicity Equivalent Units.

| Tossicità (UTE) | Organismo         |                        |                 |
|-----------------|-------------------|------------------------|-----------------|
|                 | <i>V. fisheri</i> | <i>B. calyciflorus</i> | <i>D. magna</i> |
| Primaria        | 1339              | 18750                  | 50000           |
| Residuale       | 6                 | 38                     | 37              |

<sup>1</sup> L'UTE misura il grado di tossicità di una fase liquida nei confronti di una determinata specie, e corrisponde al fattore di diluizione necessario per ottenere una risposta negativa al saggio.

mente molto antichi, in cui i processi pedogenetici originali non sono più operanti a causa di importanti alterazioni climatiche e/o geomorfologico/ambientali, o in seguito a seppellimento (Wysocky et al., 2000). I paleosuoli sono oggetto di studio della paleopedologia, “branca storica” (Cremaschi, 1991) della pedologia, a carattere fortemente multidisciplinare. Gli studi paleopedologici forniscono infatti sussidi e dati, talvolta determinanti e risolutivi, a geologi, paleontologi, climatologi, botanici, archeologi, sociologi. Il suolo di fatto è il depositario dell’eredità culturale delle società che lo hanno utilizzato, sia come custode di relitti e manufatti, sia in quanto espressione dei processi di trasformazione e degli orientamenti evolutivi indotti dall’azione dell’uomo stesso. Ne consegue l’unicità di taluni paesaggi, determinata dalla peculiare interazione tra geomorfologia, attitudini intrinseche dei pedosistemi ed uso del suolo: ad esempio, limitandosi all’Italia, le risaie del Verellese, i vigneti del Chianti, gli agrumeti della Penisola Sorrentina.

Nel corso della sua storia, l’uomo ha avuto dapprima un minimo impatto sul suolo, limitandosi a cacciare e a raccogliere quanto occorreva. Con l’addomesticamento degli animali, ha bruciato per secoli boschi per far posto ai pascoli. Paradossalmente, nel contempo non è stato in grado di sfruttare intensivamente i fertili Chernozems delle grandi pianure dell’Argentina e degli Stati Uniti occidentali, o delle steppe dell’Eurasia centro-occidentale, se non a partire dal XIX secolo, anche grazie all’introduzione della meccanizzazione. I territori delle “Terre Nere”<sup>2</sup> ricche di humus, erano infatti troppo estesi e scoperti per poter essere coltivati in sicurezza e protetti, e per poter disporre di adeguate risorse idriche e tecniche, quali ad esempio legname per la costruzione di ripari e di macchine ed utensili, seppur primitivi. A partire dal XX secolo, sistemazioni irrigue e reti di drenaggio hanno contribuito a migliorare la produttività dei Chernozems gleici e stagnici<sup>3</sup>, recuperando all’agricoltura anche i pedosistemi idromorfi.

### **Pedodiversità, anomalie “fisiologiche” e apparenti disfunzioni del suolo**

Il suolo si forma sotto l’azione di diversi fattori: materiale genitore (inorganico ed organico),

clima, topografia, micro-, meso-, e macro-biota, incluso l’uomo. Su tutti, il tempo governa i fattori ed indirizza i processi bio-chimico-fisici della pedogenesi. Considerata la notevolissima variabilità e differenziazione, alla superficie terrestre, di minerali e rocce, di clima, di geomorfologia, di organismi e loro residui, appare intuitivo immaginare quante e quali siano le possibili combinazioni di fattori e processi alla base della genesi dei suoli, e quindi della loro differenziazione. Tuttavia, la pedodiversità è ben lungi dall’essere chiaramente e pienamente intesa e riconosciuta dal sentire comune, essenzialmente perché scarse, o addirittura assenti, sono la conoscenza e la cultura del suolo. Dai non addetti, il suolo viene di norma osservato, se non banalmente visto, dalla parte sbagliata, ovvero dalla superficie, inconsapevoli del fatto che esso evolve e si differenzia in profondità dall’alto verso il basso. Da qui la diffusa percezione del suolo come superficie, piuttosto che come corpo tetradimensionale, e l’interpretazione ecologico-naturalistica della diversità dei suoli in funzione essenzialmente delle differenti coperture vegetali e, tutt’al più, della topografia. Tale interpretazione è tanto soggettiva quanto errata. Fa chiarezza in tal senso la più recente definizione di suolo data dal Word Reference Base for Soil Resources (WRBSR) (FAO-ISRIC-IUSS, 2006): “any material within 2 m from the Earth’s surface that is in contact with the atmosphere, with the exclusion of living organisms, areas with continuous ice not covered by other material, and water bodies deeper than 2 m”. Tale definizione amplia e, nel contempo, semplifica quella fornita dall’ultima edizione della Soil Taxonomy (USDA-NRCS, 1999).

Il WRBSR (FAO-ISRIC-IUSS, 2006) classifica, al primo livello gerarchico, 32 *Reference Soil Groups (RSGs)*, ed individua 149 *qualifiers* e 10 *specifiers* per l’inquadramento al secondo livello tassonomico. Tenuto conto, per ciascun *RSG*, della incompatibilità, o della mutua esclusione di alcuni *qualifiers* e *specifiers*, il numero

<sup>2</sup> Il termine *Chernozem* è stato coniato nel 1883 dall’insigne pedologo russo Dokuchaev sui vocaboli *chernij* “nero”, e *zemlja* “terra” (FAO-ISRIC-IUSS, 2006).

<sup>3</sup> I termini *gleyic* e *stagnic* fanno riferimento a condizioni di idromorfia e anossia del suolo, più marcate e prolungate nel secondo caso.

di pedotipi classificabili a livello globale è dell'ordine di  $10^4$ . Si perviene così ad una pedodiversità nominale ragguardevole, e pienamente congruente con la variabilità combinatoria compatibile di fattori e processi pedogenetici. Ne consegue necessariamente una notevole differenziazione tra le funzionalità connaturate ai diversi pedotipi. Dei 32 RSGs del WRBSR, almeno una dozzina può presentare limitazioni più o meno severe in termini di gestione, lavorabilità e produttività: Tra gli altri, i Cryosols, soggetti a permafrost<sup>4</sup>, i Leptosols, con ridotto volume di suolo effettivamente disponibile per i biota e la rizosfera, i Solonetz, salso-alcalini, gli Stagnosols, idromorfi e molto difficilmente drenabili, gli Alisols, fortemente acidi e facilmente erodibili.

Per quanto rilevanti, tali limitazioni non devono tuttavia essere considerate come “deviazioni” rispetto ad una “norma”, del tutto soggettiva, che pretende di definire le caratteristiche “ideali” di un generico suolo. Esse individuano invece delle condizioni “fisiologiche”, ovvero delle disfunzioni “apparenti”, strettamente connaturate allo specifico suolo in quanto espressione di determinate e peculiari concomitanze di fattori e processi. Le disfunzioni “effettive” sono invece quelle determinate da condizioni o accadimenti, anche di natura antropica, che incidono drammaticamente sul costruito pedogenetico, tanto da far deviare permanentemente il suolo dalla “propria” espressione funzionale, obliterandone anche le capacità di resilienza. Frane, alluvioni, eruzioni vulcaniche, terremoti, dissesti idrogeologici, ma anche scassi profondi, frantumazione e amminutamento di rocciosità e pietrosità, riporti e rimescolamenti, contaminazione severa, eventi bellici, sono alcune delle circostanze che possono alterare irreversibilmente la funzionalità intrinseca del suolo. Caso estremo di perdita di funzionalità è la rimozione fisica del suolo stesso dalla sua dimora pedologica, per cause naturali o a seguito di attività antropiche, quali opere ingegneristiche o estrazione di inerti.

<sup>4</sup> Il “permafrost” è uno strato ghiacciato di suolo (o di roccia), di spessore misurabile fino ad una determinata profondità dalla superficie, in cui la temperatura resta al di sotto di 0 °C per almeno due anni consecutivi, in un ambiente in cui il riscaldamento estivo non produce temperature sufficienti a sciogliere il limite inferiore dello strato ghiacciato.

## Conclusioni

La nascita e lo sviluppo della civiltà umana si sono incardinate, a partire da circa settemila anni fa, sull'evoluzione e consolidamento del rapporto uomo/ suolo nelle diverse forme di agricoltura. Paradossalmente, la Pedologia si struttura come scienza autonoma solo negli ultimi due secoli, e in numerosi Paesi, Italia inclusa, non è ancora conosciuta e diffusa in modo adeguato. A tutt'oggi manca la chiara consapevolezza sia della numerosità e differenziazione dei tipi pedologici sulla Terra, sia delle fondamentali funzioni che ogni singolo pedotipo esplica come *unicum* spazio-temporale in continua evoluzione. Fatte le debite eccezioni, tale carenza si registra tanto in ambito sociale, ivi inclusi i rappresentanti della classe politica e gli amministratori della cosa pubblica, quanto in ambito tecnico-scientifico, anche in settori disciplinari affini. È invece necessario un forte impegno cooperativo tra coloro che operano nelle varie branche della Scienza del suolo, e delle Scienze agrarie in generale, per individuare linee strategiche finalizzate ad ottimizzare e mantenere la funzionalità dei pedosistemi stabili, proteggere quelli fragili, recuperare la funzionalità di suoli degradati e marginali. In tal senso, l'Associazione Italiana delle Società Scientifiche Agrarie si configura come sede elettiva per costituire e sviluppare proficue sinergie in ambito tecnico-scientifico, e per farsi portavoce presso le pubbliche istituzioni e gli organi di governo centrale e periferici delle istanze di diffusione della cultura del suolo e della concreta protezione, valorizzazione e sostenibilità del patrimonio pedologico globale.

## Bibliografia

- Boardman J., Foster I.D.L., Dearing J.A. 1996. Soil erosion on agricultural land. John Wiley and Sons Eds. 687 pp.
- Bullock P., Gregory P.J. (eds.) 1991. Soils in the Urban Environment. Blackwell Scientific Publications, Oxford (UK).
- Cremaschi M. 1991. Paleosuoli: il suolo per la ricostruzione paleoambientale, la geologia del Quaternario e la ricerca archeologica. In: Cremaschi M., Rodolfi G. (eds.): Il Suolo, 282-317. La Nuova Italia Scientifica, Roma.

- FAO-ISRIC-IUSS. 2006. World reference base for soil resources 2006. A framework for international classification, correlation and communication. World Soil Resources Report 106, 2006 ed. Food and Agriculture Organization, Rome (I). 145 pp.
- FitzPatrick E.A. 1983. Soils. Their formation, classification and distribution. Longman Inc., New York. 353 pp.
- Soil Survey Staff, 1975. Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. USDA Handb. 436. US Government Printing Office, Washington DC.
- USDA-NRCS Soil Survey Staff – United States Department of Agriculture, 1999. Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys, 2<sup>nd</sup> ed. Agriculture Handbook n. 436, USDA, Natural Resources Conservation Service, NY. 870 pp.
- USDA-NRCS Soil Survey Staff – United States Department of Agriculture, 2006. Keys to Soil Taxonomy, 10<sup>th</sup> ed., USDA, Natural Resources Conservation Service, NY, 332 pp.
- Wysocky D.A., Schoeneberger P.J., LaGarry H.E. 2000. Geomorphology of Soil Landscapes. In: Sumner M.E. (ed.): Handbook of Soil Science. CRC Press, Boca Raton, FL (USA), E/5-39.