

Rughe, cicatrici, impoverimento e disidratazione sono le parole che il tempo scrive toccando la pelle umana. In modo non molto diverso, gli stessi segni si leggono sulla superficie della Terra. Anche se non è possibile tagliare il filo degli anni, fermare il loro scorrere e i loro effetti, non si può trascurare che la salute della Terra dipende dal rispetto e dalla cura di cui siamo capaci, ma dalla pelle del nostro pianeta dipende la nostra.

■ Fabio Gea

"Ho letto su molti libri di storia che l'Egitto è il regalo del Nilo, ma non mi è mai capitato di leggere che in realtà è il regalo di miliardi di termiti che avendo lavorato per centinaia di milioni di anni sugli altipiani dell'Etiopia e del Kenya hanno permesso al terreno dei loro termitai di essere eroso e trasportato dal Nilo fino al suo delta",

Frederich Hole, 1980.

Il suolo è definito dalla Soil Taxonomy americana come: "L'insieme dei corpi naturali esistenti sulla superficie terrestre contenente materia vivente e che sostiene o è capace di sostenere all'esterno piante. Il suo limite superiore è rappresentato dall'acqua poco profonda. Ai margini esso passa gradualmente alle acque profonde o alle aree sterili costituite da roccia o da ghiaccio. Il suolo comprende gli orizzonti vicini alla superficie che differiscono dal materiale roccioso sottostante come risultato di interazioni, attraverso il tempo, tra il clima, gli organismi viventi, i substrati pedogenetici e il rilievo. Il suolo passa per gradi, con il suo margine inferiore, alla roccia compatta o ai materiali terrosi virtualmente privi di radici, di animali e di altri segni di attività biologica. Perciò il limite inferiore del suolo è normalmente il limite inferiore dell'attività biologica che generalmente coincide con la comune profondità di attecchimento radicale delle piante spontanee perenni". Trattenendo strette e dirette relazioni con quasi tutti gli elementi naturali, la "pelle viva della terra" costituisce un sistema complesso non solamente per la sua caratterizzazione geografica, come traspare dalla definizione, ma ancor più per quanto riguarda la sua natura ed evoluzione. Diversi tipi di suoli nascono da molteplici processi chimici, fisici e biologici derivanti dall'interazione tra le rocce e gli agenti atmosferici terrestri. Di qui l'esistenza di suoli con caratteristiche diverse in funzione del tipo di roccia madre, della

Protezione del suolo

fisiografia, del clima, della vegetazione, degli animali e dell'intervento o meno dell'uomo. E su quest'ultimo punto gravano oggi i più allarmanti rischi in termini di conservazione. Attualmente la terra copre circa 1/16 della superficie del pianeta, ma fenomeni di deterioramento del suolo connessi all'antropizzazione sono continuamente in aumento e prevalgono sui fenomeni naturali, ad esempio il tasso di erosione provocato dagli interventi dell'uomo è 10-15 volte superiore a quello naturale (European Environment Agency, "Environment in the European Union at the turn of the century", 1999).

La risorsa indispensabile

"Il suolo è uno dei beni più preziosi dell'umanità. Consente la vita dei vegetali, degli animali e dell'uomo sulla superficie della terra,... è una risorsa limitata che si distrugge facilmente" (dalla Carta Europea del Suolo, Consiglio d'Europa, 1972). È ormai da tempo che si è compresa la valenza di tale risorsa come vitale e in larga misura non rinnovabile, sempre più sottoposta a crescenti pressioni. Il suolo va considerato, alla stregua delle altre risorse, come finito e non rinnovabile, nel senso che i fenomeni di rigenerazione del suolo sono lentissimi: nei climi umidi si stima che siano necessari in media 500 anni per la formazione di 2,5 centimetri di suolo (The Tutzing Project, "Time Ecology", 1998). L'importanza della protezione del suolo è riconosciuta a livello internazionale e dall'Unione Europea (Ue), la cui Commissione risulta sempre più attenta negli ultimi anni a riconoscere le molteplici funzionalità della risorsa suolo e ai risvolti di queste nei vari ambiti dello sviluppo: "Tale strato assicura una serie

Nei climi semiaridi caratterizzati da precipitazioni brevi e intense ecco i solchi generati da modesti eventi piovosi (33 mm di pioggia in due ore).

di funzioni chiave, a livello ambientale, sociale ed economico, indispensabili per la vita. Agricoltura e silvicoltura dipendono dal suolo per l'apporto di acqua e nutrienti e per l'innesto delle radici.

Il suolo svolge inoltre un ruolo centrale per la protezione dell'acqua e lo scambio di gas con l'atmosfera, grazie a funzioni di immagazzinaggio, filtraggio, tampone e trasformazione. È anche un habitat e un pool genico, un elemento del paesaggio e del patrimonio culturale e una fonte di materie prime".

Il suolo e il cambiamento climatico

La cattura del carbonio da parte degli ecosistemi terrestri può essere definita come la rimozione netta di anidride carbonica dall'atmosfera e la sua collocazione in serbatoi dove al carbonio viene assicurata una lunga permanenza. Insieme all'acqua, all'aria, alle piante e al sottosuolo, anche il suolo gioca un ruolo importante, e per certi aspetti preponderante, nella funzione di serbatoio di carbonio. L'argomento del bilancio del carbonio nel suolo, a cui si collegano l'ef-

fetto serra e i cambiamenti climatici, ha iniziato a essere studiato solo negli ultimi venti anni e la mancanza di dati completi al riguardo non ha purtroppo permesso di fare uno specifico riferimento al suolo nel Protocollo di Kyoto.

I quantitativi di carbonio organico nel suolo variano fortemente passando da un uso delle terre a un altro: nell'isola di Pantelleria il cambio d'uso delle terre da agricole ad abbandonate e colonizzate da vegetazione spontanea non pascolata favorisce un notevole aumento del conte-

nuto di carbonio (La Mantia *et al.* 2005; in Giordano, 2005).

La degradazione

Nella stessa Comunicazione dell'Ue del 2002, denominata "Verso una Strategia Tematica per la Protezione del Suolo", vengono messi in luce i principali processi che causano il degrado del suolo.

L'erosione

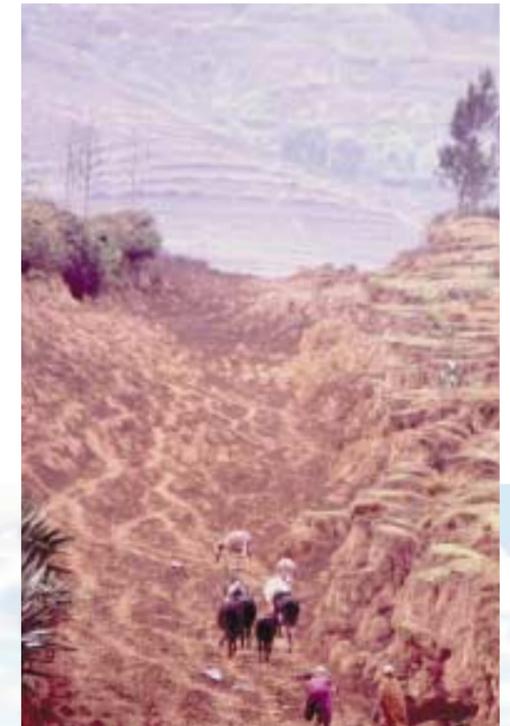
È un fenomeno geologico naturale consistente nella rimozione di particelle di suolo a opera di acqua e vento; alcune attività umane possono incrementare considerevolmente il tasso di erosione che a

Erosione antropica - Traiettorie usuali di passaggio (dagli animali alle macchine) creano in talune situazioni corsie preferenziali di deflusso idrico che evolve presto in erosione accelerata.

partire da un certo livello risulta irreversibile.

La diminuzione di materia organica
La materia organica svolge un ruolo centrale per mantenere alcune funzioni chiave del suolo ed è un fattore determinante per la

Erosione idrica - Pendici del Monte Meru (Tanzania): erosione laminare contrastata dai cespugli d'erba.



resistenza all'erosione e per la fertilità del suolo di cui assicura la capacità legante e il potere tampone, contribuendo a limitare la diffusione dell'inquinamento dal suolo all'acqua.

La contaminazione locale e diffusa
La presenza di contaminanti nel suolo oltre certi livelli comporta una serie di conseguenze negative per la catena alimentare e quindi per la salute umana e per tutti i tipi di ecosistemi e di risorse naturali.

L'impermeabilizzazione

Il rivestimento del suolo per la costruzione di edifici, strade o per altri usi riduce la superficie disponibile per lo svolgimento delle funzioni del suolo, tra cui l'assorbimento di acqua piovana per l'infiltrazione e il filtraggio. Le superfici impermeabilizzate possono avere un forte impatto sul suolo circostante, modificando le modalità di deflusso dell'acqua e incrementando la frammentazione della biodiversità.

La compattazione

Si verifica quando il suolo è soggetto a pressioni meccaniche in seguito all'uso di macchinari pesanti o al pascolamento eccessivo, soprattutto se umido. Perdita della capacità di assorbimento, di infiltrazione, crescita limitata delle radici, riduzione della capacità di stoccaggio dell'acqua, della fertilità, dell'attività biologica e della stabilità sono le principali conseguenze. I volumi consistenti di acqua di deflusso che ne derivano aumentano il rischio di erosione e, secondo alcuni esperti, sono in parte

responsabili delle alluvioni recentemente avvenute in Europa.

La diminuzione della biodiversità
I diversi tipi di suolo determinano in larga misura gli ecosistemi di una zona, molti dei quali hanno spesso un grande valore ecologico (zone umide, pianure alluvionali e torbiere). Le maggiori quantità e varietà di forme di vita si trovano nel suolo: per ogni 1-1,5 tonnellate di biomassa che vive sul suolo di un pascolo (bestiame ed erba) nei primi 30 cm sotto la superficie del suolo vivono circa 25 tonnellate di biomassa (batteri, lombrichi ecc.).

La salinizzazione

È l'accumulo nel suolo di sali solubili di sodio, magnesio e calcio in quantità tali per cui la fertilità viene notevolmente ridotta. Il fenomeno è spesso associato all'irrigazione e a uno sfrutta-

Erosione antropica - Bruciatura delle stoppie di riso nel vercellese



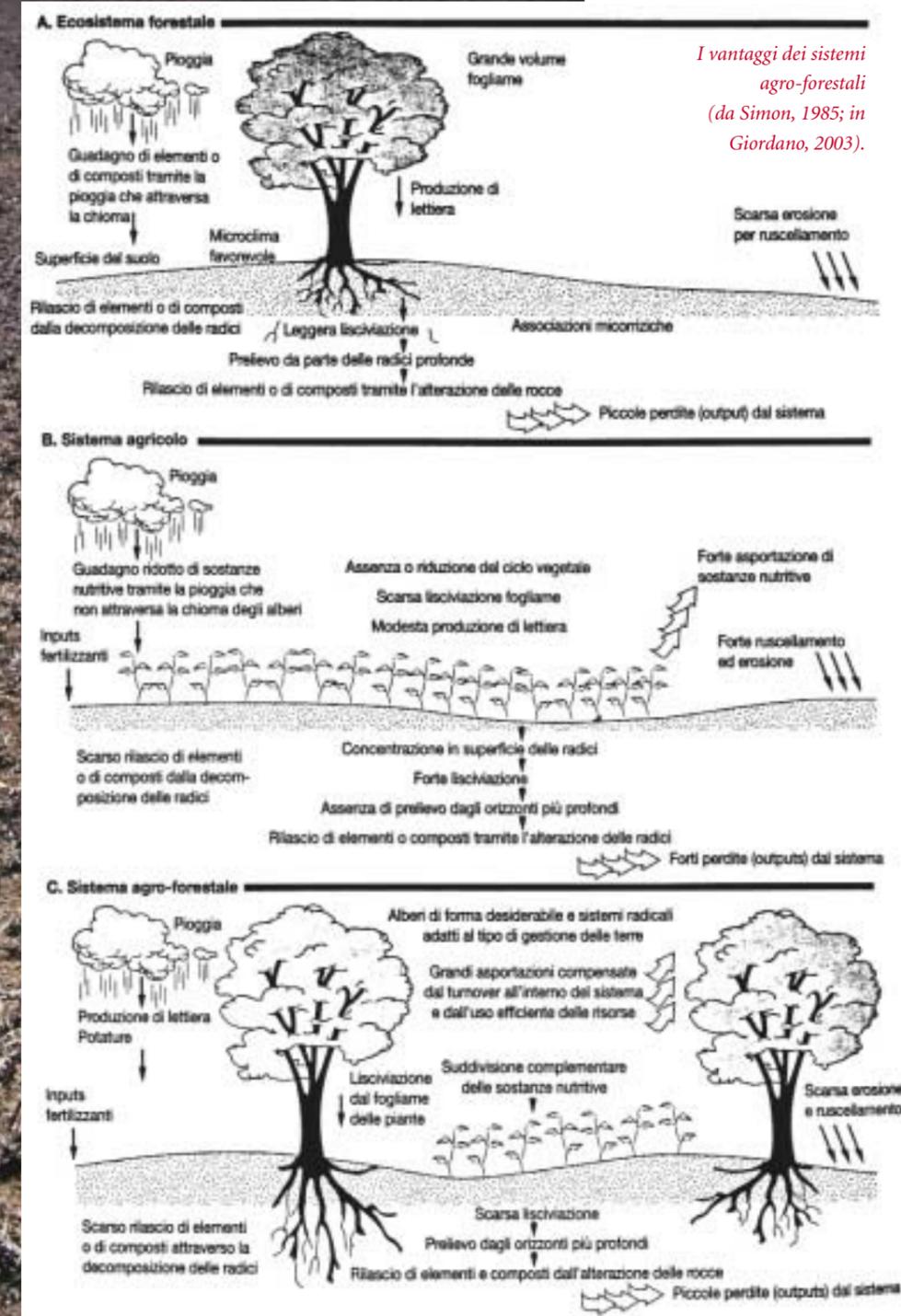
USO DELLE TERRE PRECEDENTE	NUOVO USO DELLE TERRE	MODIFICAZIONI DEL CONTENUTO DI CARBONIO NEL SUOLO
foresta	pascolo	tendenzialmente invariato, aumento con precipitazioni > 2.000 mm
	piantagioni	tendenzialmente invariato in aree a scarsa piovosità; diminuzione con precipitazioni > 1.500 mm
	agricoltura	diminuzione di circa la metà in superficie; invariato in profondità
pascolo	foresta	tendenzialmente invariato
	piantagioni	tendenzialmente invariato con latifoglie; diminuzione con conifere
	agricoltura	diminuzione
agricoltura	foresta	aumento considerevole
	piantagioni	aumento modesto
	pascolo	aumento fino a 1 m di profondità



Erosione eolica - Monte Songe (Tanzania): morfologia determinata dall'attività erosiva del vento.

mento eccessivo delle acque sotterranee, dovuto alla crescente urbanizzazione e all'espansione agricola e industriale, con conseguente abbassamento della falda freatica e ingresso di acqua marina. Nei Paesi nordici viene spesso indotta dallo spargimento di sale sulle strade

I vantaggi dei sistemi agro-forestali (da Simon, 1985; in Giordano, 2003).



nel periodo invernale. **Le frane e le alluvioni**
Provocano erosione, inquinamento a opera dei sedimenti e perdita di suolo e delle sue risorse. Questi fattori hanno a loro volta un impatto significativo sull'attività e la salute umana, danneggiano edifici e infrastrutture e causano la perdita di terreni agricoli. Spesso alcuni di questi fenomeni si verificano contemporaneamente e il loro effetto tende quindi a essere amplificato seguendo meccanismi di retroazione positiva. Si calcola che nell'Ue 52 milioni di ettari di terreno (oltre il 16% della superficie totale) siano colpiti da forme di degrado (secondo la mappa mondiale del degrado del suolo, Global Assessment of Soil Degradation - Glasod, 1990). Quando si verifica in zone secche, il degrado del suolo prende il nome di desertificazione ed è il risultato di condizioni climatiche (siccità, aridità, regimi di precipitazioni irregolari e intensi) e attività umane (deforestazione, pascolamento eccessivo, deterioramento della struttura del suolo). Il terreno interessato non è più in grado di sostenere la vegetazione. In base all'atlante mondiale della desertificazione le zone europee a rischio di desertificazione sono la Spagna centrale e meridionale, l'Italia centrale e meridionale, la Francia e il Portogallo meridionali e vaste zone della Grecia. La desertificazione mondiale comporta conseguenze molto serie a livello socioeconomico e in ultima analisi può provocare la destabilizzazione di società e la migrazione di popoli.

L'erosione

Il fenomeno erosivo, che nei livelli normali andrebbe visto come la naturale evoluzione del paesaggio, ha assunto aspetti parossistici, certamente legati alle attività antropiche, denominati con la dizione di erosione accelerata. È stato calcolato, sulla base di un'analisi pluriennale, che mediamente in un anno il nostro pianeta perde, in eccesso rispetto al suolo che riesce a formarsi a opera della pedogenesi, 23 miliardi di tonnellate di

suolo. Varie fenomenologie erosive accelerate concorrono alla degradazione dei suoli, dipendentemente dai diversi contesti locali:

- l'erosione idrica, a partire dalla stessa azione battente della goccia di pioggia (splash erosion), all'erosione per scorrimento laminare (sheet erosion), fino a quella per ruscellamento (rill erosion).

- l'erosione eolica, che secondo Riedl (1984) diviene un rischio consistente per le particelle di suolo di diametro inferiore a 1,0 mm quando queste vengano esposte a un vento con velocità superiore a 5 m/s.

- l'erosione organica, connessa all'eccessiva attività di piante o di animali (ad esempio, l'erosione causata dalle termiti).

- l'erosione antropica, nelle sue più svariate forme dirette e indirette, dall'erosione causata dalle strade (che creano veri e propri canali artificiali), a quella delle dighe (variando inevitabilmente l'equilibrio idrologico di un bacino), a quella dei pascoli, a quella generata dagli incendi (spesso indotti pensando esclusivamente alla fertilità del suolo e non alla sua conservazione fisica), e a quella causata dalle attività agricole (cambiamenti dell'uso del suolo e vegetazione naturale sostituita con l'impianto di colture che espongono il suolo nudo all'azione degli agenti erosivi).

Su più di un terzo del territorio del bacino del Mediterraneo le perdite annue di suolo superano le 15 tonnellate per ettaro (United Nations Environment Programme, 2000). Oltre alla perdita in sé, ne derivano in queste aree danni indiretti ai corsi d'acqua, dovuti alla contaminazione degli ecosistemi acquatici di fiumi e mari a opera di nutrienti e contaminanti presenti nel suolo eroso e altre conseguenze, quali danni alle riserve idriche e ai porti.

Le prospettive

Molto è già stato fatto ma ancor più dovrà essere fatto. Attraverso innovativi sistemi di monitoraggio che tengano conto della variabilità

La limitata copertura vegetazionale e i suoli facilmente erodibili giocano in questi contesti un ruolo decisivo nel predisporre i fenomeni di erosione accelerata.



Erosione antropica - Le capre in un corso d'acqua effimero in un ambiente di steppa, attratte dai piccoli cristalli di sale presenti nell'alveo fluviale, accelerano visibilmente la già ben attiva erosione di sponda; l'eccessivo calpestio si unisce inoltre alla loro attitudine a estirpare completamente le radici delle piccole piante presenti, incrementando così anche indirettamente l'asportazione del suolo.

dei suoli (solo in Europa sono stati identificati oltre 320 principali tipi di suolo che presentano differenze significative anche a livello locale in termini di proprietà chimiche e fisiche) si stanno cercando di identificare i più rappresentativi indicatori per descrivere l'impatto del degrado del suolo e le minacce individuate sullo sviluppo e l'uso sostenibile del suolo. I sistemi cartografici tematici e inventariali di nuova generazione (Gis) saranno centrali nell'attività di ricerca e gestione dei dati, tanto quanto l'utilizzo del telerilevamento satellitare sarà fondamentale nelle ricerche a grande scala.

Conservazione e recupero

L'atteggiamento ecologico delle moderne tecniche di ingegneria naturalistica, che prevedono l'utilizzo di piante vive o parti di esse (semi, radici, talee), da sole o in combinazione con materiali naturali inerti (legno, pietra-

me o terreno), materiali artificiali biodegradabili (biostuoie, geojuta) e non biodegradabili (reti zincate, geogriglie, geotessili), le ha rese in molti casi vincenti sia sotto il profilo funzionale (le piante svolgono un'elevata funzione antierosiva, riducono la forza battente delle piogge, con le radici trattengono le particelle di terreno impedendo un loro dilavamento e aumentano la resistenza al taglio dei terreni) sia sotto quello economico (i costi di realizzazione sono concorrenziali rispetto alle analoghe opere di ingegneria classica e i costi per il ripristino ambientale del cantiere sono ridotti). Forme di agricoltura sostenibile (semina diretta, pacciamatura, maggese, rotazioni, irrigazione a goccia ecc.) si auspicherebbero data l'incidenza di quest'attività, nella sua forma "tradizionale", sul danneggiamento qualitativo e quantitativo dei suoli. Il problema si inquadra però in un