

Giornata di studio:

I dissesti idrogeologici
e il degrado del sistema agrosilvopastorale

Firenze, 23 febbraio 2012

MARCELLO PAGLIAI*

Agricoltura e dissesto pedologico

INTRODUZIONE

Molto spesso e con gli strumenti che sono loro congeniali, i ricercatori della scienza del suolo hanno lamentato la non adeguata attenzione in quasi tutte le sfere della società civile, sociale, politica e amministrativa, verso la conoscenza e la protezione del suolo. Eppure la sua degradazione rappresenta ormai un'emergenza a livello planetario ed è evidente che rappresenta anche una minaccia per la produzione agricola nel lungo termine. In Italia, tale emergenza è tanto più pressante non solo a causa dell'alta variabilità dell'ambiente, ma anche per la presenza di molti tipi di suolo caratterizzati da vulnerabilità senza dubbio più alta rispetto a gli altri Paesi Europei. Proprio quella variabilità che ha contribuito a far guadagnare l'appellativo di "bel paese" all'Italia. Purtroppo negli ultimi decenni il nostro Paese ha subito, con frequenza impressionante e crescente, eventi catastrofici, con numerose alluvioni verificatesi dal Nord al Sud. La maggior parte, anzi la totalità, di questi disastri ambientali sono riconducibili alla mancanza di attenzione al suolo nella gestione degli ecosistemi agrari e forestali. La scomparsa della "coscienza sistematoria" in Italia ha molteplici cause, tra cui i cambiamenti nell'assetto fondiario e sociale delle campagne, ma anche nel tipo di gestione delle politiche agricole locali e assistenza tecnica e scientifica fornita agli agricoltori. Attualmente le maggiori preoccupazioni derivano dalla constatazione che i margini di reddito per gli agricoltori sono diventati molto spesso talmente esigui che nei fatti impediscono l'attuazione di opere di sistemazione idraulica-agraria.

* *Consiglio per la ricerca e la sperimentazione in agricoltura, Centro di ricerca per l'agrobiologia e la pedologia (CRA-ABP), Firenze*

Ma oltre ai disastri ambientali più eclatanti, l'intensificazione della pressione antropica nelle particolari condizioni climatiche mediterranee ha provocato una preoccupante degradazione dei suoli, rendendo tangibile, in molte aree del nostro paese, il rischio di desertificazione. Infatti sono cinque e tutte al Sud le Regioni italiane seriamente interessate al problema della desertificazione, cioè del progressivo inaridimento del terreno con conseguente perdita di fertilità, problema che è una priorità nazionale. Il 21,3% dei suoli del territorio nazionale è a rischio di desertificazione (Costantini et al., 2007) (41,1% nel Centro e Sud Italia). La degradazione del suolo avvenuta negli ultimi 40 anni ha provocato una diminuzione di circa il 30% della capacità di ritenzione idrica dei suoli agricoli, con un relativo accorciamento dei tempi di ritorno degli eventi meteorici in grado di provocare eventi calamitosi. La degradazione del suolo causa anche un deterioramento di altri eco-servizi come la qualità dei prodotti e del paesaggio.

I più importanti processi di degradazione del suolo in Italia sono legati all'erosione, al consumo di suolo (sealing), all'inaridimento e alla salinizzazione.

Nonostante l'aumentata coscienza verso la protezione dell'ambiente e verso lo sviluppo di un'agricoltura sostenibile, ancora rimane molto da fare per arginare la minaccia della degradazione ambientale e della desertificazione.

La degradazione del suolo rappresenta, quindi, attualmente una delle emergenze planetarie ed è altrettanto evidente che rappresenta una minaccia sia per la biomassa sia per la produzione economica non solo nell'immediato ma soprattutto per la produzione agricola nel lungo termine. Quindi, è assolutamente necessario tenere sotto controllo i processi degradativi del suolo.

I principali aspetti di degradazione del suolo in Europa possono essere così riassunti:

1. erosione, idrica ed eolica;
2. impoverimento di sostanza organica;
3. contaminazione e inquinamento;
4. consumo di suolo (impermeabilizzazione) in seguito a urbanizzazione e industrializzazione;
5. compattamento e altre forme di degradazione fisica;
6. perdita di produttività e di biodiversità;
7. salinizzazione (e sodicizzazione);
8. frane e smottamenti.

COSTI DELLA DEGRADAZIONE DEL SUOLO IN UE

Non ci sono studi accurati in Europa in cui vengono quantificati in termini

economici i danni prodotti dalla degradazione del suolo (Pagliai, 2008), tuttavia alcune stime indicano le seguenti cifre oltremodo preoccupanti:

- erosione: € 0.7 – 14.0 miliardi;
- impoverimento della sostanza organica: € 3.4 – 5.6 miliardi;
- compattamento: non sono possibili stime;
- salinizzazione: € 158 – 321 miliardi;
- frane: fino a € 1.2 miliardi per evento;
- contaminazione: € 2.4 – 17.3 miliardi;
- impermeabilizzazione: non sono possibili stime;
- perdita di biodiversità: non sono possibili stime.

È ampiamente noto che l'erosione rappresenta il principale aspetto della degradazione del suolo, del quale si comincia a quantificarne il danno anche in termini economici ed è altrettanto noto che la diminuzione della sostanza organica, responsabile della perdita di struttura del terreno, è il risultato dell'intensificazione dei processi produttivi degli ultimi decenni; meno noto, se non del tutto trascurato, è invece l'effetto della compattazione del suolo.

“SOIL THEMATIC STRATEGIES”

Che questi aspetti abbiano assunto contorni preoccupanti è dimostrato dalla recente attenzione della Commissione Europea verso i problemi della protezione del suolo, attraverso l'emanazione, nel 2002, delle Strategie tematiche per la protezione del suolo (“Soil Thematic Strategies”) le quali si propongono i seguenti obiettivi:

- prevenzione dell'erosione del suolo;
- prevenzione del compattamento del suolo;
- prevenzione della contaminazione del suolo;
- incrementare i livelli di sostanza organica nel suolo;
- proteggere la struttura del suolo mediante misure adeguate;
- ridurre le emissioni di gas serra.

NUOVA POLITICA AGRICOLA COMUNITARIA (PAC)

Gli obiettivi delle suddette strategie tematiche per la protezione del suolo sono stati recepiti dal settore agricolo, infatti il 26 giugno del 2003 il Consiglio dei Ministri dell'agricoltura dell'Unione Europea approvò una radicale riforma a carico della Politica Agricola Comune (PAC), destinata a rivoluzio-

nare le modalità di sostegno all'intero settore da parte dell'UE per i prossimi 10 anni. Tra le scelte che dovevano essere effettuate, l'applicazione della "condizionalità" rappresentava senz'altro uno dei segnali politici più importanti, in quanto il sostegno al settore agricolo avviene solo a condizione che questo si dimostri attento alle tematiche ambientali e all'esigenza di difendere il territorio. L'agricoltura tradizionale e intensiva sta, quindi, lasciando il posto a un'agricoltura multifunzionale il cui scopo primario non è più la quantità, ma, semmai, la qualità dei prodotti in un contesto non solo di protezione dell'ambiente ma di valorizzazione dell'ambiente stesso: "agricoltura che produce paesaggio".

La condizionalità rappresenta, infatti, una delle principali novità introdotte a seguito della riforma della PAC. Essa coinvolge tutti gli agricoltori che dal 1° gennaio 2005 intendono beneficiare dei finanziamenti messi a disposizione dell'Unione Europea attraverso la stessa PAC sono tenuti ad assicurare il rispetto di una serie di impegni di corretta gestione agronomica dei terreni, salvaguardia dell'ambiente, salute pubblica e degli animali, benessere animale. La non conformità a tali impegni comporta l'attivazione di un meccanismo di riduzione dell'insieme dei pagamenti diretti a cui ciascun agricoltore avrebbe diritto.

Gli impegni a cui ogni agricoltore deve fare riferimento sono suddivisi in due grandi categorie:

- criteri di gestione obbligatori (CGO), ovvero disposizioni di legge, "Atti", già in vigore e derivanti dall'applicazione nazionale di corrispondenti disposizioni comunitarie;
- buone Condizioni Agronomiche e Ambientali (BCAA), successivamente indicate con "Norme", stabilite a livello nazionale per garantire il raggiungimento di quattro obiettivi prioritari fissati dall'Unione Europea quali:
 1. proteggere il suolo mediante misure idonee;
 2. mantenere i livelli di sostanza organica mediante opportune pratiche;
 3. proteggere la struttura del suolo mediante misure adeguate;
 4. assicurare un livello minimo di mantenimento dell'ecosistema ed evitare il deterioramento degli habitat.

"FRAMEWORK DIRECTIVE FOR SOIL PROTECTION"

Dopo l'emanazione delle Strategie tematiche per la protezione del suolo, la Commissione Europea, a testimonianza della rinnovata attenzione per le problematiche della degradazione del suolo, il 22 Settembre 2006 ha pubblicato

una proposta per una Direttiva Quadro per la Protezione del Suolo (“Framework Directive for Soil Protection”).

In tale direttiva il suolo stesso viene definito una risorsa essenzialmente non rinnovabile e un sistema molto dinamico, che svolge numerose funzioni e fornisce servizi essenziali per le attività umane e la sopravvivenza degli ecosistemi.

Fra le motivazioni e gli obiettivi della proposta viene evidenziato che, dalle informazioni disponibili, negli ultimi decenni, si è registrato un aumento significativo dei processi di degrado dei suoli e ci sono elementi che confermano che, in assenza di interventi, tali processi continueranno ad aumentare. Anche se vari paesi dell’Unione Europea contemplano disposizioni di difesa del suolo, non si dispone, al momento, di una normativa comunitaria specifica in materia. La proposta di questa Direttiva quadro è finalizzata, pertanto, a colmare questa lacuna e a istituire una strategia comune per la protezione e l’utilizzo sostenibile del suolo, basata su una serie di principi quali:

- l’integrazione delle problematiche del suolo in altre politiche;
- la conservazione delle funzioni del suolo nell’ambito di un suo utilizzo sostenibile;
- la prevenzione delle minacce che incombono sul suolo e la mitigazione dei loro effetti;
- il ripristino dei suoli degradati a un livello di funzionalità tale da essere almeno compatibile con l’utilizzo attuale e l’utilizzo futuro approvato di questa risorsa.

A tal fine vengono definiti obiettivi e programmi di misure per:

- la lotta all’erosione, alla diminuzione di sostanza organica, alla compattazione e agli smottamenti;
- la contaminazione del suolo;
- per la sensibilizzazione, comunicazione e scambio di informazioni.

FUNZIONI DEL SUOLO

Il ruolo di una corretta gestione del territorio in un ambiente sostenibile è quello di consentire la multifunzionalità per il benessere dell’umanità. In questo contesto, le funzioni del suolo sia per l’ambiente sia per l’uomo rivestono particolare importanza. Secondo Blum (1998; 2000) il suolo esplica differenti funzioni sia ecologiche che per lo sviluppo sociale ed economico del genere umano.

Le prime possono essere così distinte:

- produzione di biomassa, in particolare nei settori dell'agricoltura e della selvicoltura;
- stoccaggio, filtrazione e trasformazione di nutrienti, sostanze e acqua;
- stoccaggio di carbonio;
- riserva di biodiversità, ad esempio habitat, specie e geni.

Le funzioni socio-economiche possono essere così riassunte:

- ambiente fisico e culturale per le persone e le attività umane;
- fonte di materie prime;
- sede del patrimonio geologico e archeologico.

DEFINIZIONE DI QUALITÀ DEL SUOLO

La qualità del suolo può essere definita, in estrema sintesi, come la capacità di un determinato tipo di suolo a svolgere una desiderata funzione.

Un suolo non è di per sé buono o cattivo, ma un suolo è più o meno adatto a un uso prestabilito e più o meno vulnerabile a certi interventi.

EROSIONE IDRICA

L'erosione del suolo supera di 30 volte il tasso di sostenibilità (erosione tollerabile) (Pimentel et al., 1993). Ci sono pochissimi studi a livello Europeo sulla stima del danno economico causato dall'erosione del suolo. La perdita di suolo degrada, quindi, le terre coltivate fino al limite di renderle improduttive. È stato stimato che nel mondo circa 12 milioni di ettari di terre coltivate sono distrutte e abbandonate ogni anno a causa di pratiche agricole non sostenibili (Lal and Stewart, 1990). In molte regioni questa perdita di terre coltivate è la principale causa della scarsità di cibo e malnutrizione. Oltre a determinare la riduzione della produzione alimentare, l'erosione del suolo crea seri problemi ambientali ed economici. L'uso massiccio di quantità di fertilizzanti, pesticidi, ecc., a causa dell'erosione crea seri problemi di inquinamento con ripercussioni negative sulla salute umana e sugli ambienti naturali e contribuisce a quell'aumento di consumo di energia che rende i sistemi produttivi non sostenibili.

In termini pedologici le varie forme di erosione del suolo possono riassumersi nel modo seguente:

- ruscellamento superficiale o erosione laminare “sheet erosion”;

- ruscellamento concentrato o erosione per rigagnoli “rill erosion”;
- burronamento o erosione a fossi “gully erosion”;
- movimenti di massa “mass movements”;
 - frane “landslides”;
 - colate di fango “mudflows”.

Le prime due forme sono essenzialmente legate alle lavorazioni del terreno e alle pratiche agricole che, ovviamente, se si pratica una qualsiasi attività agricola è impossibile annullare questi fenomeni ma si tratta di contenerli entro limiti accettabili, cioè entro i limiti dell'erosione tollerabile, limiti che naturalmente variano in funzione del tipo di suolo e dell'ambiente in genere. Da qui la necessità di praticare un'agricoltura sostenibile, cioè capace di prevenire, fra l'altro, la degradazione del suolo. Purtroppo, molte volte, a causa di pratiche agricole intensive i problemi di degradazione si accentuano e si supera quel limite dell'erosione tollerabile e, in alcuni casi, si arriva a forme di erosione “catastrofiche” quali il burronamento o, addirittura, i movimenti di massa, come vedremo in seguito.

CAMBIAMENTI CLIMATICI

È evidente che anche i cambiamenti climatici possono accentuare o accelerare i processi degradativi. Al di là della varie opinioni e ipotesi sulla natura di tali cambiamenti, sulle quali abbiamo assistito recentemente a un riaccendersi del dibattito attraverso i mass media, un fatto è certo: alcuni di questi cambiamenti sono tangibili e i loro effetti sul suolo sono talvolta eclatanti come, ad esempio, l'aumento documentato della frequenza con cui si verificano eventi piovosi di forte intensità concentrati in un breve periodo con conseguente aumento dei rischi erosivi. Si è verificato cioè un aumento dell'aggressività delle piogge nei confronti della superficie del terreno. Un altro esempio può essere rappresentato dall'aumento della frequenza dei periodi di siccità e della loro lunghezza; aspetto questo che comincia a creare problemi alle nostre foreste (Pagliai, 2009a).

CONSUMO DI SUOLO, IMPERMEABILIZZAZIONE DEL SUOLO (SOIL SEALING)

Il non corretto uso del suolo non è solo legato alle attività agricole ma anche e soprattutto alle attività extra agricole. Al di là delle situazioni eclatanti di palese deturpazione del paesaggio o di opere realizzate senza la minima valu-

tazione di impatto o di rispetto di una pianificazione territoriale è evidente che stiamo assistendo a un preoccupante “consumo di suolo” cioè a una sua impermeabilizzazione (sealing). Ad esempio le aree della superficie del suolo coperte con un materiale impermeabile, sono intorno al 9% dell’area totale in EU e dati, sempre dell’UE, stimano che durante il periodo 1990-2000 le aree impermeabilizzate in EU sono aumentate del 6%. La stessa situazione, se non accentuata, si ripete in Italia dove, senza ombra di dubbio, tale consumo di suolo rientra nelle cause principali di catastrofi e alluvioni. È intuitivo che, in occasione di eventi piovosi eccezionali, in conseguenza, come sopra accennato, dei cambiamenti climatici, la massa d’acqua che trova un ambiente impermeabilizzato non ha la possibilità di drenare e quindi si gonfia formando masse idriche, arricchite dai sedimenti asportati per erosione del suolo, sempre più consistenti che nel loro moto turbolento e impetuoso causano i disastri a cui troppo spesso assistiamo. Si impone, quindi, una pianificazione dell’uso del territorio che, partendo dalla completa conoscenza dei tipi di suolo, tenga conto degli impatti che determinati usi del suolo stesso possono causare sull’ambiente, con particolare attenzione proprio ai processi idrologici e ai rapporti acqua-suolo. Sono numerosi gli esempi in cui la realizzazione di particolari infrastrutture ha sconvolto gli equilibri idrologici di un territorio.

SISTEMAZIONI IDRAULICO-AGRARIE

Il paesaggio agricolo mediterraneo è ancora oggi caratterizzato da versanti modellati dall’uomo mediante una serie di interventi sistematori aventi quale principale finalità la riduzione della lunghezza del versante o la modificazione delle pendenze.

Con la modernizzazione dell’agricoltura si è persa la “coscienza sistematoria”, che collegava la difesa del suolo dal campo ai bacini idrografici, ed è proprio qui una delle chiavi di volta che spiegano l’intensificarsi negli ultimi decenni di eventi catastrofici. Attualmente i margini di reddito per gli agricoltori sono diventati molto spesso talmente esigui che nei fatti impediscono l’attuazione di opere di sistemazione idraulica-agraria. È chiaro che l’agricoltura, nonostante gli incentivi della Nuova PAC finalizzati alla salvaguardia dell’ambiente, da sola e nelle aree più fragili, non può prevenire le catastrofi ambientali. È, quindi, assolutamente necessario operare una pianificazione del territorio che parta dalla conoscenza del suolo, dalla conoscenza dei processi che in esso avvengono e che, soprattutto, sia finalizzata alla prevenzione della degradazione ambientale. Occorre una presa di coscienza che per qual-

siasi intervento sul suolo i risultati si vedono nel lungo termine e, proprio per questo, si impone un drastico cambiamento nella cultura della protezione dell'ambiente. È fondamentale, perciò, disporre di banche dati aggiornate dei vari tipi di suolo al fine di pianificarne una corretta gestione e un utilizzo secondo la specifica vocazione. Per questo è assolutamente necessario educare l'opinione pubblica alle problematiche della conservazione del suolo e persuadere gli agricoltori ad adottare pratiche agricole sostenibili.

Negli ultimi decenni, infatti, nel nostro Paese assistiamo con impressionante frequenza a disastri ambientali di notevole entità. È doveroso sottolineare che nella quasi totalità delle recenti catastrofi, da quelle avvenute in Toscana nel 2011, nel Messinese nel 2009, alla tragedia di Sarno nel 1998, ecc., le frane hanno interessato la copertura pedologica, cioè il suolo, e non la roccia sottostante. È importante rimarcare questa realtà in quanto si è letto anche su stampa autorevole che uno strumento utile per la prevenzione del rischio idrologico sarebbe costituito dal completamento della carta geologica a scala 1: 50.000. La carta geologica, pur strumento certamente indispensabile nella programmazione territoriale, non informa però sulla natura e spessore delle coperture pedologiche, che in questo caso sono stati gli elementi determinanti. È quindi la carta pedologica, assieme a quella geomorfologica, lo strumento più opportuno per la valutazione del rischio di frane in queste aree.

I suoli del messinese, come del resto quelli di Sarno, derivano da una profonda alterazione delle rocce metamorfiche che ha conferito ai suoli proprietà idrologiche specifiche, caratterizzate da una elevatissima capacità di trattenuata idrica. L'accumulo di acqua risulta aumentare notevolmente il peso della copertura pedologica che tende quindi a scivolare a valle. Proprio per questo nei versanti interessati dalle frane erano presenti terrazzamenti agricoli, che dovevano servire a regimare le acque. I terrazzamenti, ormai abbandonati, non sono più in grado di svolgere il loro ruolo regimante, anzi, risultano aggravare il rischio, in quanto aumentano lo spessore della copertura e, dove dissestati, contribuiscono al concentramento dei deflussi. Allo stato di abbandono dei terrazzamenti agricoli si aggiunge la degradazione dei terreni forestali e dei pascoli, per i continui incendi che hanno interessato queste aree negli ultimi anni, provocando la mancanza di una difesa dall'azione erosiva degli eventi meteorici, peraltro ogni anno sempre più aggressivi, a seguito del cambiamento climatico in corso.

Queste catastrofi evidenziano ancora una volta la gravità dei problemi nel nostro Paese; problemi che, fra l'altro, si ribadisce, non si risolvono in tempi brevi e proprio per questo impongono un drastico cambiamento nella cultura della protezione dell'ambiente. Una corretta gestione del territorio si attua



Fig. 1 *Erosione catastrofica in un terreno interessato da livellamenti e scasso per la piantagione di un uliveto*

solo attraverso la completa conoscenza delle sue componenti. Una corretta pianificazione forestale e agricola si attua solo se si conoscono i tipi di suoli e la loro vocazionalità; se si conosce e ci si prepara ad affrontare l'impatto dei cambiamenti climatici che, come già detto, si discute e si teorizza molto su tali cambiamenti ma si sottovaluta gli effetti attuali quali, ad esempio, l'aumento dell'aggressività delle piogge.

Si ribadisce ancora che i disastri su ricordati sono essenzialmente da imputare a un non corretto uso del suolo e che un'efficace protezione dell'ambiente e delle risorse naturali si attua solo attraverso una corretta gestione del suolo

LIVELLAMENTI E SCASSI (MOVIMENTI DI MASSA)

Aspetti molto dannosi di degradazione del suolo specialmente in ambiente collinare sono rappresentati dall'erosione in seguito ai livellamenti e agli scassi. Il livellamento viene generalmente effettuato in terreni ondulati per migliorare l'efficienza dell'uso delle macchine e dell'irrigazione. I buldozer sono anche usati per rimuovere la vegetazione di vecchie piantagioni al fine di preparare il terreno per i nuovi impianti. Nei bacini Mediterranei i livella-

menti e sbancamenti sono veramente frequenti per ottenere pendici uniformi più facili da coltivare. Inoltre, queste operazioni sono effettuate nel periodo estivo o autunnale, cioè nel periodo in cui sono frequenti i violenti temporali con altissima erosività. Dopo i livellamenti, le pendici preparate per i nuovi impianti, in particolari vigneti, sono caratterizzate dalle presenza di grandi quantità di materiale incoerente accumulato durante le operazioni di rimodellamento. In queste condizioni di alta vulnerabilità, è sufficiente un solo evento di intensa piovosità per causare la perdita di oltre 500 tonnellate/ha/anno (Bazzoffi e Chisci, 1999; Bazzoffi, 2007), che si configurano come veri e propri movimenti di massa (fig. 1). Inoltre, i livellamenti e le successive ingenti perdite di suolo causano drastiche modificazioni del paesaggio.

LE PRATICHE AGRICOLE

Al di là dei suddetti aspetti paradossali di degradazione del suolo è da rilevare che anche le tradizionali lavorazioni del terreno possono causare, nel lungo termine, un deterioramento della risorsa suolo. Infatti, la necessità di ridurre l'impatto ambientale delle attività agricole e il controllo della degradazione strutturale del suolo rappresentano i principali obiettivi delle pratiche agricole e per questo hanno indotto gli agricoltori a considerare la possibilità di adottare pratiche "più semplificate" in alternativa ai tradizionali metodi di lavorazione del suolo. L'abbandono delle tradizionali rotazioni colturali e l'adozione delle monocolture intensive, senza la somministrazione al terreno del letame, hanno causato la forte diminuzione del contenuto di sostanza organica nel suolo con evidenti segni di degradazione a aumento dei fenomeni erosivi, con trasporto di particelle solide e nutrienti che vanno a inquinare le acque superficiali.

Esperimenti a lungo termine in differenti tipi di suoli, rappresentativi dei più tipici ambienti pedologici italiani, hanno dimostrato che i sistemi di lavorazione del terreno alternativi alle tradizionali arature profonde, quali la lavorazione minima, la discissura, l'adozione della pratica dell'inerbimento nella gestione dei vigneti e delle colture arboree, ecc., migliorano il sistema dei pori aumentando i pori della riserva idrica e i pori di trasmissione, cioè quei pori allungati e continui che consentono i movimenti dell'acqua e la crescita delle radici (Pagliai et al., 1998; 2004). La risultante struttura del suolo appare più aperta e più omogenea lungo il profilo, permettendo così una migliore circolazione dell'acqua, come confermato dai più alti valori di conducibilità idraulica misurata nei suoli interessati da lavorazione minima

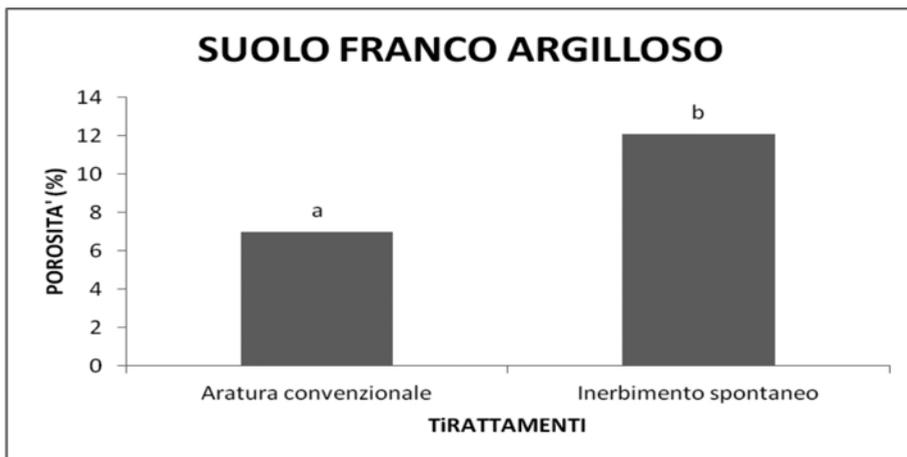


Fig. 2 Effetto di differenti sistemi di gestione del terreno sulla porosità espressa come percentuale dell'area occupata dai pori maggiori di 50 micron per sezioni sottili. I valori differiscono significativamente quando sono seguiti da lettere diverse al livello di $P < 0.05$ impiegando il Test di Duncan

o inerbimento. Le continue lavorazioni profonde causano, inoltre, la diminuzione del contenuto di sostanza organica al quale è sempre associata la diminuzione della stabilità degli aggregati, la cui conseguenza è la formazione di croste superficiali con aumento del ruscellamento e quindi dei rischi erosivi (Vignozzi e Pagliai, 1996).

A titolo di esempio la figura 2 illustra come la porosità, formata dai pori maggiori di 50 micron e misurata mediante analisi di immagine su sezioni sottili di suolo (Pagliai, 1983) nell'interfilare di un suolo franco argilloso investito a vigneto e dove venivano confrontate la lavorazione convenzionale (aratura a 30 cm) e l'inerbimento spontaneo, era significativamente più alta nel suolo inerbito. Questo significa che la porosità, indotta dalle lavorazioni effettuate a fine inverno, non era stabile e quindi la struttura del terreno subiva un collassamento, tanto che nel campionamento di fine estate risultava inferiore rispetto al suolo inerbito. La figura 3 evidenzia come la diminuzione di porosità nel suolo lavorato rispetto all'inerbimento era dovuta proprio alla minore proporzione dei pori allungati di trasmissione compresi fra 50 e 500 micron i quali determinano le buone condizioni strutturali. La figura 4 mostra proprio come la struttura sia più omogenea nel suolo inerbito rispetto al lavorato dove si evidenziano fenomeni di compattamento e, soprattutto, assenza di continuità dei pori in senso verticale. Ciò comporta anche una significativa diminuzione della conducibilità idraulica come indica la figura 5.

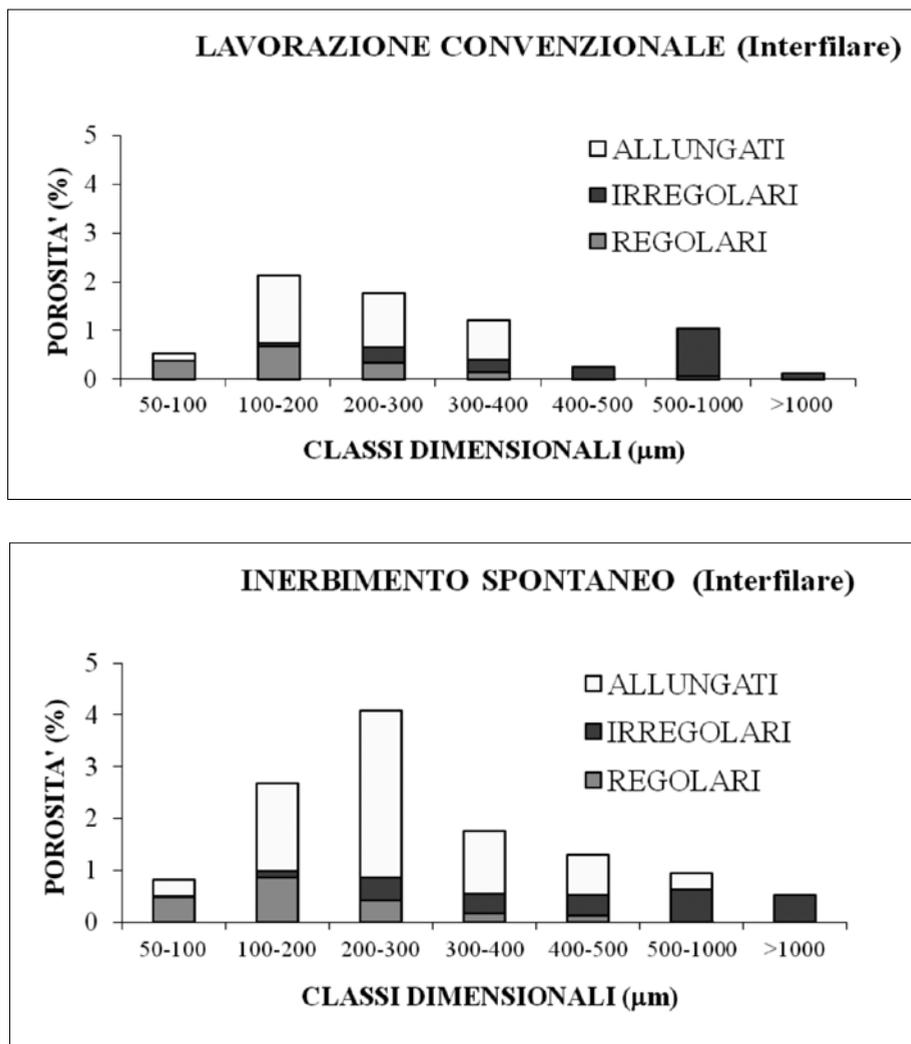


Fig. 3 Distribuzione dimensionale dei pori maggiori di 50 micron nello strato superficiale (0-10 cm) dell'interfilare di un suolo franco argilloso investito a vigneto e interessato da lavorazione convenzionale (aratura a 30 cm) e inerbimento spontaneo

Che le lavorazioni continue causano una degradazione del suolo è testimoniato anche dall'esempio che qui si riporta. Nel gennaio 2010, i mass media della Toscana riportarono e discussero la notizia che negli ultimi anni in Maremma non era stata possibile la semina del grano a causa delle abbondanti piogge nel mese di novembre. Il relativo servizio televisivo ha indugiato nel mostrare la campagna maremmana con i campi praticamente allagati.

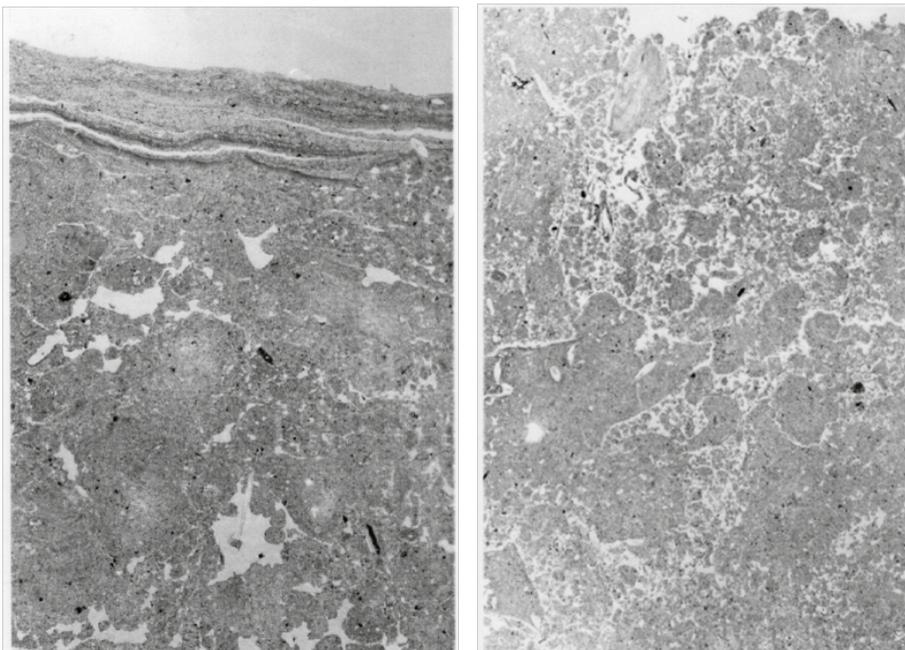


Fig. 4 *Macrofotografie di sezioni sottili verticalmente orientate, preparate da campioni indisturbati di suolo prelevati nello strato superficiale (0-5 cm) di terreno a tessitura franco-argillosa interessato da lavorazione convenzionale (sinistra) e da inerbimento spontaneo (destra). Una struttura poliedrica sub-angolare è presente nel suolo inerbito, mentre una struttura più compatta è presente nel suolo lavorato, dove in superficie è evidente una struttura lamellare dovuta alla formazione di una crosta superficiale. I pori appaiono bianchi. Il lato minore misura 3 cm nella realtà*

Sicuramente questo è un fatto contingente dovuto all'andamento climatico, ma sicuramente dipende anche dalla degradazione del suolo, sotto forma di compattamento, dovuta alla continua intensificazione dei processi colturali. Il compattamento del suolo, infatti, non è solo causato dal traffico delle macchine agricole, ma anche dall'azione degli organi lavoranti per le lavorazioni del terreno, come lo strato compatto (suola d'aratura) che si forma al limite inferiore della lavorazione nei terreni interessati da continue arature tradizionali (fig. 6). In Italia questo tipo di compattamento è fortemente sottovalutato, anche se tale strato compatto è largamente diffuso nelle pianure alluvionali coltivate con monocolture ed è responsabile, appunto, delle frequenti sommersioni che si verificano in occasione di piogge intense concentrate in un breve periodo, perché la presenza di detta suola d'aratura interrompe la continuità dei pori, come evidenziato appunto nella figura 6 e, quindi, riduce drasticamente il drenaggio. L'adozione di sistemi di lavorazione del terreno,

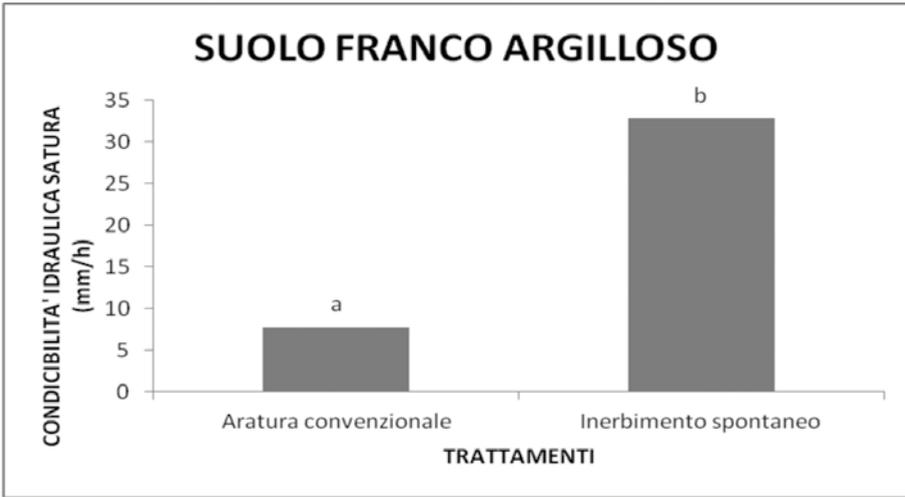


Fig. 5 Effetto di differenti sistemi di gestione del terreno sulla conducibilità idraulica satura. I valori differiscono significativamente quando sono seguiti da lettere diverse al livello di $P < 0.05$ impiegando il Test di Duncan. Da sottolineare che l'andamento della conducibilità idraulica satura è correlato positivamente con la quantità di pori allungati di trasmissione riportata nella figura 3 e al loro orientamento come evidenziato nella figura 4

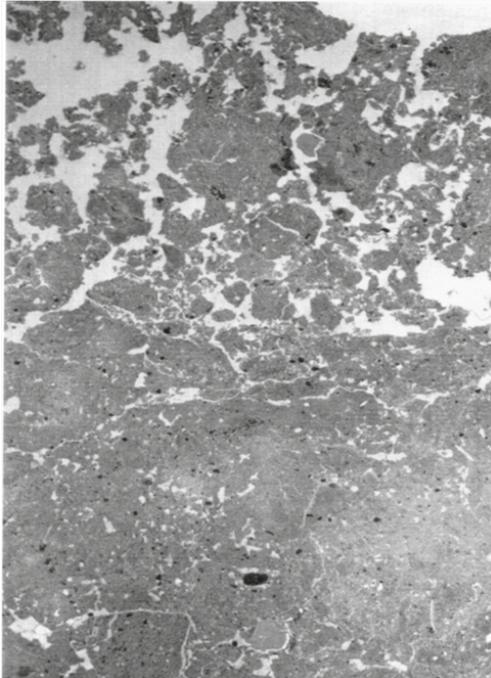


Fig. 6 Macrofotografia di una sezione sottile verticalmente orientata preparata da un campione di suolo prelevato nello strato 40-50 cm, cioè al limite inferiore della lavorazione di un terreno franco argilloso sottoposto ad aratura convenzionale continua. Le parti chiare rappresentano i pori; è evidente la loro discontinuità in senso verticale. Il lato minore misura 3 cm nella realtà

alternativi alle tradizionali arature, quali la discissura sono capaci di ridurre la formazione di questo strato compatto.

Come già sottolineato, il compattamento del suolo, che rappresenta uno dei più importanti fattori responsabili della degradazione ambientale, non si manifesta solo al limite inferiore della coltivazione ma anche alla superficie ed è dovuto essenzialmente al traffico delle macchine agricole, ma anche forze naturali come l'impatto della pioggia. È da sottolineare che negli ultimi decenni, oltre all'uso in agricoltura di macchine agricole sempre più potenti e pesanti, si assiste anche, come già detto, all'incremento dell'aggressività delle piogge dovuta ai cambiamenti climatici. Per questo il compattamento sta diventando uno dei più pericolosi aspetti di degradazione del suolo che, si ribadisce, è sempre dovuta a un non corretto uso del suolo. L'erosione può essere, in molti casi, accentuata dal compattamento del suolo, dalla formazione di croste superficiali e dalle perdita di stabilità strutturale del suolo stesso. Per esempio, il compattamento del suolo è ritenuto il fattore determinante la degradazione di un'area di 33 milioni di ha in Europa (Soane e Ouwkerk, 1995). Circa il 32% dei suoli in Europa sono altamente vulnerabili al compattamento e un altro 18% è moderatamente vulnerabile al compattamento (Fraters, 1996). A causa dell'uso in agricoltura di macchine sempre più potenti e pesanti, il compattamento del suolo è destinato ad aumentare. Giusto per ribadire la necessità di quantificare in termini economici i costi della degradazione del suolo in Europa, che, come detto, non sono affatto noti, si riporta, a titolo di esempio, i risultati di una "Concerted Action on subsoil compaction" nell'ambito di un Progetto UE (Van den Akker et al., 1999), i quali hanno evidenziato che l'uso continuato di una raccogliatrice di barbabietole di 38 tonnellate causa una diminuzione di produzione di 0,5% per anno. Considerando che tali macchine sono usate in almeno 500.000 ha nell'UE la perdita annuale di prodotto ammonta 100.000 kEURO. Il trend della moderna ingegneria agraria fa supporre che l'uso di queste macchine aumenti ancora.

Per quanto riguarda il traffico si evidenzia che i problemi legati alla messa a punto di tipi di pneumatici, pressioni di gonfiaggio, ecc., capaci di ridurre l'effetto compattante sono tutt'altro che risolti. Appare fondamentale quindi valutare l'impatto del traffico sulla struttura del suolo e le misure di porosità possono aiutare a quantificare i processi di degradazione indotti dal compattamento. I risultati di diversi studi hanno evidenziato che il compattamento, sia in suoli agricoli che forestali, non solo riduce drasticamente la porosità ma modifica anche l'arrangiamento del sistema dei pori. Infatti, la proporzione dei pori allungati di trasmissione, utili per i

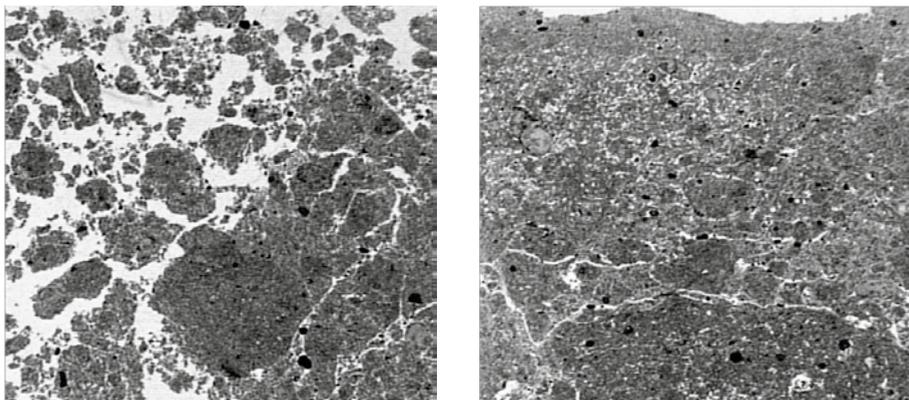


Fig. 7 Macrofotografie di sezioni sottili verticalmente orientate, preparate da campioni indisturbati di suolo prelevati nello strato superficiale (0-5 cm) di terreno a tessitura franco-argillosa non compattato (sinistra) e compattato dal passaggio di macchine agricole (destra). I pori appaiono bianchi. Il lato minore misura 3 cm nella realtà



Fig. 8 Esempio di erosione del suolo insorta in seguito al compattamento causato dal traffico delle macchine agricole

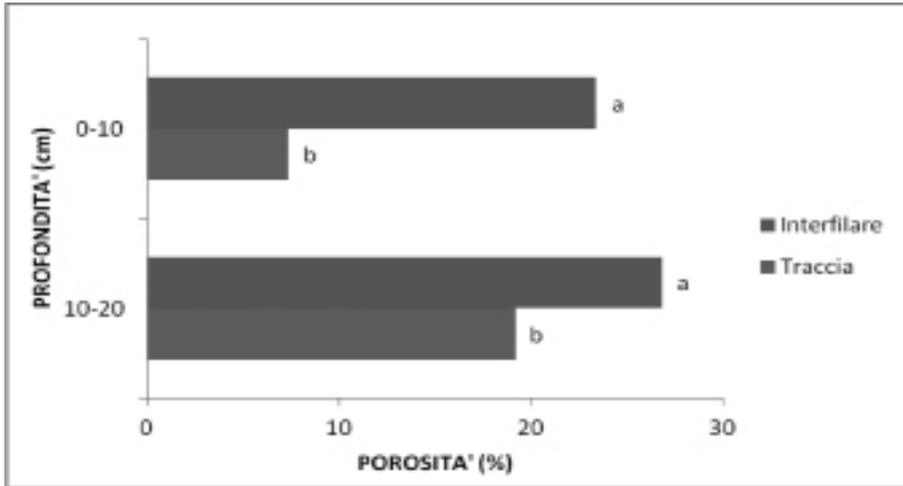


Fig. 9 *Effetto del compattamento, causato dal passaggio di un trattore, sulla porosità di un suolo franco argilloso espressa come percentuale dell'area occupata dai pori maggiori di 50 micron per sezione sottile*

movimenti dell'acqua e la crescita delle radici, subisce una drastica riduzione nei suoli compattati. Le modificazioni del sistema dei pori si riflettono anche sul tipo di struttura: la struttura lamellare è un indice comune nei suoli degradati dal compattamento (fig. 7). I risultati indicano ancora che la riduzione di porosità e in particolare dei pori allungati di trasmissione in seguito al compattamento è strettamente correlata con l'aumento della resistenza alla penetrazione e con la riduzione della conducibilità idraulica e della crescita delle radici (Pagliai et al., 2000). La diminuzione della porosità e della conseguente riduzione dell'infiltrazione dell'acqua portano a un aumento del ruscellamento superficiale che può causare forti fenomeni erosivi lungo le tracce provocate dal passaggio delle macchine agricole (Pagliai, 2009b), come illustrato nella figura 8. La rigenerazione strutturale dopo il compattamento dipende non solo dal tipo di suolo ma anche dal grado del danno provocato.

Nella figura 9 viene quantificato, a titolo di esempio, il danno prodotto in termini di porosità nelle aree interessate dal passaggio di macchine agricole in un suolo franco argilloso investito a vigneto. Nelle aree compattate la porosità, rappresentata dai pori maggiori di 50 μm di diametro equivalente misurati mediante analisi di immagine su sezioni sottili preparate da campioni indisturbati (Murphy, 1986), scende sotto il valore del 10% indicato come limite per definire un suolo degradato (Pagliai,

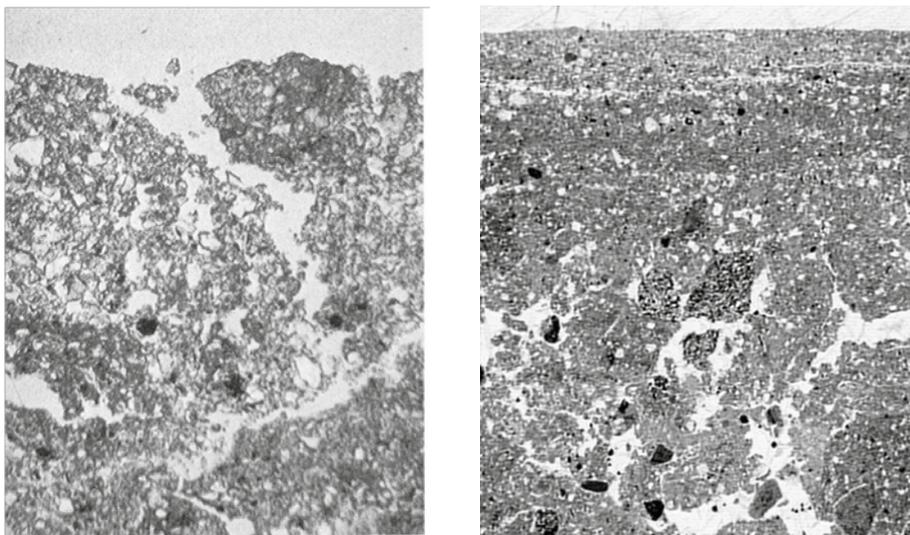


Fig. 10 Sezioni sottili verticalmente orientate dello strato superficiale illustranti la struttura del suolo prima (sinistra) e dopo (destra) un evento piovoso. Il lato minore misura 3 mm nella realtà

1988). Tale diminuzione non si limita solo allo strato superficiale ma interessa anche gli strati sottostanti. Il compattamento, sia in suoli agricoli che forestali, non solo riduce drasticamente la porosità (come riportato nella figura 9) ma modifica anche l'arrangiamento del sistema dei pori. In fatti, la proporzione dei pori allungati di trasmissione, utili per i movimenti dell'acqua e la crescita delle radici (Pagliai et al., 2003), subisce una drastica riduzione nei suoli compattati.

Un altro aspetto del compattamento del suolo è rappresentato, come detto sopra, dalla formazione di croste superficiali, le quali rappresentano anch'esse un pericoloso aspetto di degradazione del suolo e si formano in seguito all'azione battente delle piogge le quali causano la distruzione meccanica degli aggregati, i quali, in seguito alla diminuzione del contenuto di sostanza organica perdono, come conseguenza, la loro stabilità. Le particelle disperse possono essere traslocate dallo scorrimento superficiale delle acque e nel successivo processo di essiccamento la loro deposizione causa la formazione di uno strato compatto (fig. 10). Questo strato contiene pochi pori e, generalmente, i sottili strati di particelle solide sono intercalati da pori allungati orientati parallelamente alla superficie del terreno, non continui in senso verticale e quindi nulli ai fini dell'infiltrazione dell'acqua. Altri tipi di pori rappresentati

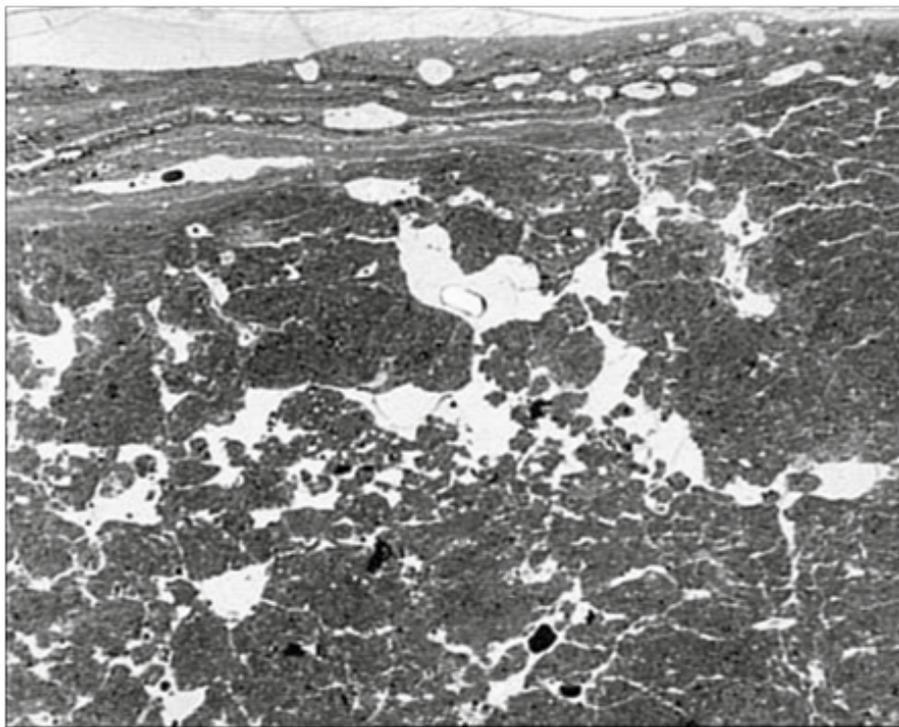


Fig. 11 *Macrofotografia di una sezione sottile verticalmente orientata preparata da un campione indisturbato prelevato alla superficie di un terreno franco argilloso interessato da continue lavorazioni convenzionali. Il lato inferiore misura 5 cm nella realtà. È evidente la formazione di una crosta superficiale formata da strati compatti di terreno intercalati da pori sferici isolati nella matrice del terreno e da sottili pori allungati orientati parallelamente alla superficie e non continui in senso verticale tanto da impedire l'infiltrazione dell'acqua, originando così o il ruscellamento superficiale o il ristagno idrico a seconda della giacitura del terreno*

in questo strato sono i pori sferici (vescicole) formati da bolle d'aria rimasta intrappolata durante il processo di essiccamento (fig. 11). La presenza di tali pori, che formano una struttura vescicolare, rappresenta un indicatore di una struttura instabile e transitoria indotta da una bassa stabilità degli aggregati. La presenza di croste superficiali riduce drasticamente l'emergenza del seme, gli scambi gassosi suolo atmosfera e soprattutto l'infiltrazione dell'acqua con conseguente aumento del ruscellamento superficiale. I risultati di prove sperimentali hanno evidenziato che la somministrazione al terreno di materiali organici e la riduzione delle arature convenzionali possono contribuire a ridurre la formazione di croste superficiali (Pagliai e Vignozzi, 1998). Nei terreni intensamente coltivati gli aggregati superficiali sono meno resistenti

all'azione battente delle piogge.

Il deterioramento delle proprietà fisiche determina una forte ripercussione negativa sulle proprietà biologiche, provocando innanzi tutto una perdita di funzionalità delle comunità microbiche del suolo e, più in generale, perdita di biodiversità (Fabiani et al., 2009) e di conseguenza di fertilità biologica, provocando quell'inaridimento del suolo tipico delle situazioni degradate.

Proprio nell'ottica delle suddette strategie tematiche Europee per la protezione del suolo, nelle nuove Politiche Agricole Comunitarie sono state introdotte norme completamente rivoluzionarie rispetto al passato ove ampio spazio viene dato alla protezione dell'ambiente. Fra queste nuove norme la ben nota e sopra ricordata "condizionalità" rappresenta una delle principali novità introdotte con lo scopo di assicurare, fra l'altro, il rispetto di una serie di impegni di corretta gestione agronomica dei terreni. Norme quanto mai essenziali se si vuole veramente attuare un'agricoltura sostenibile capace di salvaguardare le risorse naturali, quali il suolo, a beneficio delle future generazioni.

PREVENZIONE DELLA DEGRADAZIONE DEL SUOLO

- La difesa del territorio si attua a partire da una corretta gestione del suolo la quale deve avvenire attraverso una pianificazione che tenga conto in primo luogo delle attitudini dei suoli non solo per le attività agricole e forestali ma anche e soprattutto per quelle extra-agricole. È necessaria quindi la conoscenza del suolo e disporre di banche dati georeferenziate di opportuno dettaglio.
- Adottare pratiche agricole più compatibili con la protezione del suolo.
- Adottare lavorazioni del terreno "più semplificate" rispetto all'aratura profonda tradizionale
- Evitare gli sbancamenti e i livellamenti.
- Ripristinare un adeguato contenuto di sostanza organica nei suoli.
- Utilizzazione di biomasse di rifiuto e scarto.
- Reintroduzione delle tradizionali rotazioni al posto della monocoltura intensiva.

CONCLUSIONI

È fondamentale quindi la completa conoscenza della risorsa suolo, così come

è fondamentale disporre di banche dati aggiornate dei vari tipi di suolo al fine di pianificarne una corretta gestione e un utilizzo secondo la specifica vocazione.

Un'efficace protezione dell'ambiente, delle risorse naturali e un'ottimizzazione delle risorse idriche si attuano solo attraverso una corretta gestione del suolo.

Per questo è assolutamente necessario educare l'opinione pubblica alle problematiche della conservazione del suolo e persuadere gli agricoltori ad adottare quelle pratiche agricole idonee a prevenire la degradazione del suolo.

Il compito dei ricercatori è di dare un contributo in questo senso attraverso la discussione e la divulgazione delle loro esperienze. Si precisa che il corretto uso del suolo, cioè la necessaria armonizzazione dell'uso delle funzioni del suolo stesso non è una questione scientifica, ma politica: ciò significa che tutta la popolazione che vive in una determinata area o spazio deve decidere quali funzioni del suolo devono essere usate in quello spazio in un tempo definito. I ricercatori hanno solo il compito di sviluppare scenari e prevedere quali cause e impatti possono accadere quando differenti opzioni sono attuate. Questi scenari possono essere condensati in indicatori, i quali possono aiutare sia i decisori politico-amministrativi sia i popoli viventi in una determinata area a scegliere la giusta opzione. Gli approcci dell'Agenzia Europea per l'Ambiente quali DSR e DPSIR (EEA, 1999) sembrano essere strumenti capaci di alleviare i problemi del suolo e della sua gestione e di creare condizioni ambientali migliori per il futuro.

Queste esperienze possono fornire utili contributi anche per lo sviluppo dei nuovi Regolamenti della Politica Agricola Comunitaria (PAC).

RIASSUNTO

La degradazione del suolo rappresenta attualmente una delle emergenze planetarie ed è altrettanto evidente che rappresenta una minaccia sia per la biomassa sia per la produzione economica non solo nell'immediato ma soprattutto per la produzione agricola nel lungo termine, nonché per la gestione delle risorse idriche. Quindi, è assolutamente necessario tenere sotto controllo i processi degradativi del suolo.

La vulnerabilità dei suoli Europei ai processi di degradazione è sicuramente alta e purtroppo aumenta considerevolmente nei suoli Italiani a causa della maggiore variabilità ambientale.

Vengono riportati e discussi alcuni dati significativi e preoccupanti che devono far riflettere circa la situazione dei suoli e quindi dell'ambiente, alla luce anche dell'impressionante frequenza con cui si ripetono eventi catastrofici nel nostro Paese, le cui cause principali sono da attribuire a fattori antropici e, in modo particolare, al non corretto uso del suolo.

Vengono, quindi, trattati i maggiori aspetti della degradazione ambientale che sono

riconducibili al suolo (erosione, compattamento, formazione di croste superficiali, perdita di struttura, perdita di sostanza organica, salinizzazione, ecc.) e che sono in gran parte imputabili alle attività antropiche.

È evidente che anche i cambiamenti climatici possono accentuare o accelerare i processi degradativi e quindi determinare la perdita di ritenzione idrica del suolo. Altro fattore che incide fortemente sulla degradazione ambientale è rappresentato da quello che i pedologi chiamano “consumo di suolo”, cioè dall'impermeabilizzazione di superfici di terreno in seguito ad attività extra-agricole.

La prevenzione della degradazione del suolo è essenziale sia per la conservazione e l'uso corretto dell'acqua sia per lo sviluppo di un'agricoltura economicamente e ambientalmente sostenibile.

ABSTRACT

Soil degradation is a major environmental problem worldwide, and there strong evidence that the soil degradation processes present an immediate threat to both biomass and economic yields, as well as a long-term treat to future crop yields. Therefore, it is absolutely necessary that such soil degradation processes must be put under control.

The main aspects of environmental degradation can be ascribed to soil (erosion, soil compaction, soil crusting, deterioration of soil structure, flooding, losses of organic matter, salinisation, onsite and offsite damages, etc.) following the impact of human activities. Since agricultural conventional production systems have resulted in excessive erosion and soil degradation, there is need to control and fight such degradation.

Scientific results have clearly showed that the agricultural management systems can play an important role in preventing soil degradation provide that appropriate management practices are adopted. Long-term field experiments in different types of soils have shown that alternative tillage systems, like minimum tillage, ripper subsoiling, etc., improve the soil structural quality. The continuous conventional tillage causes a decrease of soil organic matter content that is associated to a decrease of aggregate stability, leading, as a consequence, to the formation of surface crusts, with an increase of runoff and erosion risks.

Other aspects of very dangerous soil degradation (erosion) in the hilly environments are represented by land levelling and scraping. After levelling, slopes being prepared for plantation (in particularly vineyard) are almost always characterised by the presence of large amounts of incoherent earth materials accumulated with scraper, very vulnerable to water erosion.

BIBLIOGRAFIA

- BAZZOFFI P. (2007): *Erosione del suolo e sviluppo rurale*, Edagricole, Bologna, 249 pp.
 BAZZOFFI P., CHISCI G. (1999): *Tecniche di conservazione del suolo in vigneti e pescheti della collina cesenate*, «Rivista di Agronomia», 3, pp. 177-184.
 BLUM W.E.H. (1998): *Agriculture in a sustainable environment – a holistic approach*, «International Agrophysics», 12, pp. 13-24.
 BLUM W.E.H. (2000): *Challenge for Soil Science at the Dawn of the 21st Century*. In *Soil*

- 2000: *New Horizons for a New Century*, Australian and New Zealand Second Joint Soils Conference, Volume 1: Plenary Papers (Eds. J.A. Adams and A. K. Metherell), 3-8 December 2000, Lincoln University. New Zealand Society of Soil Science, pp. 35-42, Lincoln, NZ (ISBN 0-86476-131-7).
- COSTANTINI E.A.C., URBANO F., BONATI G., NINO P., FAIS A. (2007): *Atlante nazionale delle aree a rischio di desertificazione*, INEA, Roma, pp. 108.
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (EEA) (1999): *Environment in the European Union at the turn of the century*, Copenhagen/Denmark.
- FABIANI A., GAMALERO E., CASTALDINI M., COSSA G.P., MUSSO C., PAGLIAI M., BERTA G. (2009): *Microbiological polyphasic approach for soil health evaluation in an Italian polluted site*, «Science of the Total Environment», 407, pp. 4954-4964.
- FRATERS B. (1996): *Generalized Soil Map of Europe. Aggregation of the FAO-Unesco soil units based on the characteristics determining the vulnerability to degradation processes*, National Institute of Public Health and the environment (RIVM), Bilthoven, The Netherlands, RIVM Report no. 481505006, 60 p.
- LAL R., STEWART B.A. (1990): *Soil degradation*, Springer-Verlag, New York.
- MURPHY C.P. (1986): *Thin section preparation of soils and sediments*, A B Academic Publishers, Herts, U.K., 149 pp.
- PAGLIAI M. (1983): *Caratterizzazione della porosità del terreno mediante l'analizzatore ottico-elettronico di immagine Quantimet 720*, «Agrochimica», 27, pp. 113-122.
- PAGLIAI M. (1988): *Soil porosity aspects*, «International Agrophysics», 4, pp. 215-232.
- PAGLIAI M. (2008): *Soil degradation and desertification*, «Advances in GeoEcology», 39, pp. 401-412.
- PAGLIAI M. (2009a): *Qualità del suolo per una selvicoltura sostenibile*, Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura. Taormina (ME), 16-19 ottobre 2008, Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, pp. 454-459.
- PAGLIAI M. (2009b): *Conoscenza, conservazione e uso sostenibile del suolo: aspetti fisici e morfologici*, «Italian Journal of Agronomy / Rivista di Agronomia», 3 suppl., pp. 151-160.
- PAGLIAI M., MARSILI A., SERVADIO P., VIGNOZZI N., PELLEGRINI S. (2003): *Changes in some physical properties of a clay soil in Central Italy following the passage of rubber tracked and wheeled tractors of medium power*, «Soil Till. Res.», 73, pp. 119-129.
- PAGLIAI M., PELLEGRINI S., VIGNOZZI N., ROUSSEVA S., GRASSELLI O. (2000): *The quantification of the effect of subsoil compaction on soil porosity and related physical properties under conventional to reduced management practices*, «Advances in GeoEcology», 32, pp. 305-313.
- PAGLIAI M., ROUSSEVA S., VIGNOZZI N., PIOVANELLI C., PELLEGRINI S. MICLAUS N. (1998): *Tillage Impact on Soil Quality. I. Soil Porosity and Related Physical Properties*, «Italian Journal of Agronomy», 2, pp. 11-20.
- PAGLIAI M., VIGNOZZI N. (1998): *Use of manure for soil improvement*, in A. Wallace, R.E. Terry (editors), *Handbook of Soil Conditioners*, Marcel Dekker, Inc., New York, USA, pp. 119-139.
- PAGLIAI M., VIGNOZZI N., PELLEGRINI S. (2004): *Soil structure and the effect of management practices*, «Soil and Tillage Research», 79, pp. 131-143.
- PIMENTEL D., ALLEN J., BEERS A., GUINAND L., HAWKINS A., LINDER R., McLAUGHLIN P., MEER B., MUSONDA D., PERDUE D., POISSON S., SALAZAR R., SIEBER S., STONER K. (1993): *Soil erosion and agricultural productivity*, in Pimentel (editor), *World Soil Erosion and Conservation*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 277-292.

- SOANE B.D., VAN OUWERKER C. (Editors) (1995): *Soil compaction in crop production*, «Developments in Agricultural Engineering», 11, Elsevier, Amsterdam, 662 pp.
- VAN DEN AKKER J.J.H., ARVIDSSON J., HORN R. (1999): *Experiences with the impact and prevention of subsoil compaction in the European Community*, Proc. of the Concerted Action on Subsoil Compaction, 28-30 May 1998, Wageningen, The Netherlands, DLO Winand Staring Centre, Report 168, ISSN 0927-4499, 344 pp.
- VIGNOZZI N., PAGLIAI M. (1996): *La prevenzione della degradazione del suolo attraverso attività agricole a basso impatto ambientale*, «Bollettino della Società Italiana di Scienza del Suolo», 8, pp. 207-219.

MARCO MARCHETTI*, GIOVANNI SANTOPUOLI*

La gestione forestale e la protezione dell'ambiente. Selvicoltura e servizio ecosistemico di protezione dell'acqua e dall'acqua

INTRODUZIONE

Già dalla fine del secolo scorso, l'importanza di una gestione forestale attenta alle emergenti sfide di natura socioeconomica e ambientale è stata evidenziata in diverse iniziative internazionali, prime tra tutte la Conferenza di Stoccolma nel 1972. Ma è nel 1992, con il Vertice della Terra di RIO92, che le foreste sono state riconosciute come una delle più importanti fonti di numerosi beni e servizi a beneficio della collettività. La consapevolezza dell'importante ruolo delle foreste e della loro corretta gestione, ha fatto sì che la gestione forestale assumesse sempre maggiore rilievo tra i decisori politici. Di pari passo però, una generale consapevolezza, anche da parte della collettività, ha determinato un incremento della pressione sulle risorse forestali dovuto al numero sempre crescente dei fruitori di interessi diversi, con esigenze sempre maggiori e spesso in conflitto. Tutto ciò ha reso il concetto di gestione forestale molto più complesso e numerosi sforzi sono stati fatti per individuare metodologie e strumenti capaci di poter affrontare tutte queste sfide. Sfide che sono in continua crescita ed evoluzione e dovute anche ai problemi di carattere globale come i cambiamenti climatici, la perdita di biodiversità, la scarsità di acqua e l'emergente bisogno di energia da fonti rinnovabili, mettendo a rischio la salvaguardia dell'ambiente.

La crescita demografica e la relativa aumentata disuguaglianza nella distribuzione di redditi e risorse rappresenta una delle prime cause del degrado ambientale. Questo è particolarmente evidente nella parte meridionale della

* *Dipartimento di Bioscienze e Territorio, (DiBT), Università del Molise*

regione mediterranea, dove la popolazione è aumentata del 2,21% all'anno tra 1970 e il 2008 (Biro et al., 2011) e la richiesta di acqua sta aumentando drammaticamente rispetto alla sua disponibilità e produzione (Blinda et al., 2009). Del resto, le risorse globali di acqua dolce incontaminata (*freshwater*) sono sottoposte a una forte pressione sia dai consumi crescenti che dal progressivo inquinamento a livello globale. Infatti, con l'aumento della popolazione cresce anche l'impronta idrica alle diverse scale: il fabbisogno idropotabile delle megalopoli e dei grandi agglomerati urbani fa crescere a sua volta il fabbisogno di beni alimentari e tecnologici, con gravi ripercussioni su consumi e disponibilità della risorsa idrica, sia nel settore industriale, sia in quello agricolo. Appare necessaria una nuova consapevolezza del fatto che consumi e cambiamenti globali accrescano la rarità crescente delle risorse di acqua dolce, e il cattivo uso che ne viene fatto minaccia gravemente le possibilità della gestione sostenibile a livello globale (Iovino e Marchetti, 2010). Al fine di tutelare la risorsa idrica è necessario impegnarsi nella difesa del territorio montano, nella protezione delle sorgenti e nell'educazione dell'opinione pubblica contro gli sprechi.

Il settore forestale riveste un ruolo molto importante e ancora sottovalutato e non adeguatamente remunerato (Pettenella et al., 2012), per la tutela della risorsa idrica poiché una corretta gestione contribuisce al mantenimento della quantità e della qualità dell'acqua in tutti i bacini (PQSF, 2008). Le relazioni che intercorrono tra le foreste e la risorsa idrica sono numerose e influenzano il bilancio idrico nel suolo e nell'atmosfera attraverso: l'intercettazione della pioggia, l'attutimento dell'azione battente al suolo, l'infiltrazione e la conseguente diminuzione dello scorrimento superficiale, la riduzione dell'erosione e del trasporto solido dei sedimenti. Opportune tecniche selvicolturali oltre che al mantenimento della vitalità delle foreste e della loro efficienza funzionale, contribuiscono alla conservazione della risorsa idrica, dell'ambiente e della qualità della vita.

ACQUA: UN SERVIZIO ECOSISTEMICO DELLE FORESTE

Le foreste svolgono contemporaneamente e nello stesso spazio diverse funzioni, tra le quali quella di protezione del suolo e dell'acqua. Numerosi sono anche i servizi ecosistemici che le foreste forniscono a beneficio della collettività. Circa il 20% delle foreste europee sono gestite per la protezione del suolo e del ciclo dell'acqua e di altri servizi ecosistemici (FOREST EUROPE, 2011). A livello Pan-Europeo, le foreste coprono il 37% della superficie con

una produzione legnosa di 470 milioni di m³, pari al 65% dell'incremento. Esse rappresentano un'importante risorsa anche dal punto di vista economico: 300 miliardi di reddito, 1,55% del PIL, con 2,5 milioni di posti di lavoro (FOREST EUROPE, 2011). Le foreste contribuiscono nel mantenimento della biodiversità, alla fissazione del 10% delle emissioni di CO₂, alla regolazione del clima, oltre che alle attività ricreative e alla produzione di prodotti forestali non legnosi (PFNL).

Secondo la classificazione dei servizi ecosistemici del Millennium Ecosystem Assessment (MEA, 2005), la produzione di acqua può essere considerata come uno dei servizi offerti dall'ecosistema bosco. Le foreste, più stabili dei ghiacciai al momento, rappresentano una delle principali fonti per l'approvvigionamento di acqua dolce, svolgono un importante ruolo di regolazione dei processi erosivi, della purificazione della risorsa idrica e di supporto alla vita. Nonostante i benefici che la società percepisce, direttamente e indirettamente dalle foreste, non esiste ancora una reale remunerazione per il servizio di tutela dell'acqua. Infatti, l'azione di protezione delle risorse idriche, svolta dalle foreste, è considerato un valore d'uso indiretto (Pettenella & Secco, 2006), senza un mercato e quindi difficilmente quantificabile (Croitoru, 2007). Nonostante gli sforzi attraverso i pagamenti per i servizi ecosistemici (PES), il valore che il bosco ha, per la tutela della risorsa idrica, non è ancora ben definito. Certo è che la consapevolezza da parte dell'opinione pubblica e in particolar modo dei decisori politici verso un'attenta gestione forestale ai fini della tutela dell'acqua sta crescendo. Uno studio realizzato dalla *World Bank* nel 2003, evidenzia l'importante ruolo delle aree protette, istituite con lo scopo specifico della produzione e la tutela della risorsa idrica (Dudley and Stolton, 2003) per le aree metropolitane. È comunque riconosciuto che, anche se le foreste consumano più acqua di qualsiasi altra forma di copertura del suolo, numerosi sono i benefici ottenuti dalla loro presenza per la sua conservazione (FAO, 2008). Tali benefici possono essere contraddistinti in termini di quantità e di qualità dell'acqua.

Attraverso l'azione di intercettazione, evaporazione e traspirazione, le piante riducono la quantità di acqua che potrebbe raggiungere il suolo (Iovino et al., 2009). Tale fenomeno è ancora più accentuato a seguito al riscaldamento globale, che porta a un maggiore consumo di acqua da parte delle piante (Ford et al., 2011). Inoltre, i cambiamenti climatici, influenzano direttamente la quantità, la frequenza, la durata, l'intensità e la tipologia di precipitazioni che arrivano al suolo, influenzando il deflusso superficiale e la ricarica della falda. Queste due caratteristiche dipendono oltre che dalla copertura del suolo, anche dalla struttura del suolo, in particolare dalla porosità

e dalla profondità. Il contributo, che le foreste offrono in termini di quantità di acqua accumulata nel suolo, è dovuto all'azione svolta dall'apparato radicale, che rende il suolo maggiormente predisposto all'infiltrazione e quindi ad assorbire maggiore quantità di acqua (Oliveira et al., 2005), rispetto alle radici di piante di taglia inferiore. Inoltre, come accennato, la presenza degli alberi influisce molto sui tempi di corrivazione e di scioglimento della neve, rallentando il deflusso superficiale e permettendo un maggiore assorbimento (Iovino et al., 2009). Anche se i consumi sono maggiori dunque, la presenza di boschi in un bacino idrografico influenza indirettamente la quantità di acqua che si accumula. D'altra parte l'azione diretta che il bosco svolge per la conservazione del suolo, contrastando l'erosione e riducendo il trasporto solido, è ancora più evidente. Tale azione è stata riconosciuta sin dagli inizi del secolo scorso, con l'istituzione del vincolo idrogeologico (R.D.L. 3267/1923, anche se terminologicamente è improprio in quanto non ci si riferisce alle acque sotterranee), che ha come scopo principale quello di preservare l'ambiente fisico e quindi di impedire forme di utilizzazione che possano determinare denudazione, innesco di fenomeni erosivi, perdita di stabilità, turbamento del regime delle acque, con possibili ripercussioni sulla società, sotto forma di danno pubblico. Il bosco esercita una funzione protettiva, diretta e indiretta, del suolo attraverso le azioni di regimazione delle acque, difesa dei fenomeni erosivi, franosi e valanghivi, contribuendo al riequilibrio del territorio e al contrasto del degrado e dei processi di desertificazione (Corona et al., 2006).

Un significativo contributo offerto dalle foreste, a beneficio di tutti gli esseri viventi è dovuto, come detto, al mantenimento della qualità dell'acqua. Infatti, attraverso diretto di purificazione e indiretto di regimazione delle acque superficiali e di controllo dei fenomeni erosivi, le foreste contribuiscono alla riduzione della perdita di suolo e della sua produttività e alla riduzione del carico di trasporto solido. I benefici sono molteplici, dalla conservazione della capacità del suolo di assorbire acqua, alla riduzione dei costi per la depurazione dell'acqua per usi industriali, agricoli e per uso potabile. Inoltre l'azione di fitodepurazione svolta dalle piante limita il rischio di alterazione degli habitat acquatici e contribuisce al mantenimento della biodiversità (FAO 2008), oltre alle ancora poco esplorate potenzialità di fitorimedio di stazioni inquinate. Tali benefici sono stati riconosciuti a livello globale e, a partire dalla Conferenza di Rio in cui sono state poste le basi per la Convenzione sulla Desertificazione (UNCCD), sulla biodiversità (UNCBD) e sui Cambiamenti Climatici (UNCCC), le foreste hanno assunto un ruolo cruciale nella mitigazione del degrado ambientale. A livello Europeo, dal 1990 a oggi si sono tenute, sei Conferenze Ministeriali sulla Protezione delle Foreste

in Europa (MCPFE). In particolare nel 2007, alla quinta conferenza di Varsavia, una risoluzione adottata fu proprio inerente la tematica *Forest and Water* (Resolution W2). Tale risoluzione ha lo scopo di promuovere la funzione di protezione delle foreste per l'acqua e il suolo, oltre a quello di valutare gli effetti dei programmi di imboscamento e di rimboscamento sulla qualità e quantità della risorsa idrica.

Tutte queste considerazioni evidenziano che la presenza delle foreste, ma soprattutto la corretta gestione di queste superfici, può essere di grande supporto alla salvaguardia della risorsa idrica e mostrano come la pianificazione forestale, ai vari livelli, rivesta un ruolo fondamentale per raggiungere questi obiettivi.

GESTIONE FORESTALE, URBANIZZAZIONE E TUTELA DELL'ACQUA

Come è stato evidenziato precedentemente, la presenza di superfici forestali influenza la quantità e la qualità della risorsa idrica. Negli ultimi anni, l'espansione dei boschi rappresenta un fenomeno in continua crescita (Corona et al., 2005) con conseguenti ripercussioni sull'assetto del territorio e sull'uso/disponibilità delle risorse idriche. Questo fenomeno rappresenta la diretta conseguenza di un altro fenomeno comune negli ambienti rurali (Weissteiner et al., 2011; Poyatos et al., 2003), soprattutto marginali, che riguarda lo spopolamento, laddove l'agricoltura e le attività pastorali non consentono adeguati profitti. Le conseguenze sull'ambiente sono molteplici: scomparsa dell'uomo dagli ambienti rurali, abbandono delle pratiche agricole con successiva perdita di patrimonio culturale e saperi locali, riduzione della superficie agricola, rinaturalizzazione ed espansione delle aree forestali. Quest'ultimo aspetto, non gestito, può comportare non pochi svantaggi sulla riduzione di biodiversità e sulla disponibilità della risorsa idrica, a fronte dei molti benefici. L'urbanesimo crescente, aumenta l'espansione di città diffuse e aree urbane e contemporaneamente fa crescere anche la richiesta per infrastrutture e i servizi (trasporti, zone commerciali ma anche nuovi impianti energetici), con ulteriore perdita di superficie agricola. E a scomparire sono in genere i terreni più fertili e produttivi con perdita permanente di un prezioso potenziale produttivo e aumento vertiginoso dei rischi connessi al dissesto idrologico, per effetto dell'impermeabilizzazione dei terreni e per la realizzazione di edifici e abitazioni anche a ridosso di corsi d'acqua e in terreni esposti a frane e a smottamenti.

Per far fronte a queste esigenze è necessario che, a prescindere dal tipo di copertura del suolo, la gestione del territorio prenda in considerazione la

complessità crescente dei sistemi territoriali, in un approccio e un'ottica paesaggistica, là dove paesaggio sia «il territorio espressivo di identità, il cui carattere deriva dall'azione di fattori naturali, umani e dalle loro interrelazioni» (Convenzione europea del paesaggio, 2000) al fine di avere una visione più completa del valore aggiunto che si può ottenere da una gestione integrata delle risorse naturali.

Serve una coscienza nuova nella difesa del territorio e dei beni comuni; la riduzione delle identità e della riconoscibilità dei luoghi invece, porta al territorio visto come un “substrato indifferente”, abiotico da riempire con le attività e gli impatti più disparati. Va formata una rete più consapevole di azioni, indirizzate (il più possibile concordemente) verso un equilibrio efficace in termini di sicurezza ambientale e di equità economica. Nei nostri territori assistiamo ormai da decenni ad aspetti di vera e propria occupazione, si potrebbe dire colonizzazione, cui conseguono usi del suolo insostenibili per l'ambiente e per la qualità di vita. E non si tratta solo di occupazione fisica, fatta di consumo inarrestabile di suolo, di infrastrutture, poli commerciali e produttivi, espansione immobiliare palesemente sproporzionata in eccesso rispetto ai trend demografici. L'agricoltura è abbandonata o asfissata dal consumo di suolo, frammentata e alluvionata. I livelli di inquinamento sono insostenibili poiché buona parte del valore aggiunto degli scambi commerciali è fondato sui trasporti delle merci su gomma. Da tempo, si va cercando per i territori urbani e agricoli un destino diverso, ricucendo ciò che ancora si può ricucire e invertendo la tendenza, reclamando all'attenzione della collettività un diverso paradigma nell'uso delle risorse e dei beni comuni (CAI-TAM, 2012, *mod.*).

A tal proposito, la UNCBD ha riconosciuto nell'approccio ecosistemico (*Ecosystem Approach*) una strategia per mantenere la produttività degli ambienti naturali, con particolare riferimento alla conservazione della biodiversità, quale elemento essenziale per la fornitura di servizi ecosistemici (Corona, 2010). In particolare, la gestione forestale sostenibile è stata riconosciuta come lo strumento ideale per l'applicazione pratica dell'approccio ecosistemico (MCPFE/PEBLDS, 2006; Barbati et al., 2010) come anche la selvicoltura sistemica che ha una visione più ampia del complesso sistema bosco e che ha lo scopo di salvaguardare la funzionalità del sistema (Andreella et al., 2010; Ciancio, 2010; Ciancio & Nocentini, 2011). La funzionalità dell'ecosistema bosco è stata in molti casi compromessa nel corso degli anni sia dall'impatto antropico che da catastrofi naturali, che ne hanno modificato la distribuzione e semplificato la composizione specifica, la struttura e l'efficienza. Gli incendi e l'erosione rappresentano due esempi di degradazione del suolo forestale che

compromettono fortemente la funzione di protezione idrogeologica svolta dalle foreste. È importante quindi, al fine di poter individuare opportune linee guida di gestione forestale *ad hoc*, conoscere le caratteristiche idrologiche, geologiche, morfologiche e le interazioni spazio temporali che si verificano lungo i versanti (Kim et al., 2011).

Per far fronte a queste esigenze, nuovi strumenti di pianificazione forestale, con approccio più ecosistemico rispetto ai tradizionali piani di assestamento, sono stati sviluppati negli ultimi 20 anni (Agnoloni et al., 2009). La più ampia scala territoriale, quale potrebbe essere quella di un bacino idrografico o una comunità montana e l'ausilio delle tipologie forestali per individuare le unità di destinazione funzionale (Alivernini, 2010; Santopuoli, 2012) permettono di avere una visione più ampia dell'assetto del territorio, offrendo un valido strumento di supporto alle scelte decisionali per la gestione forestale sostenibile.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Crescita demografica, attività antropica e cambiamenti climatici evidenziano la necessità di una gestione integrata tra foreste e risorse idriche. È impossibile pensare che i servizi ecosistemici forniti dalle foreste siano tra loro sconnessi, ma al contrario, non si può parlare di sostenibilità senza considerare le reciproche relazioni tra i diversi servizi ambientali. Il mantenimento della vitalità e della stabilità delle foreste, la conservazione della biodiversità, l'assorbimento del carbonio, il miglioramento dell'efficienza funzionale e la protezione del suolo sono tutti servizi forniti dai boschi e che influenzano la disponibilità e la qualità della risorsa idrica. A loro volta la disponibilità di acqua influenza la crescita (Biro et al., 2011), la produzione e l'efficienza funzionale delle foreste.

Intercettazione, evapotraspirazione, deflusso e infiltrazione sono le principali variabili dell'equazione del bilancio idrologico. Il bosco, in funzione della forma di governo e del trattamento, della composizione specifica, dell'età, della struttura orizzontale e verticale, influenza il bilancio idrologico.

La gestione forestale riveste un ruolo fondamentale per minimizzare queste alterazioni e per gestire il bosco in maniera tale da migliorare la funzione di protezione idrogeologica e la conservazione della risorsa idrica e nuovi strumenti con approccio olistico sono disponibili grazie anche agli sviluppi riconosciuti della selvicoltura sistemica. È necessario recuperare la consapevolezza dell'acqua, risorsa e servizio rilasciato dai processi ecosistemici (Marchetti,

2009). Identificare, quantificare e risolvere, nei bacini idrografici, le criticità nelle interrelazioni utili alla sostenibilità, a cominciare dalle aree utili al miglioramento delle capacità di assorbimento degli impatti utilizzando processi naturali. Ad esempio: incremento della diversità del paesaggio, zone umide, rinaturalizzazione, integrazione con le sistemazioni idrauliche giocano un ruolo importante per la protezione della risorsa idropotabile. I benefici dei sistemi forestali opportunamente gestiti sono numerosi e consentirebbero di ottenere un notevole contributo quantitativo. Tuttavia è nel mantenimento di un'elevata qualità dell'acqua che le foreste danno il loro miglior contributo. Un eterogeneo mosaico di diversi tipi forestali e usi del suolo favorisce la diversità e l'efficienza: *Cloud Forests* e boschi vetusti possono incrementare flussi e qualità dell'acqua, mentre giovani soprassuoli e piantagioni tendono a deprimere gli effetti positivi. I turni vanno regolati dunque caso per caso a seconda delle necessità e delle condizioni di suolo, clima e stagione. Esistono standard e processi *ad hoc* di ecocertificazione volontaria, quali Forest Stewardship Council - FSC che certifica standards elevatissimi di gestione delle foreste nei bacini di approvvigionamento idrico (Principio 9, standard HCVFs). Intervendo sulla forma di governo, sulla struttura verticale e orizzontale dei popolamenti forestali, è possibile migliorare l'efficienza idrologica dei boschi migliorando gli effetti positivi e riducendo quelli negativi. Di conseguenza attraverso opportune pratiche selvicolturali è possibile indirizzare la gestione delle foreste anche verso la tutela e conservazione dell'acqua.

Una nuova consapevolezza dell'acqua come servizio ecosistemico dei boschi e delle aree forestali non può prescindere dal rapporto di continuità tra Pianificazione territoriale e di bacino, esigenze di habitat e specie e funzionalità dei sistemi ambientali, agricoli e forestali anche rispetto alle esigenze della collettività e soprattutto delle comunità locali.

RIASSUNTO

A causa dell'incremento demografico e dell'abbandono degli spazi rurali, cresce la richiesta per il fabbisogno dei grandi agglomerati urbani, dell'agricoltura e dell'industria e s'intensifica la pressione sulle risorse naturali, provocando tensioni e conflitti tra i diversi fruitori che si contendono le risorse e accentuando gli stress sull'ambiente.

In particolare, la crescita demografica, l'agricoltura, l'innovazione tecnologica e i cambiamenti climatici stanno determinando un aumento del fabbisogno idrico, mettendo a rischio la disponibilità dell'acqua.

Nei nostri territori assistiamo da decenni ad aspetti di vera e propria occupazione, cui conseguono usi del suolo insostenibili per l'ambiente e per la qualità della vita, con aumento di rischi idrogeologici.

Una nuova coscienza della difesa del territorio, unitamente a una rete più consapevole di azioni, indirizzate verso un equilibrio efficace in termini di sicurezza ambientale e di equità economica sono necessarie per garantire la protezione dell'ambiente.

Il ruolo protettivo svolto dalle foreste nei confronti di elementi di rischio, quali caduta massi o valanghe, è ampiamente riconosciuto, con benefici oltre che sul suolo, sulla qualità della risorsa idrica. Inoltre, se opportunamente gestite, le foreste svolgono un ruolo molto importante per la protezione dell'ambiente e per la qualità della vita, grazie ai numerosi beni e servizi che generano. È quindi indispensabile instaurare un rapporto di continuità tra Pianificazione territoriale e di bacino, esigenze di habitat e specie e funzionalità dei sistemi ambientali, agricoli e forestali anche rispetto alle esigenze della collettività.

ABSTRACT

Because of population growth and abandonment of rural areas, the demand for the needs of the large cities, agriculture and industry, increase with a consequent pressure on natural resources, causing tensions and conflicts between end users, adding environmental stress.

In particular, the increasing of human population, the agricultural, the technology innovation and the climate change are increasing the water demands, affecting its availability.

In the last decades, the urban sprawling resulting in unsustainable land uses for the environment and for the quality of life, increasing hydro-geological hazards.

A new awareness of defense, together with a more aware network of actions directed towards an effective balance in terms of environmental safety and economic equity are necessary to ensure the protection of the environment.

The protective role played by forests in relation to the risks, such as falling rocks or snowslide, is widely recognized, with benefits also on the soil and the quality of water resources. Moreover, if properly managed, forests play a very important role in protecting the environment and quality of life, thanks to the many goods and services they provide. It is therefore essential to establish a relationship of continuity between Territorial and Watershed Planning, habitat and species requirements and functionality of environmental, agricultural and forestry systems in relation to the needs of the community.

BIBLIOGRAFIA

- AGNOLONI S. ET AL. (2009): *Forest planning at territory level: a methodological proposal*, «Forest@ - Rivista di Selvicoltura ed Ecologia Forestale», 6 (1), pp. 140-147.
- ALIVERNINI A. (2010): *Esperienze innovative di pianificazione forestale sovraziendale: il Piano Forestale di Indirizzo Territoriale dell'Altopiano di Asiago*.
- ANDREELLA M. ET AL. (2010): *Strategia Nazionale per la Conservazione della Biodiversità*, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Roma.
- BARBATI A. ET AL. (2010): *The application of the ecosystem approach through sustainable forest management: an Italian case study*.

- BIROT Y., GRACIA C. & PALAHI M. (2011): *Water for Forests and People in the Mediterranean Region - A Challenging Balance*.
- BLINDA M., THIVET G. & BLEU P. (2009): *Water resources and demands in the Mediterranean: Current situation and perspectives*, «Science et changements planétaires/Sécheresse», 20 (1), pp. 9-16.
- CIANCIO O. & NOCENTINI S. (2011): *Biodiversity conservation and systemic silviculture: Concepts and applications*.
- CIANCIO O. (2010): *La teoria della selvicoltura sistemica: i razionalisti e gli antirazionalisti, le «sterili disquisizioni» e il sonnambulismo dell'intelligenza forestale*, Accademia italiana di scienze forestali.
- CORONA P. ET AL. (2006): *Risorse forestali e rischio di desertificazione in Italia. Standard programmatici di gestione*.
- CORONA P. (2010): *Declino globale della diversità biologica, foreste e approccio ecosistemico*, «Forest@-Journal of Silviculture and Forest Ecology», 7 (1), p. 106.
- CORONA P., POMPEI E. & SCARASCIA MUGNOZZA G. (2005): *Probabilistic assessment of the rate of forest expansion in Abruzzo*, «Forest@ - Rivista di Selvicoltura ed Ecologia Forestale», 2 (2), pp. 178-184.
- CROITORU L. (2007): *Valuing the non-timber forest products in the Mediterranean region: Ecological Economics*, v. 63, pp. 768-775.
- DUDLEY N. AND STOLTON S. (2003): *Running pure: the importance of forest protected areas to drinking water*, World Bank/WWF Alliance for Forest Conservation and Sustainable Use, p. 112.
- FAO (2008): *Forest and water*.
- FORD C.R. ET AL. (2011): *Can forest management be used to sustain water-based ecosystem services in the face of climate change?*, «Ecological Applications», 21 (6), pp. 2049-2067.
- FOREST EUROPE, UNECE & FAO (2011): *State of Europe's Forests 2011. Status and Trends in Sustainable Forest Management in Europe*, Available at: http://www.foresteurope.org/filestore/foresteurope/Publications/pdf/State_of_Europes_Forests_2011_Report.pdf.
- IOVINO F., BORGHETTI M. & VELTRI A. (2009): *Forests and water cycle*, «Forest@-Journal of Silviculture and Forest Ecology», 6 (1), p. 256.
- IOVINO F., MARCHETTI M. (2010): *Selvicoltura: conservazione del suolo, risorse idriche, lotta alla desertificazione*, «L'Italia Forestale e Montana», 65 (2), pp. 121-130.
- KIM K., SIDLE R.C. & Tsuboyama Y. (2011): *Modeling runoff dynamics from zero-order basins: implications for hydrological pathways*, «Hydrological Research Letters», 5 (0), pp. 6-10.
- MARCHETTI M. (2009): *Selvicoltura e risorse idriche, ovvero boschi e buona acqua. Nuova funzione o nuova consapevolezza?*, Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura, Taormina (ME), 16-19 ottobre 2008, Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, pp. 437-441.
- MCPFE/PEBLDS (2006): *Joint position of the MCPFE and the Efe/PEBLDS on THE PAN-EUROPEAN UNDERSTANDING OF THE LINKAGE BETWEEN THE ECOSYSTEM APPROACH AND SUSTAINABLE FOREST MANAGEMENT*.
- MEA (2005): *Ecosystems and human well-being*, Island Press.
- OLIVEIRA R. ET AL. (2005): *Deep root function in soil water dynamics in cerrado savannas of central Brazil*, «Functional Ecology», 19 (4), pp. 574-581.
- PETTENELLA D. & SECCO L. (2006): *Metodologie di valutazione economica e di reporting pubblico dei benefici offerti da una corretta gestione delle foreste mediterranee per la tutela delle risorse idriche*.

- PETTENELLA D., VIDALE E., GATTO P., SECCO L. (2012): *Paying for water-related forest services: a survey on Italian payment mechanisms*, «iForest», 5, pp. 210-215 (doi: 10.3832/ifer0626-005).
- POYATOS R., LATRON J. & LLORENS P. (2003): *Land use and land cover change after agricultural abandonment*, «Mountain Research and Development», 23 (4), pp. 362-368.
- SANTOPUOLI G.: *Management Tools for improving Forest Ecosystem Services and promoting Sustainable Forest Management at Local Level*. Uri: <http://hdl.handle.net/2192/181>.
- WEISSTEINER C.J. ET AL. (2011): *Spatial explicit assessment of rural land abandonment in the Mediterranean area*. *Global and Planetary Change*.

CARMELO DAZZI*

Rapporto fra l'uomo e il suolo e modificazioni ambientali

I. INTRODUZIONE

Con la sua straordinaria complessità e la sua notevole variabilità, il suolo adempie funzioni fondamentali per la società umana non solo concretamente, perché soddisfa bisogni e necessità materiali dell'uomo ma anche astrattamente, stimolando attività intellettive o appagando esigenze di benessere spirituale (Hillel, 2007). Vi sono testimonianze culturali che concernono il ruolo del suolo attraverso la storia e alcune di esse tuttora esistono nel costume, nel folklore e nelle tradizioni di diverse popolazioni in numerosi Paesi (Winiwater, 2006). Nelle molteplici rappresentazioni delle antiche società umane, il suolo, in virtù delle sue funzioni di produttore diretto o indiretto di cibo, ha sempre occupato posizioni di privilegio, contribuendo nel modellare lo stile di vita e il modo di pensare di queste società (Boskheim et al., 2005; Williams, 2006; Bautista e Zinck, 2008). Ancora oggi, in varie parti del mondo, i sistemi sociali riflettono le condizioni del suolo e dell'ambiente e la gestione della fertilità del suolo continua a essere il cuore di questa connessione (Dazzi, 2006).

Il riconoscimento di queste funzioni emerge dal legame etimologico che lega l'Uomo al Suolo. Nell'antica lingua ebraica, *adamat*, cioè suolo, ha la stessa radice di *Adam*, il nome del primo uomo. Allo stesso modo, il nome della prima donna, *Hava* (Eva nella traslitterazione) significa "vivente" o "che dà la vita". Insieme, quindi Adamo ed Eva significano, etimologicamente "il suolo che dà la vita" (Hillel, 2007).

E in effetti il suolo produce e contiene tutti gli elementi necessari alla vita: filtra e purifica l'acqua che lo attraversa; regola i corsi d'acqua e il rifornimento

* *Università di Palermo*

alle falde; immagazzina gas serra (vi è 4 volte più carbonio nel suolo che nelle piante che lo ricoprono); è una vasta riserva di risorse genetiche; sostiene la gran parte della biodiversità terrestre; fornisce materiale da costruzione (agli animali e all'uomo) e per attività industriali e artigianali; contiene risorse minerali; è il fondamento fisico per infrastrutture essenziali alle attività lavorative e ricreative per gli esseri umani; contiene reperti archeologici della storia dell'umanità (Blum e Aguillar Santelise, 1994).

Anche se già 2000 anni fa Cicerone riferiva della distruzione delle foreste del nord Africa e del sorgere al loro posto di aree nude simili al deserto, per secoli l'uomo ha mantenute inalterate tutte le funzioni del suolo. I problemi sono sorti con l'affermarsi dell'era industriale e si sono ampliati proporzionalmente con lo sviluppo della tecnologia e delle necessità dell'uomo. È stato intensificato l'uso dei suoli agrari superando sovente la soglia della sostenibilità ambientale; nuovi suoli sono stati "costruiti" per la coltivazione di specie ad alto reddito (Dazzi et al., 2004); ampie superfici sono state destinate allo sviluppo urbano e industriale, ma anche allo smaltimento di prodotti di rifiuto o per la realizzazione di aree di ricreazione.

Quando l'azione dell'uomo è stata tale da superare la soglia di resilienza del suolo, si sono innescati processi di degradazione che si sono aggravati nel tempo e in alcuni casi hanno attivato una reazione a catena di degradazione delle altre risorse ambientali: acqua e aria. In quest'ottica, per il nostro Paese particolare rilievo assumono i processi di erosione, di salinizzazione, di consumo di suolo per urbanizzazione (soil sealing), di entisolizzazione (Dazzi, 2008).

2. L'IMPATTO AMBIENTALE DELL'EROSIONE

L'erosione è un fenomeno naturale che comporta la rimozione della parte più superficiale del suolo per azione dell'acqua o, talora, del vento. L'uomo contribuisce notevolmente a esaltare l'erosione più che altro con pratiche agricole poco razionali quali l'aratura a rittochino o l'aumento della dimensione dei campi, ma anche con la deforestazione, il sovrappascolamento, gli incendi boschivi. Cause più recenti di erosione sono legate allo sviluppo di attività turistiche e ricreative in aree montane, forestali e protette. Si stima che in Europa, 115 milioni di ettari pari al 12% della sua superficie totale, siano affetti da erosione idrica che si verifica in particolare nelle regioni mediterranee con notevole variabilità morfologica come è il caso del nostro Paese.

I suoli italiani infatti, oltre che da una notevole variabilità morfologica

(che vede prevalere la collina e la montagna, sulla pianura), sono fortemente influenzati dalle condizioni climatiche e dalla natura delle differenti formazioni litologiche. Se per un verso esistono obiettivi vantaggi da siffatta morfologia poiché l'acqua piovana può facilmente essere immagazzinata in bacini artificiali, per altro sorgono innegabili svantaggi derivanti dal sempre attivo fenomeno erosivo sui versanti e dal rischio di sommersione in pianura. A ciò si aggiunga il profondo mutamento che, dal dopoguerra a oggi, hanno subito le strutture aziendali e i sistemi di gestione del suolo e delle colture.

È sufficiente attraversare l'Italia da Nord a Sud per comprendere la gravità di questo fenomeno costituito da vaste aree con smottamenti e intensi processi erosivi, che non risparmia alcuna formazione pedologica e che, anno dopo anno, diviene sempre più grave tenuto conto che:

a) l'erosione conduce all'assottigliamento del suolo e al declino della sua capacità produttiva che si risolve in un decremento di produzione o nella necessità di incrementare gli "inputs" per mantenere, se possibile, inalterata la produttività;

b) l'impatto ambientale dell'erosione è notevole in termini di costi sostenuti dalla collettività (per il recupero di strutture e/o infrastrutture danneggiate).

Particolarmente esposti all'erosione sono i suoli della collina argillosa, come è emerso da una indagine condotta in Sicilia con un simulatore di pioggia su tre tipi di suolo fra i più diffusi in questi ambienti (Dazzi et al., 1998).

Con riferimento alla tabella 1, i dati concernenti le perdite di suolo particolarmente quelli espressi in millimetri, potrebbero indurci a sottostimare l'erosione.

La loro pericolosità risalta se tali dati vengono letti come indice percentuale rispetto alla cosiddetta erosione tollerabile (valore-T) cioè alla quantità di suolo che secondo Hudson (1995) si forma annualmente nelle aree agricole e che si stima essere pari a 12,5 t/ettaro. Considerati in questa ottica, le perdite di suolo dell'Haplic Cambisol ammontano al 16,8 al 18,7 e al 40,5% dell'erosione tollerabile rispettivamente con una sola pioggia a bassa, media e alta intensità. Ciò significa che su questo tipo pedologico, sono sufficienti 5 o 6 eventi piovosi per superare, anche di molto, l'erosione tollerabile. Sull'Haplic Vertisol è sufficiente una sola pioggia ad alta intensità per superare la soglia di tollerabilità dell'erosione mentre per il Chromic Vertisol i risultati sono anche più allarmanti: il valore-T viene superato già con piogge di media intensità mentre con piogge ad alta intensità, le perdite di suolo sono più che doppie rispetto all'erosione tollerabile.

I risultati di questa indagine, evidenziano anche un aspetto del processo

TIPO PEDOLOGICO (WRB, 1998)	PERDITA DI SUOLO (mm)			PERDITA DI SUOLO (t/ha)			PERDITA DI SUOLO (% con $t=100$)		
	Intensità di pioggia			Intensità di pioggia			Intensità di pioggia		
	Bassa	Media	Alta	Bassa	Media	Alta	Bassa	Media	Alta
Haplic Cambisol	0,18	0,20	0,44	2,10	2,34	5,06	16,8	18,7	40,5
Haplic Vertisol	0,13	0,17	1,16	1,50	2,01	13,38	12,0	16,1	107,1
Chromic Vertisol	0,19	1,29	2,28	2,23	14,85	26,28	17,8	118,8	210,2

Tab. 1 *Perdite di suolo per erosione su alcuni suoli caposaldo della collina argillosa siciliana*

che spesso viene sottovalutato: le perdite di elementi nutritivi. Per quanto concerne queste ultime (tab. 2), particolarmente significative quelle relative ad azoto e fosforo, soprattutto se si considera che interessano tipi pedologici tradizionalmente destinati per le colture cerealicole e per le quali questi elementi rivestono un ruolo di importanza sia per l'aspetto quantitativo che qualitativo.

Le lavorazioni del suolo che, tradizionalmente, vengono condotte allo scopo di incrementarne la capacità produttiva, rappresentano uno dei fattori che occorre considerare nella stima e valutazione dell'erosione. Con le lavorazioni si cerca, in particolare, di aumentare la massa terrosa a disposizione delle radici e la capacità del suolo a immagazzinare acqua, con il principale intento di soddisfare le esigenze nutrizionali delle colture. Questi interventi però, con il passare del tempo, provocano effetti indesiderati: si assiste, in generale, non solo a una riduzione della materia organica e dell'attività microbica ma, sia direttamente che indirettamente, anche alla degradazione della struttura. Ne deriva che, soprattutto sulle superfici a morfologia inclinata, vengono favoriti i processi di erosione, con la conseguenza di ottenere risultati diametralmente opposti a quelli prefissati: il suolo si assottiglia, si ha una minore massa terrosa a disposizione per le radici e una minore possibilità di immagazzinamento idrico.

Nella logica di una cultura ambientalista, sono naturalmente da preferire le tecniche di lavorazione del suolo a bassi input e basate sulla riduzione della profondità di lavorazione, della intensità dell'intervento e del numero di passaggi delle macchine operatrici che, nel loro insieme, consentono un ridotto impatto sul sistema suolo e notevoli vantaggi per ciò che concerne la conservazione delle caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche del suolo. Purtroppo il passaggio alle nuove tecnologie che vanno dalla lavorazione minima alla non lavorazione, sono ben lungi dall'essere applicate nel nostro Paese e, ancora oggi, in diverse aree si assiste alla comparsa di notevoli fenomeni di erosione dovuti all'esecuzione di lavorazioni del suolo condotte in modo irrazionale.

TIPO PEDOLOGICO (WRB, 1998)	N (Kg/ha)			P ₂ O ₅ (Kg/ha)			K ₂ O (Kg/ha)		
	INTENSITÀ DI PIOGGIA								
	Bassa	Media	Alta	Bassa	Media	Alta	Bassa	Media	Alta
Haplic Cambisol	1,74	1,94	4,20	1,62	1,80	3,90	0,013	0,014	0,031
Haplic Vertisol	2,27	3,02	20,07	2,53	3,38	22,48	0,017	0,022	0,147
Chromic Vertisol	2,32	14,11	25,54	2,61	17,38	31,45	0,070	0,480	0,870

Tab. 2 *Perdite di elementi nutritivi per erosione in alcuni suoli caposaldo della collina argillosa siciliana*

3. L'IMPATTO AMBIENTALE DELLA SALINIZZAZIONE

Fra le emergenze ambientali degli ultimi anni assume un rilievo particolare per via della sua pericolosità, il processo di degradazione fisica del suolo derivante da salinizzazione secondaria indotta dall'attività antropica (Dazzi, 2005).

È questo un problema che ha ormai acquisito una importanza scientifica e pratica crescente di anno in anno e che non è nuovo nella storia del mondo. Il declino della civiltà mesopotamica (4-5.000 a.C.) viene attribuito dagli storici, anche alla salinizzazione dei suoli conseguente allo sviluppo della pratica irrigua. Il declino di civiltà più recenti, come quella india della bassa valle del Viru in Perù, o della civiltà Harappa delle pianure dell'Indo, in India e Pakistan o degli Indiani Hohokam della valle del Salt River in Arizona, sono da attribuire anche a processi di salinizzazione secondaria del suolo (Tanji, 1990).

Almeno in 75 Paesi del mondo vi sono gravi problemi di salinizzazione secondaria dei suoli e nulla fa presagire che nel futuro la situazione migliori. Questi problemi sono destinati ad aggravarsi per effetto dei cambiamenti climatici globali previsti per il prossimo futuro. Si specula, che nell'Europa mediterranea tali cambiamenti dovrebbero condurre a un incremento dell'indice di aridità che, influenzando il regime di umidità e il bilancio salino dei suoli, finirebbero col determinare una minore lisciviazione e una maggiore salinizzazione, fino a raddoppiare, nei prossimi 40 anni, le aree affette da salinità.

In Italia la situazione non si presenta rosea e ciò è particolarmente vero nelle aree centro-meridionali e insulari. Anche se nel nostro Paese, ancora oggi non è disponibile una cartografia di dettaglio che dia conto delle caratteristiche e della distribuzione dei suoli salini, diverse indagini hanno messo in evidenza come questi risultino prevalentemente distribuiti nella bassa padana, in lunghi tratti del litorale tirrenico e adriatico, nella fascia costiera della Puglia, della Basilicata e della Sardegna e in ampi tratti della Sicilia (Dazzi, 2005).

Probabilmente, è in Sicilia che i problemi ambientali derivanti dalla salinizzazione secondaria dei suoli sono maggiormente acuti e ciò è da mettere in relazione non solo con la natura dei suoli presenti ma anche con la qualità delle acque disponibili per l'irrigazione, il cui uso inficia il divenire della qualità dei suoli, soprattutto se si considerano gli effetti deleteri del sodio di scambio sulle caratteristiche fisiche del suolo che, nelle aree irrigue della Sicilia, presentano in prevalenza tessitura argillosa e struttura poliedrica o prismatica. In questi ambienti il processo della sodicizzazione è più grave di quello della salinizzazione. Spesso, tuttavia, le due forme di salinità coesistono, come è emerso da un recentissimo studio condotto nelle aree irrigue della valle del fiume Belice e della piana di Licata. In simili ambienti, infatti, possono verificarsi fenomeni di salinizzazione e/o alcalizzazione secondaria dei suoli anche in un arco di tempo molto breve (Indorante et al., 2001): se si considerano le più recenti definizioni dell'orizzonte salico¹ e dell'orizzonte natrico² (IUSS-ISRIC-FAO, 1999), si nota come sia sufficiente che nel suolo si abbiano livelli di conducibilità elettrica dell'estratto saturo maggiore di 15 dSm⁻¹ in qualche periodo dell'anno, perché il suolo sia considerato salino e di oltre il 15% di Na⁺ sul complesso di scambio perché il suolo sia considerato alcalino.

Queste condizioni, si realizzano soprattutto nella piana di Licata, ove i suoli irrigati con acque di pozzo, si salinizzano o si alcalizzano anche nel breve volgere di una stagione irrigua (Indorante et al., 2001). Quando poi, periodi siccitosi si susseguono per più anni, come accade con sempre maggiore frequenza, si innesca una reazione a catena nella quale i problemi di degradazione fisico-chimica a carico dei suoli si trasmettono pesantemente sull'aspetto produttivo e questo, a sua volta, incide profondamente sul tessuto economico-sociale di tutta l'area.

4. L'IMPATTO AMBIENTALE DELLA URBANIZZAZIONE

Uno degli aspetti più gravi della degradazione del suolo è legato all'uso urbanistico che ne rende la perdita un fatto assolutamente irreversibile. Nel recente passato diversi movimenti di opinione sono sorti contro la "cementificazione selvaggia", e hanno posto la coscienza sociale di fronte alla gravità del

¹ Orizzonte, di superficie o sottosuperficiale, con un arricchimento secondario in sali prontamente solubili (cioè più solubili del gesso).

² Orizzonte sottosuperficiale con struttura prismatica o colonnare e sodio di scambio > 15 %.

problema che presenta aspetti analoghi ma non confrontabili fra i paesi del nord Europa e i paesi dell'Europa mediterranea. Nei primi la sottrazione di suolo è legata allo sviluppo delle grandi città e della rete dei trasporti; nei secondi (prevalentemente Spagna, Francia, Italia, Grecia ed ex Jugoslavia) interessa prevalentemente le aree costiere ed è diretta conseguenza dello sviluppo del turismo. Nei Paesi dell'est europeo la perdita di suolo legata allo sviluppo urbano e industriale è stata modesta ma comincia a essere un problema sentito in alcuni fra i nuovi stati indipendenti quali l'Ukraina.

In Italia la percezione del problema esiste, ed è forte, e in un recente passato diversi studi hanno avuto per oggetto la sua quantificazione. Uno di questi (Dazzi et al., 1997), è stato condotto nella piana di Buonfornello.

È questa un'area di poco superiore ai 1.670 ettari con forti caratteri naturali e paesaggistici ulteriormente arricchita da notevoli tracce di insediamenti umani della preistoria e della colonizzazione greca (zona di Imera) che, potenzialmente, ne fanno un territorio di notevole interesse paesaggistico-culturale.

L'indagine svolta ha messo in evidenza come nell'area in esame e nel periodo 1955-1966 vi sia stata una notevole perdita dei suoli per urbanizzazione (tab. 3).

Mentre nel 1955 maggiori responsabili nel processo di sottrazione dei suoli per urbanizzazione erano le masserie e i casolari al servizio dell'attività agricola, dal 1955 al 1983, principale imputato è risultato lo sviluppo industriale che non in tutti i casi ha prodotto una significativa ricaduta occupazionale sul territorio e che ha finito per sottrarre per sempre i suoli migliori al loro uso naturale. Nel periodo 1983-1996 va considerato il notevole sviluppo di villaggi turistici e "residence" oltre che dell'edilizia abitativa stagionale che hanno interessato anche le superfici a potenzialità agronomica da discreta a molto bassa e che si spingono fino a pochi metri dalla spiaggia.

In definitiva su di una superficie di 1671,4 ettari, ben 685,4 cioè il 41% sono stati sottratti per sempre al loro naturale uso agricolo. Ma, al di là del semplice dato numerico, già di per sé impressionante, suscita sgomento la constatazione del fatto che l'espansione urbanistica è avvenuta a discapito dei suoli migliori. Infatti, e con riferimento alla tabella 4, emerge che oltre l'80% dei Calcaric Fluvisols, cioè suoli feraci e molto produttivi e che ben si prestano per una agricoltura irrigua, molto intensiva, che permette alti redditi agli agricoltori, sono stati per sempre sottratti all'uso agricolo. E ancora più del 42% dei Verti-Calcaric Fluvisols, cioè suoli con limitazioni leggere o poco importanti che non ne compromettono certamente la potenzialità agronomica e l'idoneità all'agricoltura irrigua di tipo intensivo. Percentuali minori fanno registrare i suoli con potenzialità produttiva via via decrescente.

TIPO PEDOLOGICO	IN ORIGINE		CONSUMO AL 1955		CONSUMO DAL 1955 AL 1983		CONSUMO DAL 1983 AL 1996		CONSUMO TOTALE	
	ETTARI	%	ETTARI	%	ETTARI	%	ETTARI	%	ETTARI	%
Eutric Vertisols	508,3	30,4	50,8	3,0	50,4	3,0	25,9	1,5	127,1	7,6
Calcaric Fluvisols	387,7	23,3	27,4	1,7	260,5	15,6	23,4	1,4	311,3	18,6
Vertic-Calcaric Fluvisols	366,5	21,9	25,3	1,5	42,9	2,6	86,0	5,2	154,2	9,2
Vertic Cambisols	185,1	11,1	21,2	1,3	5,8	0,3	27,5	1,7	54,5	3,3
Calcaric Arenosols	98,2	5,8	4	0,2	10,5	0,6	23,9	1,4	38,4	2,3
Alvei, spiagge, altro	125,6	7,5								
TOTALE	1671,4	100,0	128,7	7,7	370,0	22,1	186,7	11,2	685,4	41,0

Tab. 3 *Consumi di suolo nel tempo nella piana di Buonfornello suddivisi per tipo pedologico*

SUOLO	CALCARIC	VERTI-CALCARIC	EUTRIC	VERTIC	CALCARIC
VALUTAZIONE	FLUVISOLS	FLUVISOLS	VERTISOLS	CAMBISOLS	ARENOSOLS
Classe di irrigabilità	1	2s - m	3sd - h w	3sd - h w	4s - vp
Classe di potenzialità	1	2	2	3	5
Ettari presenti in origine	387,7	366,5	508,3	185,1	98,2
Ettari perduti al 1996	311,3	154,2	127,1	54,5	38,4
Perdita % sul tipo pedologico	80,3	42,1	25,0	29,4	39,1

Tab. 4 *Tavola sinottica delle perdite di suolo in funzione della loro potenzialità agronomica e della loro idoneità all'irrigazione*

Un aspetto non secondario è legato alla presenza in diverse aree della piana di "Urbic Anthrosols", cioè di "suoli" che nulla hanno di naturale ma che sono costruiti dall'accumulo nel tempo di sfabbricidi, misti ad altri residui urbani e a materiale terroso e che hanno un impatto negativo sull'ambiente e sulla sua qualità.

5. L'IMPATTO AMBIENTALE PER ENTISOLIZZAZIONE

Numerose aree del mondo sono oggi interessate da un processo di "entisolizzazione" alla cui base è l'attività dell'uomo. Ogni anno, infatti, numerose aree di terreno produttivo dal punto di vista agricolo, vengono cementificate o assegnate allo sviluppo come accade durante la costruzione di infrastrutture oppure quando si creano "suoli" per seppellire rifiuti di varia origine e natura.

In diversi casi però sono le attività agricole che minacciano la pedodiversità e conducono a una "entisolizzazione" dei suoli cioè a una omogeneizzazione spinta delle loro caratteristiche che può, a tutti gli effetti, essere considerata alla stessa stregua dell'erosione genetica che restringe il campo di variabilità degli esseri viventi. Una diminuzione della pedodiversità può infatti avere profonde ripercussioni sulla qualità dell'ambiente (Dazzi, 2002).

Un esempio significativo viene da una recente indagine svolta entro i confini territoriali del comune di Mazzarrone, un piccolo centro a economia agricola posto nella Sicilia sud-orientale (Dazzi e Monteleone, 2007).

Mazzarrone, comune di 3.347 ettari in una zona collinare al confine fra le province di Ragusa e Catania, nel decennio compreso fra il 1970 e il 1980, ha vissuto una rapida riconversione colturale del suo territorio che ha consentito un notevolissimo incremento del reddito pro-capite dei suoi abitanti.

La riconversione colturale avviene in quegli anni con una frequenza sempre maggiore. Sulla spinta del notevole tornaconto economico, si assiste a una visibile trasformazione del paesaggio agrario operata, finanche su superfici

acclivi, attraverso sbancamenti, livellamenti, scassi. I suoli presenti, costituiti da tipi anche molto diversificati (afferenti agli Entisuoli, agli Alfisuoli e agli Inceptisuoli), con l'intervento dell'uomo vengono trasformati in "Suoli Antropogenici" che risultano così profondamente e intensamente rimaneggiati con potentissimi mezzi meccanici o costruiti con notevole movimento di materiali terrosi che in essi non è più possibile distinguere alcun frammento di orizzonte diagnostico ma appaiono come masse terrose che non mostrano alcuna logica distribuzione degli elementi costitutivi.

I benefici sociali e soprattutto economici sono stati notevoli, ma sono stati ottenuti con una profonda azione sul pedo-paesaggio: infatti l'enorme pressione esercitata sull'ecosistema suolo porta a sconvolgimenti di altra natura: il suolo così violentato si offre indifeso all'erosione. Sotto i vigneti infatti, ogni anno tonnellate di suolo vengono portate via dal vento o finiscono a valle attraverso ampi solchi d'erosione che, a mano a mano che si formano, vengono riempiti con materiale terroso trasportato da altri luoghi ove sono suoli che presentano ancora una propria configurazione. In queste condizioni è chiaro che l'elasticità del suolo, cioè la capacità di riprendere la propria configurazione a seguito di una azione di disturbo, è minima e, sovente, nulla.

Accanto a questi aspetti, occorre considerare anche quelli legati alla gestione agronomica della coltura e che derivano dall'impiego di film plastici, di pesticidi e di fertilizzanti. Infatti, per lasciare il frutto sulla pianta ed effettuare la raccolta in prossimità delle festività natalizie, i vigneti vengono coperti con film plastici dello spessore di 2-4 mm che vengono utilizzati solo per due anni. Sulle piante così coperte si interviene con massicce dosi di anticrittogamici e con trattamenti che, in dipendenza dell'andamento climatico, vengono effettuati anche ogni 2/3 giorni. I film plastici, anche se la legge impone il loro riciclo, spesso vengono abbandonati nell'ambiente e, bruciati, rilasciano composti tossici che, insieme ai pesticidi usati così massicciamente, possono permanere nell'ambiente per un periodo di tempo più o meno lungo, con ripercussioni possibili sulla qualità delle acque di falda che, in questo ambiente sono a una profondità di 12-15 metri e che vengono abbondantemente utilizzate.

6. CONCLUSIONI

Il suolo non è un ambito esclusivo dell'agricoltura. È una componente vitale dei processi e dei cicli ecologici, un ricettacolo dei nostri rifiuti, un utile filtro per le nostre acque sempre più inquinate, la base su cui poggiano le nostre infrastrutture, un mezzo attraverso cui gli archeologi, con l'aiuto dei pedologi,

leggono la storia dell'Uomo.

Con l'avvento della società dei consumi il rapporto Uomo/Ambiente in generale e Uomo/Suolo in particolare, è diventato ancora più difficile a causa principalmente della progressiva erosione subita dai codici morali tradizionali.

Manca purtroppo la diffusa consapevolezza dell'importanza delle risorse ambientali e del suolo in particolare. Questo, essendo una *cripto-risorsa*, una risorsa nascosta, viene considerato in tutta la sua importanza solo in concomitanza di eventi catastrofici e quando i guasti sono oramai compiuti.

È chiaro che lo sviluppo sociale ed economico non può essere arrestato, ma deve avvenire nel rispetto dell'ambiente e delle sue risorse. In particolare, nelle procedure di valutazione di impatto delle attività dell'uomo sul territorio, occorrerebbe sempre considerare la salvaguardia del suolo, che rappresenta una risorsa naturale non-rinnovabile su scala temporale umana.

Le scelte devono assolutamente poggiare sul concetto di sviluppo sostenibile che soddisfi le necessità di una società sempre più globale e tecnologica. Sarebbe pertanto saggio dedicare maggiore cura verso la risorsa suolo che ci garantisce il benessere materiale. Invece si verifica proprio il contrario. Lungi dall'usare con cautela la risorsa suolo, la stiamo consumando come se avessimo un pianeta di riserva parcheggiato nello spazio. Occorre tenere presente che alla base di ogni processo di degradazione dei suoli si pone un fattore di stress che influenza seriamente i parametri di qualità dei suoli, e che finisce per influenzare la stessa qualità della vita dell'Uomo se è vero, come è vero, che *quanto bassa è la qualità del Suolo, tanto bassa è la qualità della vita dell'Uomo*.

È necessario allora fare di tutto per fare emergere dal profondo della nostra coscienza quell'antico vincolo che ci unisce al suolo e che, nel settembre del 2002, in occasione del World Summit di Johannesburg sullo sviluppo sostenibile faceva dire a Kofi Annan, segretario generale dell'Onu: «La prosperità costruita saccheggiando l'ambiente naturale non è affatto prosperità. È soltanto un rinvio temporaneo del disastro futuro».

RIASSUNTO

Il suolo svolge funzioni fondamentali per i bisogni e il benessere dell'uomo. Nel tempo le pressioni sul suolo sono sempre più aumentate per effetto delle differenti necessità e attività umane. Queste sono in continuo aumento e in competizione e vengono soddisfatte senza tenere conto della diversità dei suoli, della loro funzione e della loro potenzialità. La situazione è esacerbata dalla pressione demografica e da un momento economico che

pone all'uomo priorità di tipo non ambientale. Di conseguenza i suoli sono degradati in modo anche molto intenso, in dipendenza delle pressioni cui sono soggetti e della loro resilienza.

In Europa, nella seconda metà del ventesimo secolo lo sviluppo agricolo, industriale e urbano ha notevolmente degradato i suoli e compromesso le loro funzioni. Anche nel nostro Paese, gli ultimi decenni sono stati particolarmente disastrosi: erosione, urbanizzazione, frane e alluvioni, contaminazione locale e diffusa, salinizzazione, entisolizzazione, sono i problemi principali. Altri ne sono sorti in questi ultimi decenni e riguardano la notevole diminuzione della pedodiversità nelle aree a maggiore redditività agricola e il consumo di suolo legato alla enorme diffusione degli impianti fotovoltaici.

Poco viene fatto per contrastare o attenuare tale situazione. Ciò è in gran parte dovuto alla non consapevolezza di che cosa realmente sia il suolo e del perché è necessario conservarne inalterate le funzioni.

ABSTRACT

The soil performs essential functions for the needs and welfare of man. During the time the pressures on the soils are more and more increased by the effect of the different human activities. These are on the rise and in competition and are fulfilled without taking into account the diversity of the soils, their function and their potential. The situation is exacerbated by demographic pressure and by an economic period that gives man not environmental priority. As a result, the soils are heavily degraded in a very diverse way, depending on the pressures they are undergone and their resiliency.

In Europe, in the second half of the twentieth century the agriculture, industrial and urban development has greatly degraded soils and their functions. Even in our country, the past few decades have been particularly disastrous: erosion, urbanization, landslides and floods, local and diffuse contamination, salinization, entisolization, the main problems.

Others have arisen in recent decades and are related to the significant decrease of pedodiversity in the areas of greater agricultural profitability and the soil consumption due to massive spread of on-soil photovoltaic systems.

Little is done to counteract or lessen such situation. This is largely due to not understanding of what actually is the soil and why we should preserve unchanged its functions.

BIBLIOGRAFIA

- BAUTISTA F., ZINCK J.A. (2008): *Mayan soil classification system and their relationship with WRB*, <http://www.scc2008.uchile.cl/Session1/1%20Bautista%20&%20Zinck%202008.pdf>
- BLUM W.E.H., AGUILLAR SANTELISE A. (1994): *A concept of sustainability and resilience based on soil functions: the role of ISSS in promoting sustainable land use*, CAB Int. Soil Resilience and Land Use (eds Greenland and Szabolcs), pp. 535-542.
- BOSKHEIM J.G., GENNADIYEV A.N., HAMMER R.D., TANDARICH J.P. (2005): *Historical development of key concept in Pedology*, «Geoderma», vol. 124, pp. 23-36.
- DAZZI C. (2002): *Pedodiversità: il Suolo fra Ordine e Caos*, in *Suoli, Ambiente, Uomo:*

- omaggio a Fiorenzo Mancini, 80 anni di pedologia*, a cura di Bini, Edifir, Firenze, pp. 9-18.
- DAZZI C. (2005): *I Suoli, risorsa vulnerabile*, Atti del Convegno nazionale SISS: "Suolo e Dinamiche Ambientali", Viterbo, 2004, «Bollettino SISS», vol. 54, n. 1-2, pp. 7-15.
- DAZZI C. (2006): *Risorsa suolo e consapevolezza ambientale*, Atti del Convegno nazionale SISS: "Suoli, Paesaggi, Ambienti", Imola, 2006 (Gessa, Lorito, Vianello, Vittori Antisari Eds), ISBN: 88-902831-1-4, pp. 59-65.
- DAZZI C. (2008): *Soils, environmental awareness and ecological footprint in the European countries*, Proceedings volume on CD of the 1st Conference of the Czech Soil Science Society and Societas Pedologica Slovaca "Soil in modern information society", J. Sobockà and J. Kulhavy eds. Bratislava, ISBN 978-80-89128-44-0, pp. 49-57.
- DAZZI C., FIEROTTI G., RAIMONDI S. (1998): *Rate of erosion and nutrient losses in three benchmark soils on the hilly landscape of Sicily*, in *The soil as a strategic resource: degradation processes and conservation measures*, Geoforma Ediciones, pp. 49-60.
- DAZZI C., MONTELEONE S. (2007): *Anthropogenic processes in the evolution of a soil chronosequence on marly-limestone substrata in an Italian Mediterranean environment*, «Geoderma», vol. 141, 3-4, pp. 201-209, doi:10.1016/j.geoderma.2007.05.016
- DAZZI C., MONTELEONE S. SCALENGHE R. (2004): *Anthropogenic soils originated by severe disturbances due to large scale farming*, ESSC 4th Inter. Congress - Proceedings Volume, Budapest, pp. 153-156.
- DAZZI C., RAIMONDI S., LUPO M., TUSA D. (1997): *Il consumo di suolo dovuto all'urbanizzazione: l'esempio di una pianura alluvionale costiera (Palermo)*, Atti della 1ª Conferenza Nazionale delle Associazioni Scientifiche per le Informazioni territoriali e Ambientali "Le Immagini e le Informazioni Territoriali", Parma 30 settembre-3 ottobre, pp. 348-357.
- HILLEL D. (2007): *Soil in the Environment: crucible of terrestrial life*, Academic Press, 307 p.
- HUDSON N. (1995): *Soil Conservation*, 3rd ed. B T Batford limited. London, pp. 391.
- INDORANTE A., LAUDICINA V. A., RAIMONDI S., TUSA D. (2001): *Evoluzione della salinità del suolo durante un biennio di osservazioni in due ambienti irrigui siciliani*, Atti Convegno Conclusivo Progetto POM-OTRIS, Bari, pp. 249-262.
- IUSS-ISRIC-FAO (1999): *World Reference Base for Soil Survey*, versione italiana a cura di E. Costantini & C. Dazzi - ISSDS, Firenze, 98 pp.
- TANJI K.K. (1990): *Agricultural Salinity Assessment and Management*, ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice n. 91, New York, American Society of Civil Engineers.
- WILLIAMS B. J. (2006): *Aztec Soil knowledge: classes, management and ecology*, in *Footprints in the Soils. People and ideas in Soil History* (B. P. Warkentin ed.), Elsevier.
- WINIWATER V. (2006): *Soil Scientist in ancient Rome*, in *Footprints in the Soils. People and ideas in Soil History* (B. P. Warkentin ed.), Elsevier.