



ACCADEMIA DEI GEORGOFILI

«GLOBAL CHANGE»

**IL VERDE PER LA DIFESA  
ED IL RIPRISTINO AMBIENTALE**

Accademia dei Georgofili    Accademia Italiana di Scienze Forestali

**LE PIANTE, LA REGIMAZIONE DELLE ACQUE  
E I DISSESTI IDROGEOLOGICI**

Firenze, 1995



Errata corrige:

A pp. 28-29    Le foto 5 e 12 sono invertite.

A p. 40        Didascalia Foto 19: REMBRAND, *Il festino di Baldassarre*.

ACCADEMIA DEI GEORGOFILI



GIORNATE DI STUDIO SUL

«GLOBAL CHANGE»

**IL VERDE PER LA DIFESA  
ED IL RIPRISTINO AMBIENTALE**

**4ª GIORNATA**

**LE PIANTE, LA REGIMAZIONE DELLE ACQUE  
E I DISSESTI IDROGEOLOGICI**

Firenze, 7 dicembre 1994

Sala Conferenze

Accademia Italiana di Scienze Forestali

Piazza Edison, 11

---

Firenze, 1995

Da «I GEORGOFILII. Atti dell'Accademia dei Georgofili». Anno 1994 - Settima Serie -  
Vol. XLI (170° dall'inizio).

Responsabile redazionale Dott. Paolo Nanni.

# Indice

FRANCO SCARAMUZZI	
<i>Introduzione</i>	5
FIORENZO MANCINI	
<i>Introduzione</i>	7
PAOLO RODOLFO FEDERICI - GIULIANO RODOLFI	
<i>I processi naturali ed antropici responsabili della degradazione e mutazione del paesaggio italiano</i>	13
DINO TORRI	
<i>Processi di erosione e cambiamento globale</i>	47
GIANCARLO CHISCI	
<i>Gli interventi per la conservazione del terreno nei sistemi agricoli delle aree declivi</i>	61
ORAZIO CIANCIO - FIORENZO IOVINO	
<i>I sistemi forestali e la conservazione del suolo</i>	85
SILVANO GRAZI	
<i>Alluvioni e uso del territorio</i>	113
ANGELO ARU	
<i>I dissesti - Situazione attuale e problemi di mitigazione</i>	123
RICCARDO BUTI	
<i>Comunicazione della A.N.E.G.R.I.</i>	135
Considerazioni conclusive	139
Bibliografia	141



## Introduzione

Il tema della giornata di studio odierna è diventato purtroppo di tragica attualità, ma non scaturisce da un'esigenza contingente e non vuole essere una delle tante iniziative che si realizzano a caldo quando questi eventi drammatici si verificano. Si tratta di un'iniziativa che era in cantiere da molto tempo: uno studio, compiuto da una commissione composta dai relatori odierni, che ci offrirà materiale per riflettere e per individuare concretamente, costruttivamente quello che è necessario fare sottoponendolo all'attenzione di chi ha la responsabilità di fare.

Questa giornata di studi si inquadra in una serie di giornate di studio che vanno tutte sotto un unico tema *Global Change*, «Cambiamento Globale» — ovvero questa preoccupante, sotto certi aspetti, prospettiva che i nostri colleghi ci sottopongono — ed «Il verde per la difesa ed il ripristino ambientale». L'Accademia dei Georgofili, fedele ad un ruolo che ha svolto nel tempo, con studi ed iniziative riguardanti il territorio che risalgono alle bonifiche idrauliche della Maremma Toscana della Val di Chiana, e poi alla bonifica integrale degli inizi del secolo legata al nome del Serpieri, continua a preoccuparsi di questo tema della difesa ambientale. Da sempre questa azione viene fatta sottolineando un punto e cioè che qualsiasi cosa si voglia fare concretamente, fattivamente, realisticamente per la difesa ed il ripristino dell'ambiente, questa non può prescindere dal verde inteso come vegetazione. La centralità del verde in tutte le nostre iniziative si impone. In questo quadro, sotto questo unico titolo che rappresenta il filo conduttore degli studi

compiuti a riguardo, i Georgofili hanno organizzato diverse giornate di studio. Questa odierna è la quarta, realizzata in collaborazione con l'Accademia Italiana di Scienze Forestali, con la quale siamo intimamente legati da rapporti di stretta collaborazione.

L'ultima giornata di studi si è svolta il 25-26 novembre a Teramo ed aveva per oggetto la «Compatibilità delle attività agro-forestali nelle aree protette». È stato possibile mettere in evidenza che non solo esiste una compatibilità fra le attività agro-silvo-pastorali e la protezione dei parchi, delle aree protette in generale, ma esiste anche una necessità: è opportuno che in queste aree venga sostenuta un'attività agro-silvo-pastorale compatibile, «sostenibile» come oggi si usa dire.

Il tema odierno, ripeto, riguarda «Le piante, la regimazione delle acque ed i dissesti idrogeologici». Noi non abbiamo oggi all'ordine del giorno — lo abbiamo già esaminato e discusso nella prima giornata di studio — quelli che possono essere considerati i cambiamenti climatici in atto, presunti o reali, modesti o grandi che siano. Il ciclo delle acque e le precipitazioni atmosferiche cambiate nel tempo e nelle quantità possono essere indicate come causa di alcuni dissesti che noi purtroppo subiamo, ma questo tema esula dalle valutazioni che oggi vogliamo fare. Oggi ci occupiamo soprattutto della regimazione delle acque e dei dissesti che derivano da una mancata regimazione; dell'importanza che il verde, cioè la vegetazione, cioè le attività agro-silvo-pastorali in definitiva, possono avere su questa regimazione.

Ringrazio tutti per la partecipazione. Un ringraziamento particolare ed aggiuntivo all'Accademia Italiana di Scienze Forestali per averci ospitato e per la realizzazione di queste iniziative.

*Franco Scaramuzzi*

## Introduzione

Nella serie di giornate di studio che i Georgofili hanno inteso organizzare sotto il titolo generale «Il verde per la difesa e il ripristino ambientale» è parso utile dedicarne una ai problemi dei dissesti e della regimazione delle acque.

È mio compito, nell'introdurre i lavori, spiegare i motivi che ci hanno indotto a questa messa a punto. In primo luogo il problema è vivo ed attuale. È questione permanente nel nostro Paese. Già nel Medioevo e all'alba del Rinascimento si illustravano con celebri dipinti, non a caso allocati nei pubblici palazzi, il buon e il malgoverno del territorio.

L'Accademia dei Georgofili, a cui si unisce per alcune iniziative l'Accademia italiana di scienze forestali, ha una plurisecolare esperienza al riguardo ed ha sempre profuso vivo impegno nello studiare e realizzare opere atte a sistemare le colline toscane, a regimare i corsi d'acqua. Se ne trova ampia, approfondita testimonianza nei nostri Atti o nei volumi speciali come quello, splendido, sui problemi dell'Arno. Si tratta di un libro di parecchie centinaia di pagine con studi ed articoli di tanti nostri Maestri pubblicato come contributo dei Georgofili alla ricostruzione della Patria dopo i tragici eventi e le distruzioni del secondo conflitto mondiale.

Il problema della difesa del territorio può articolarsi in numerosi settori, da quello agronomico al silvicolturale, dall'idronomico a quello della geologia applicata. Gran parte di questi settori sono coperti dalle relazioni che avete ricevuto in bozza. Questi testi sono spesso ben più dettagliati e con maggiori approfondimenti di quanto ascolterete dalla viva voce dei relatori. Ad essi è stato chiesto di limitare in tempi ragionevoli le loro esposizioni per le due

ragioni seguenti: poter illustrare una tematica più vasta con un consistente numero di relatori e lasciare spazio per il dibattito.

I singoli relatori tratteranno prevalentemente problemi del nostro territorio così vario e multiforme e anche per questo non facile né semplice da studiare. Alcuni temi sono stati volutamente tralasciati come quello dei movimenti franosi che da solo avrebbe occupato per una trattazione esauriente sulle cause, la diffusione, la sistematica e i rimedi più di una giornata.

Neppure verrà illustrata la problematica dell'erosione colica, per fortuna limitata nella nostra Italia a poche aree dove con adeguate barriere frangivento si risolvono anche problemi di bilancio idrico dei suoli e di contenimento dell'evapotraspirazione.

Abbiamo voluto anche una relazione che si occupasse della normativa sulla difesa del suolo con i più recenti aggiornamenti. Verrà altresì illustrata l'opera del Comitato nazionale deputato al settore e i compiti, delicati e molteplici delle Autorità di bacino. Non siamo invece riusciti ad avere un rapporto d'impronta economica perché non sembra ci siano stati al riguardo studi e ricerche di sufficiente approfondimento e con una visione generale e non limitata a qualche singolo caso od evento.

La scelta, talvolta non ben digerita dai relatori, del nostro Presidente Franco Scaramuzzi di avere pronte le relazioni in tempo utile per una distribuzione a tutti i partecipanti alla giornata di studio mi pare molto felice. Credo che tutti torneranno a casa soddisfatti per aver in mano questi testi su cui poter meditare con calma e magari, in altre sedi ed occasioni, consentire o dissentire su quanto illustrato oggi.

Prima di concludere questa introduzione consentitemi, in forza di un mio impegno di quasi mezzo secolo in questo campo, una breve riflessione.

In primo luogo andrà alla fine eliminato un antico vizio che ci portiamo dietro. Quello di finanziare le opere di sistemazione, di rimboschimento e simili saltuariamente anche se talvolta non si è lesinato. Quello che è mancato in tantissime realizzazioni ed ancor oggi manca è la manutenzione. Si spendono magari miliardi per grandi opere, spesso più che utili veramente necessarie, e poi non si trovano le poche decine di milioni per un'accurata e costante manutenzione.

È un errore soprattutto stupido, da cattivi padri di famiglia.

Per evitare questo o altri sbagli occorre pian piano convincere le popolazioni che l'ambiente in cui vivono e in cui vivranno i loro figli va difeso vigorosamente giorno per giorno e per proteggerlo bisogna in primo luogo conoscerlo e bene. Ogni cittadino ha il diritto di rendersi conto di come vanno le cose. Il diritto di accesso a tutta la documentazione esistente sul-

l'ambiente che lo circonda può essere da lui consultata in qualsiasi ufficio pubblico. Lo stabilisce senza incertezze la legge 349/86 istitutiva del Ministero dell'ambiente.

Amici, guardiamoci però in faccia, fino a che noi studiosi, professori, ricercatori o quello che siamo o che ci piacerebbe di essere, rimarremo in queste aule e discuteremo fra di noi temo che il progresso che saremo capaci di realizzare sarà abbastanza modesto.

Va infine ancora una volta ricordato che, in un paese così bello ma anche così vario, complesso e fragile come la nostra Italia sarebbe gravissimo errore, segno di colpevole superficialità se, scoperta la cura per un dato territorio, pensassimo di poterla applicare dovunque. Indagini recenti su vari bacini idrografici ma anche di carattere ambientale, economico e sociale hanno chiaramente confermato quanto del resto risultava da tempo e cioè che ogni area, ciascun comprensorio ha problemi di difesa differenti, situazioni geomorfologiche e climatiche, storie così diverse da obbligarci ad intervenire con criteri, metodi, tempi diversi.

Se volete qualche esempio basterà ricordare che il nostro caro Presidente Alessandro de Philippis, nelle tante escursioni in foresta fatte con studiosi italiani e stranieri ma soprattutto con i suoi studenti, sottolineava sempre che ogni bosco è diverso dagli altri, ha caratteristiche peculiari, starei per dire una propria personalità.

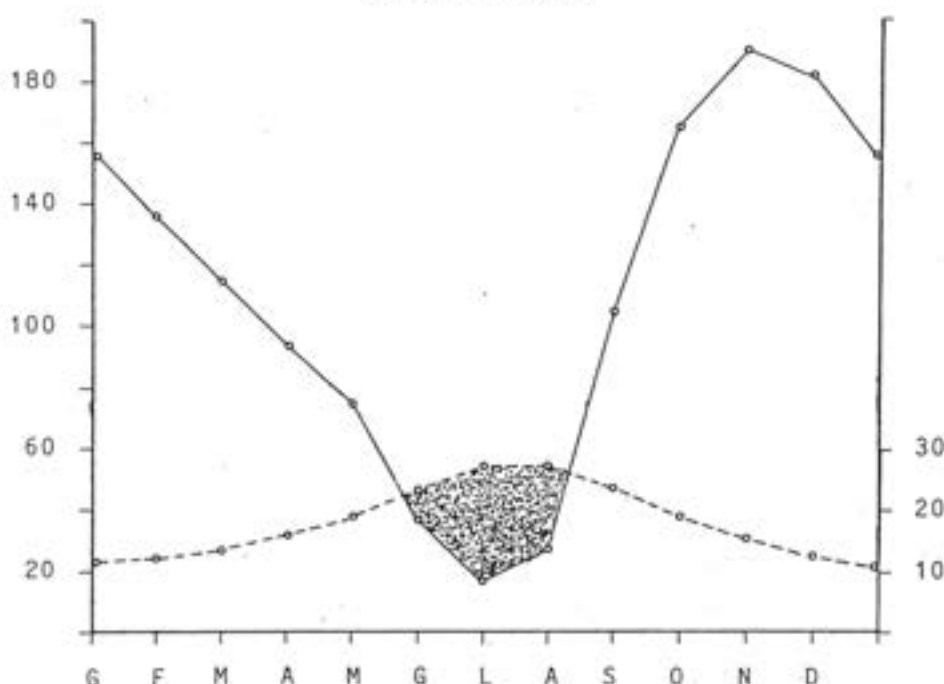
Lo stesso si può dire, nel mio campo, per le frane antiche e recenti, stabilizzate o ancora in movimento. Ognuna è almeno un po' differente dalle altre. E così per i corsi d'acqua come credo concorderà Silvano Grazi. Ogni torrente, ciascun fiume, grande o piccolo che sia, si differenzia dagli altri.

Lo stesso si può dire per le condizioni climatiche. Mutamenti ci sono stati nel tempo, specialmente in ambiente mediterraneo, ma anche nello spazio. A modesta distanza la situazione può essere ben diversa. Per dimostrarlo vi presento i diagrammi ombrotermici costruiti con i dati di vari decenni per tre stazioni. La prima è Salerno, sulle rive del Tirreno e nota anche per i tragici dissesti dovuti a un evento eccezionale nel lontano 1954. Viene poi Avellino, in collina a poche decine di chilometri, ormai nell'interno e già con cinque gradi di temperatura media in meno. Infine Montevergine, il famoso santuario immerso in una maestosa faggeta che protegge preziosi, delicati, erodibili suoli derivanti da fini prodotti vulcanici napoletani. In tale località cadono precipitazioni ben superiori ai due metri.

Mi pare inutile commentare ulteriormente. Basterà ricordare che non si può mai generalizzare.

Sulla difesa del suolo per decenni si è discusso su una legge quadro ed

SALERNO m. 40 s.l.m.

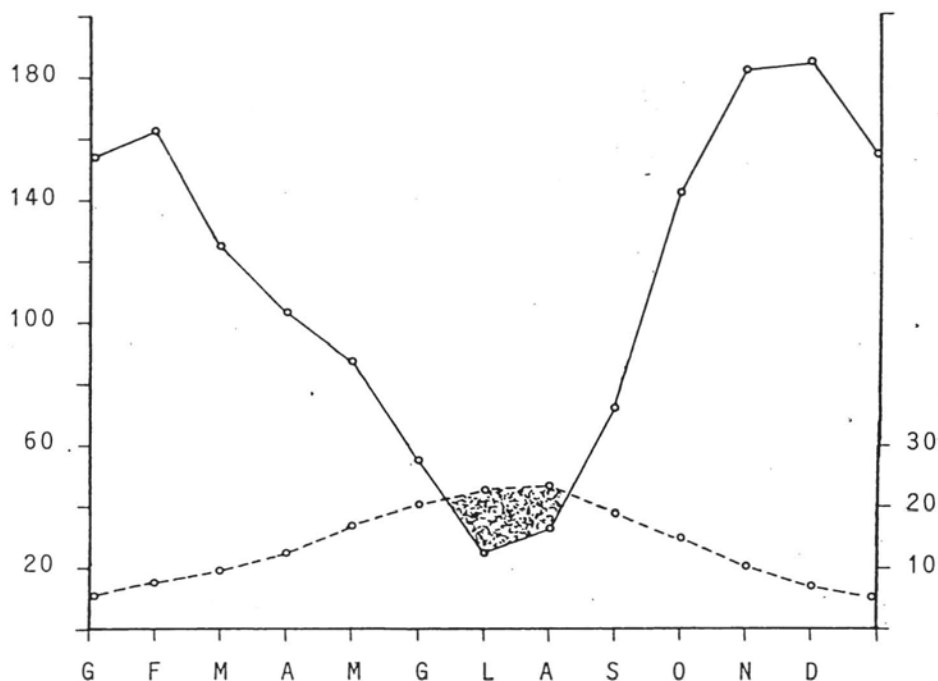


Precipitazioni medie annue mm 1.299 in 92 giorni. Temperatura media annua 18,2°C.

esistono agli atti decine di proposte ministeriali e parlamentari. Siamo arrivati in porto soltanto pochi anni fa.

Uno strumento legislativo abbastanza idoneo al riguardo alla fine lo abbiamo. Alludo alla legge 183/89 sulla difesa del suolo. L'ho criticata più volte per alcune cattive, sbagliatissime definizioni contenute nell'articolo 1 ma non c'è dubbio che essa ci consente di preparare dei piani di bacino con indagini pluridisciplinari che consentiranno una piena conoscenza dei problemi. C'è anche una grossa novità a cui per ora, mi pare, non sia stato dato il dovuto peso. I piani devono essere continuamente aggiornati. I vantaggi saranno numerosi. In primo luogo avremo in mano una situazione continuamente aggiornata con chiara indicazione di quanto va facendo la natura e di quali sono gli interventi dell'uomo. Un altro vantaggio non trascurabile sarà certo quello che tali aggiornamenti daranno lavoro stimolante a molti giovani studiosi e tecnici.

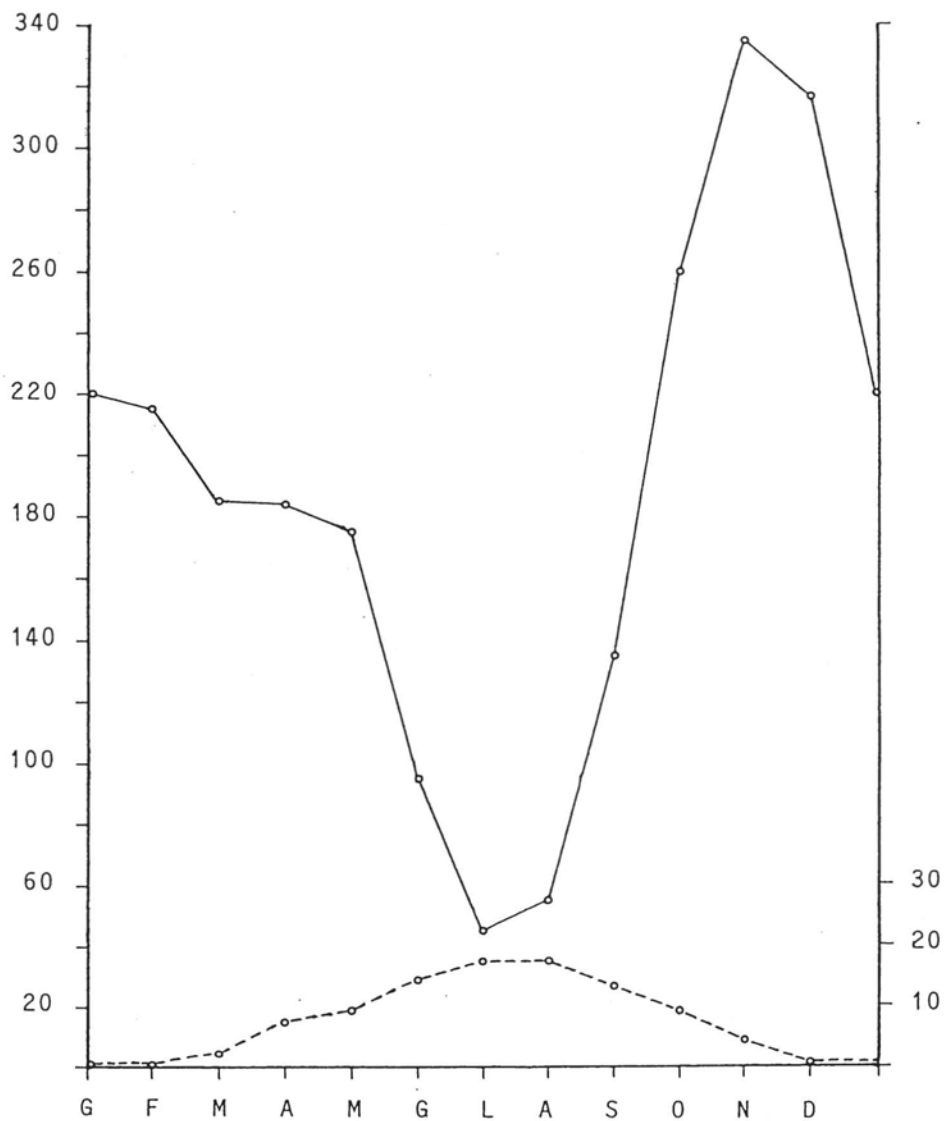
*STAZIONI DELLA CAMPANIA*  
 DIAGRAMMI DI BAGNOULS E GAUSSEN  
 AVELLINO m 370 s.l.m.



Precipitazioni medie annue mm 1.335 in 101 giorni. Temperatura media annua 13,8°C.

Ho concluso, grazie per la vostra partecipazione, grazie per l'attenzione prestata a queste mie riflessioni ed ecco le varie relazioni che i Colleghi con tanto impegno e con sincero attaccamento alla propria disciplina hanno preparato per voi.

MONTEVERGINE m 1.270



Precipitazioni medie annue mm 2.215 in 118 giorni. Temperatura media annua 7,8°C.

## I processi naturali ed antropici responsabili della degradazione e mutazione del paesaggio italiano

### 1. Introduzione

Il paesaggio può essere definito come *il prodotto dell'interazione fra fattori naturali ed antropici in una parte più o meno estesa della superficie terrestre, variabile nel tempo e nello spazio.*

Non si tratta infatti di un'entità statica, come potrebbe apparire ad un'osservazione momentanea, bensì di un insieme in continua evoluzione, espressione di un equilibrio dinamico che si stabilisce nel tempo fra fattori interagenti, nel senso che il mutare di uno di essi, per cause le più varie, comporta un adeguamento degli altri alla nuova situazione, per raggiungere più avanzate condizioni di equilibrio (fig. 1).

Una delle principali componenti del paesaggio, quella che ne costituisce la struttura portante, è senz'altro il *rilievo*, che si manifesta in forme tanto più articolate quanto più attivi sono i processi naturali che ne condizionano l'evoluzione.

Generato nei suoi lineamenti fondamentali da *processi endogeni*, il cui motore risiede nell'interno della Terra, una volta esposto all'azione degli agenti climatici il rilievo è ineluttabilmente soggetto a *processi esogeni*, che tendono a livellarne le asperità e a ridurlo ad uno stato di «*penepiano*», a meno che non sopraggiungano ulteriori sollecitazioni endogene a determinarne un «*ringiovanimento*».

\* Dipartimento di Scienza della Terra, Università di Pisa.

\*\* Dipartimento di Scienza del Suolo e Nutrizione della Pianta, Università di Firenze.

Nota: Tutte le fotografie sono di Giuliano Rodolfi.



FIG. 1. — Un tratto della costiera amalfitana nei pressi di Ravello. Elementi naturali ed antropici si fondono armonicamente, a costituire uno dei passaggi più tipici ed apprezzati del Mediterraneo. Una variazione anomala anche di uno solo di questi elementi sarebbe tuttavia sufficiente per innescare processi di irreversibile degradazione.

Per definire in sintesi questo insieme di processi si usa talvolta il termine generico di «erosione del rilievo» e, per un'errata convinzione circa la lentezza di tale azione, si completa la locuzione parlando di «erosione geologica».

Per non generare ulteriore confusione nell'uso di questi termini, si rendono necessarie alcune precisazioni.

Il modificarsi nel tempo della forma geometrica della superficie terrestre, oggetto di studio della Geomorfologia, avviene per trasferimento di materia, sotto l'effetto della gravità e per mezzo di vettori quali l'aria, il ghiaccio o l'acqua, da aree morfologicamente rilevate ad aree morfologicamente depresse: nelle prime si ha effettivamente erosione, con perdita di materia (*degradazione*), mentre nelle seconde si verifica accumulo (*aggradazione*). Erosione ed accumulo, degradazione ed aggradazione costituiscono quindi due momenti diversi di uno stesso processo di modellamento (*morfogenesi* o, più correttamente, *geomorfogenesi*) che, demolendo i rilievi e colmando le depressioni, tende al livellamento generale del rilievo terrestre.

Ogni *processo morfogenetico* produce pertanto forme di degradazione

e forme di aggradazione. La loro tipologia varia a seconda della natura dell'agente che controlla il processo; le loro dimensioni sono direttamente proporzionali all'intensità con la quale l'azione si esplica e alla quantità di materia mobilizzata.

L'azione dei processi morfogenetici non è tuttavia né continua nel tempo, né si svolge sempre con la stessa intensità; periodi di stasi più o meno lunghi si alternano a periodi di intensa attività, in relazione sia all'intermittenza della dinamica endogena (attività tettonica) che alle pulsazioni del clima.

Durante i periodi di stasi le masse rocciose continuano ad essere oggetto di degradazione, ma ai processi di natura fisico-meccanica si sostituiscono quelli di alterazione chimica, più lenti e meno appariscenti morfologicamente. In queste condizioni di generale stabilità climatica e morfogenetica il ruolo nell'evoluzione del paesaggio degli organismi viventi, e della vegetazione in particolare, diviene dominante. Dall'interazione fra la sfera inorganica e quella biologica, attraverso una serie di trasformazioni che caratterizzano il processo di *pedogenesi*, si origina e si sviluppa il suolo, una nuova entità naturale capace di sostenere ed alimentare un consorzio vegetale, anello di collegamento fra il mondo inanimato e quello degli organismi viventi, sede dei processi che rendono possibile la trasformazione delle sostanze minerali in biomassa.

È per queste sue peculiarità che il suolo deve essere considerato una risorsa primaria, rinnovabile solo in tempi assai lunghi.

Morfogenesi e pedogenesi sono dunque i due processi fondamentali che, in azione concomitante, controllano l'evoluzione del rilievo ed anche del paesaggio; a seconda delle condizioni climatiche nelle quali l'azione si svolge, uno dei due processi può prevalere sull'altro: in regime di *biostasia* viene favorita la formazione di suolo, mentre in regime di *resistasia* si tende alla sua degradazione.

Il suolo assume allora, nel contesto del paesaggio, il ruolo di una sorta di «indicatore» del suo stato di stabilità: suoli profondi, ben organizzati in orizzonti, in equilibrio con la vegetazione che sostengono, ne costituiscono l'espressione più chiara; al contrario, l'effetto immediato del prevalere di processi di degradazione trova riscontro in un progressivo assottigliamento del suolo fino alla sua completa asportazione generando, se non contrastato, una situazione di crescente rischio di desertificazione.

Condizioni di biostasia o resistasia, cioè di stabilità o di instabilità del rilievo, del suolo, del paesaggio e dell'ambiente, si alternano nello spazio, seguendo la latitudine, l'altitudine e le loro combinazioni, a differenziare fra loro i vari paesaggi terrestri; si sono alternate anche nel tempo, seguendo le periodiche variazioni climatiche della storia più recente del nostro pia-

neta. È sufficiente questa considerazione per farci immaginare quanto complesse siano e siano state le vicissitudini che hanno condotto un certo paesaggio ad assumere quella particolare fisionomia che cade oggi sotto la nostra osservazione, e che lo differenzia da quelli adiacenti.

## 2. L'uomo come agente morfogenetico

Ma stiamo trascurando un'altra componente fondamentale del paesaggio: l'uomo con le sue opere. In questa sede verrà dato maggiore risalto alla componente naturale dei processi di degradazione, piuttosto che al contributo ad essi apportato dalle attività dell'uomo, cui accenneremo soltanto nel corso della trattazione. Questo tema particolare sarà, infatti, ampiamente sviluppato nei suoi vari aspetti dalle relazioni che seguiranno.

L'uomo, fin dalla sua comparsa, ha costituito parte integrante del paesaggio e dell'ambiente; le conseguenze della sua presenza sono andate manifestandosi con evidenza crescente man mano che egli veniva migliorando le sue condizioni di vita. Nelle prime fasi della sua evoluzione, egli rivestiva nell'ecosistema terrestre un ruolo pari a quello degli altri componenti del Regno Animale; solo più tardi, quando da raccoglitore e cacciatore nomade divenne sedentario, avendo scoperto l'agricoltura, il suo ruolo nella trasformazione del paesaggio divenne dominante.

L'attività antropica, a questo proposito, è andata progressivamente evolvendosi nel senso di influenzare con sempre maggiore intensità la morfogenesi, come si può evincere da quanto già espresso da uno degli scriventi (Federici, 1988).

Ispirandoci alle considerazioni di Zachar (1982), possiamo distinguere innanzitutto una morfogenesi dovuta a processi «naturali» da una morfogenesi «antropica», secondo lo schema riportato nella fig. 2.

Quando i processi morfogenetici naturali, interagendo con gli altri fattori del paesaggio, contribuiscono a mantenervi un generale stato di equilibrio dinamico, possono essere ritenuti come normali. Il loro rapporto con i processi pedogenetici è di mutuo equilibrio: le inevitabili perdite di suolo per erosione superficiale sono compensate dal suo continuo approfondirsi a spese di una certa roccia-madre. Ne risulta comunque quel generale livellamento del rilievo («erosione geologica») di cui parlavamo più sopra.

Non sempre l'evoluzione del rilievo e del paesaggio segue questo ritmo di lenta evoluzione. È sufficiente una rapida variazione nel comportamento di uno dei fattori (evento tettonico improvviso, cambiamento climatico, me-



FIG. 2. — Relazioni fra natura della morfogenesi e livelli di pericolosità indotta sul paesaggio e sull'ambiente (da Zachar, 1982, con leggere modifiche).

teora eccezionale) a determinare la rottura dell'equilibrio, per cui uno o più dei processi morfogenetici assumono un comportamento anormale generando forme (di erosione e di conseguente accumulo) di marcata evidenza. Mantenendo il paragone con il suolo, questo può essere asportato in tempi più brevi di quelli richiesti dalla pedogenesi per produrne di nuovo.

L'intervento dell'uomo sul paesaggio può anch'esso esplicarsi con diversa intensità. Alcune opere o sistemi di sfruttamento delle risorse naturali sono stati in passato progettati o condotti, a volte anche inconsciamente, secondo criteri di conservazione dell'ambiente e del paesaggio miranti ad ostacolare l'ineluttabilità dei processi naturali, minimizzandone le conseguenze.

In altre occasioni, sempre più vicine ai nostri tempi, le aumentate necessità di espansione delle attività umane, degli insediamenti e delle infrastrutture, nonché il perseguimento dello sfruttamento intensivo delle risorse, in molti casi ingiustificato, hanno interessato paesaggi per loro natura «fragili», nei quali l'equilibrio fra le varie componenti naturali già si trovava in condizioni di precarietà. Il processo di morfogenesi risulta allora artificialmente accelerato verso una generale degradazione del paesaggio.

Secondo questa logica il termine generico di «erosione accelerata», di cui tanto si abusa per indicare un insieme di processi responsabili delle più marcate alterazioni del paesaggio, deve essere necessariamente riferito alla sola azione antropica. Fino dalla sua apparizione sulla Terra l'uomo è entrato a far parte dei più vari ecosistemi, dapprima adattandovisi più o meno passivamente, alla pari degli altri animali superiori, poi cercando di modifi-

carli secondo le proprie necessità, nel corso della sua evoluzione da *Homo erectus* a *Homo sapiens*, a *Homo faber*.

Possiamo far coincidere l'inizio dell'attività dell'uomo come agente modificatore degli ecosistemi naturali e modellatore del paesaggio con la comparsa dell'agricoltura e, di conseguenza, con le prime deforestazioni responsabili dell'innescare dei processi di erosione accelerata del suolo. Generalizzando questo concetto, potremmo asserire che quanto più a lungo un certo territorio è stato sede di attività antropiche tanto più esso mostra evidenti i segni della degradazione subita nel corso dei tempi.

Tutti i Paesi che si affacciano sul Mediterraneo, culla delle più antiche civiltà, conservano le tracce di questo passato nei paesaggi estremamente articolati ed accidentati, modellati nei substrati scarsamente coerenti che ne costituiscono l'immediato retroterra; oltre ad un clima particolarmente aggressivo, i suoli di queste regioni, prima fra tutte l'Italia peninsulare, hanno subito le conseguenze di una prolungata utilizzazione, non sempre condotta con tecniche e metodi «conservativi».

Gli effetti negativi non erano, ai primordi, connessi tanto con le elementari tecniche di coltivazione, che venivano condotte con il solo impiego di energia umana od animale, quanto con la deforestazione di ampie superfici che precedeva questo tipo di utilizzazione. Una volta superato questo primo momento di impatto, durante il quale le colture furono estese fin dove la situazione morfologica locale (pendenza dei versanti) consentiva il lavoro animale, o ai suoli riconosciuti più produttivi, per lungo tempo si stabilì un accettabile equilibrio fra le attività dell'uomo e l'ambiente nel quale esse si svolgevano. Gli insediamenti erano per lo più sparsi e ben distribuiti sul territorio, seguendo soprattutto criteri di sicurezza nei confronti di possibili pericoli naturali, quali l'instabilità dei versanti o le inondazioni.

Si può dire che una tale situazione perdurò, in Italia, fino al secondo dopoguerra, ed ebbe rapidamente termine con il sopraggiungere dell'industrializzazione. Questo processo, iniziato negli anni '50, provocò un abbandono in massa dell'attività agricola, a partire naturalmente dalle zone marginali che, non più presidiate, rimasero esposte ai processi di degradazione (Rodolfi, 1988 e 1994, in stampa).

Si assisté da allora ad un ampliamento degli insediamenti urbani ed industriali che, insieme alle necessarie infrastrutture, si svilupparono di preferenza, per maggiore economia nelle spese di impianto e di gestione, nelle aree pianeggianti di fondovalle, anche laddove esistevano i presupposti geomorfologici per farle considerare soggette a pericolosità naturale. Le sezioni degli alvei dei corsi d'acqua furono artificialmente modificate, sia renden-

dole più strette per guadagnare spazi edificabili, sia approfondendole per l'estrazione di materiali da destinare alla crescente attività edilizia.

L'agricoltura fu spinta allora verso le aree collinari ad interessare per lo più suoli e substrati con scadenti caratteristiche geotecniche, già in precario equilibrio; inoltre, per permettere una completa meccanizzazione delle operazioni colturali, dalla lavorazione del terreno al raccolto, furono ampliati gli appezzamenti, livellando con il massiccio impiego di bulldozers gli antichi terrazzamenti ed eliminando la vecchia ed efficace rete di opere di regimazione idraulica cui era dovuto il mantenimento di quel precario equilibrio. Ne seguì immediatamente una recrudescenza dell'erosione superficiale e dei movimenti di massa sui versanti, mentre, per variazione del coefficiente di deflusso di molti corsi d'acqua, si verificarono inondazioni anche catastrofiche.

Il consumo di acqua, sia per usi domestici che industriali o irrigui, aumentò vertiginosamente, per cui si rese necessario sfruttare falde acquifere sempre più profonde, con l'innescare di processi irreversibili di subsidenza; contemporaneamente, la realizzazione di invasi artificiali limitò notevolmente il ripascimento delle spiagge, favorendo un processo di rapida erosione delle coste.

Questo insieme di fenomeni, collegati intimamente l'uno all'altro in una catena di cause e di effetti che coinvolse, sia pure in misura diversa, tutti i principali bacini idrografici nei quali è scomponibile il territorio italiano, è tutt'ora attivo, anche se una maggiore sensibilità verso i problemi dell'ambiente da parte dei pianificatori sta cercando di prevenirne le cause o di mitigarne gli effetti.

### 3. La pericolosità da processi morfogenetici e le conseguenze sul paesaggio: la situazione italiana

Dalle precedenti considerazioni risulta chiaro come in ogni paesaggio i processi morfogenetici, naturali od antropici, possano indurre situazioni di instabilità più o meno gravi e transitorie, che potremo esprimere in termini di *livelli di pericolosità* cui il paesaggio rimane soggetto (1). Inutile far notare come una morfogenesi normale od ostacolata sia sintomo di bassa pericolosità per il paesaggio, mentre processi di intensità anormale o artificialmente accelerati possono generare rapide, profonde ed irreversibili trasformazioni.

(1) La pericolosità geomorfologica può essere considerata «la probabilità che un certo fenomeno di instabilità geomorfologica si verifichi in un certo qual territorio, in un determinato intervallo di tempo» (Panizza, 1987).

Nella tab. 1 per ogni processo morfogenetico vengono definite alcune peculiarità nei confronti delle situazioni di pericolosità naturale e di conseguente rischio, come la possibilità che il processo possa essere innescato per cause antropiche, la possibilità che questo possa esprimersi in tempi rapidi o generare catastrofi, la possibilità di un suo controllo da parte dell'uomo, ed infine la possibilità di prevedere il momento e l'intensità del suo manifestarsi.

Tabella 1 - *Classificazione delle pericolosità da processi morfogenetici (da Embleton, Federici & Rodolfi, 1989, modificato e semplificato). X=possibilità positiva; B=buona; M=moderata; S=scarso; N=nessuna.*

PROCESSO MORFOGENETICO	Influenza antropica	Possibilità di evento rapido o catastrofe	Possibilità di controllo da parte dell'uomo	Prevedibilità
Sismicità	—	X	N	S
Vulcanesimo	—	X	N	S
Subsidenza	X	rara	M-S	S
Movimenti di massa	X	X	M	B-M
Ruscellamento sup.	X	X	B-M	B-M
Fluviale	X	X	B-M	B-M
Eolico	X	—	M-S	B
Marino-litorale	X	—	B-M	B
Nivale	X	X	M	B-M
Glaciale	—	X	S	B-M

La situazione della nostra penisola è fra le più complesse, in quanto ogni aspetto della pericolosità naturale vi è ampiamente rappresentato, non meno di quelli connessi con la millenaria presenza dell'uomo; risulta pertanto difficile anche la più semplice sintesi, che può correre allo stesso tempo il rischio di una valutazione per eccesso o per difetto. Nel seguito della trattazione verrà fatto ampio riferimento ad un recente tentativo in questo senso di Federici & Rodolfi (1994, in stampa).

Per dare un'idea della dinamicità naturale dell'Italia si ricorre spesso alla descrizione degli eventi estremi che l'hanno interessata: l'eruzione del Vesuvio del 79 d.C., il terremoto di Messina del 1908, la frana del Vaiont del 1963, l'alluvione di Firenze del 1966, trascurandone altri meno celebri ma non senza meno gravi conseguenze.

Il territorio italiano, oltre che da grandi e ricorrenti catastrofi, è soprattutto caratterizzato dalla persistenza nel tempo della pericolosità naturale ad opera di una miriade di singoli eventi, che alla lunga provocano rovine non meno ingenti (Catenacci, 1992). Le cause di una tale situazione sono da ricercarsi in una predisposizione naturale del territorio italiano all'insta-

bilità geologico-strutturale e a quella geomorfologica, come conseguenza della combinazione di processi sia endogeni che esogeni.

### 3.1. *Pericolosità da processi endogeni*

Le Alpi e gli Appennini, principali elementi del rilievo della regione italiana, rappresentano il risultato delle recenti (in senso geologico) deformazioni cui sono andati soggetti il bordo meridionale dell'Europa e quello settentrionale dell'Africa. Pur trovandosi nella sua fase terminale di aggiustamento isostatico delle masse interessate, l'orogenesi alpina si esprime con sollecitazioni tutt'ora attive, come dimostrato dalla frequenza degli episodi sismici che affliggono la quasi totalità del territorio nazionale.

La complicata articolazione e l'elevata energia del rilievo si sono sviluppate in questo quadro geo-strutturale. Solo a luoghi la variabilità morfometrica è stata attenuata dalla sedimentazione terrigena conseguente alle trasgressioni marine del tardo Terziario e del Quaternario, che hanno originato morbidi paesaggi collinari o superfici pianeggianti.

#### 3.1.1. *Sismicità*

La situazione geodinamica della regione italiana in rapporto alle altre del Mediterraneo, dell'Africa e dell'Europa, la sua complessità strutturale e la tendenza alla compensazione isostatica nella fase di completamento dell'orogenesi alpino-appenninica, fanno sì che essa sia interessata da una neotettonica particolarmente intensa e diffusa. Questa si manifesta con movimenti di sollevamento o abbassamento tettonico (relativo) sia di intere aree in blocco sia lungo linee di dislocazione, in particolare faglie dirette. Sono ammessi anche movimenti trascorrenti, ma difficilmente si trovano concrete possibilità di dimostrare la loro esistenza. Invece, lo studio delle faglie presunte «attive» ha compiuto progressi con gli studi effettuati dopo i terremoti più recenti, in particolare dopo quello del 1976 in Friuli (Consiglio Nazionale delle Ricerche, 1977) e del 1980 in Campania-Basilicata (Postpischl *et al.*, 1985) ma molto resta da fare.

La prima e più evidente conseguenza di una tale situazione strutturale e geodinamica della regione italiana è il *rischio sismico*, come dimostra la lunga sequenza di terremoti di ogni intensità registrata almeno in parte nel «Catalogo dei Terremoti in Italia dall'anno 1000 ad oggi» del Consiglio Nazionale delle Ricerche. Va sottolineato che oltre ai danni diretti sulle persone e sui manufatti ad opera dello scuotimento provocato dalle onde sismiche (fig. 3) vanno contati anche quelli indotti dalla liquefazione del terreno e dai movimenti gravitativi, in particolare le frane, che sono un flagello della

regione italiana. Durante il terremoto del Friuli (1976) si verificarono più di mille frane, prevalentemente di crollo (fig. 4) in quello campano-irpino (1980), soprattutto grandi scosscendimenti; in entrambi i casi si trattò spesso di riattivazione di vecchie frane stabilizzate in aree che l'indagine microzonale ha in seguito accertato essere interessate da faglie. La cartina schematica di fig. 6 dimostra che quasi tutto il territorio italiano è soggetto ad un livello di pericolosità sismica più o meno elevata, ad eccezione della Puglia e della Sardegna. Le aree a più alto rischio sono considerate la Calabria, specialmente nel tratto di costa lungo lo Stretto di Messina, l'Irpinia, gli Abruzzi, la parte più interna delle Marche, la Garfagnana ed il Mugello in Toscana, il Friuli e la Liguria Occidentale con le Alpi Marittime.

Va infine sottolineato che alcune zone costiere soggette a rischio sismico lo sono anche per i *maremoti*, che possono da soli o in concomitanza con quelli della terraferma provocare disastri, come appunto successe a Reggio Calabria nel 1908. Tra le zone sottoposte a questo rischio si citano la Sicilia occidentale, molte zone costiere della Calabria, il golfo di Napoli, il promontorio del Conero (Marche) e la Liguria occidentale.

### 3.1.2. *Vulcanesimo*

L'Italia è anche una delle regioni ove il vulcanesimo si è manifestato ininterrottamente a partire dal Terziario. In particolare la Penisola (e anche la Sardegna) deve una parte rilevante della sua morfologia alle attività di numerosi vulcani che hanno avuto durata e intensità diverse, in relazione all'orogenesi appenninica e alla distensione crostale tirrenica. Così si può passare da un magmatismo acido intra-crostante tipico della Toscana a quello basaltico continentale della Sardegna e a vari tipi intermedi. Ma, se in generale solo suggestivi relitti morfologici testimoniano della passata attività endogena, durata talora fino a pochi secoli fa, in alcuni casi permane un vero *rischio vulcanico*. Quattro vulcani infatti sono ancora attivi (Etna, Vesuvio, Stromboli e Vulcano) ed un quinto, i Campi Flegrei, benché ritenuto storicamente spento, ha destato in epoca recente le più vive preoccupazioni (Rosi & Sbrana, 1987).

Di questi, l'Etna è il più imponente, raggiungendo un'altitudine di 3270 m ed un perimetro alla base di oltre 150 km. Il rischio indotto dalla sua attività può però considerarsi insignificante, se paragonato a quello potenziale del Vesuvio: ai suoi piedi si concentra infatti una popolazione di oltre 4 milioni di abitanti (fig. 5), che è andata aumentando nel tempo nonostante le numerose eruzioni che si sono ripetute a partire da quella catastrofica del 79 d.C., che distrusse Pompei ed Ercolano, fino a quella più recente del 1944.



FIG. 3. — Uno dei tanti centri abitati del Friuli gravemente danneggiato dal terremoto del maggio 1976.



FIG. 4. — Una frana di crollo sulle pendici calcaree della valle del Tagliamento in Friuli, conseguente al terremoto del maggio 1976.



FIG. 5. — Le pendici meridionali del complesso vulcanico attivo del Somma-Vesuvio, viste dai Monti Lattari. Una delle conurbazioni italiane a più alta densità (circa 4 milioni di abitanti) è esposta ad un elevato livello di rischio.

Sismicità e vulcanesimo possono indurre profonde trasformazioni nel paesaggio, sia dirette che indotte. Si tratta sempre di manifestazioni improvvise, in quanto i fenomeni premonitori, che non sempre si manifestano o sono registrabili, precedono di poco l'evento catastrofico, e tanto rapide da non consentire neppure la messa in stato di allerta delle popolazioni residenti.

L'uomo è impotente di fronte ai processi endogeni. Non è assolutamente in grado di controllare i parametri che ne determinano l'innescio; può in alcuni casi mitigarne gli effetti, dimensionando opportunamente le opere, o procedendo ad iniziative di carattere sociale (campagne di informazione e di educazione) nelle aree a rischio (fig. 5).

### 3.1.3. *Subsidenza*

La rapidità con la quale i processi morfogenetici agiscono non è, tuttavia, la causa principale delle modificazioni del paesaggio, anche su vasta scala. Al contrario, alcuni effetti si rendono macroscopicamente evidenti solo per il lento ma continuo sommarsi nel tempo di eventi impercettibili.

È il caso della *subsidenza*, fenomeno che provoca il progressivo abbassa-

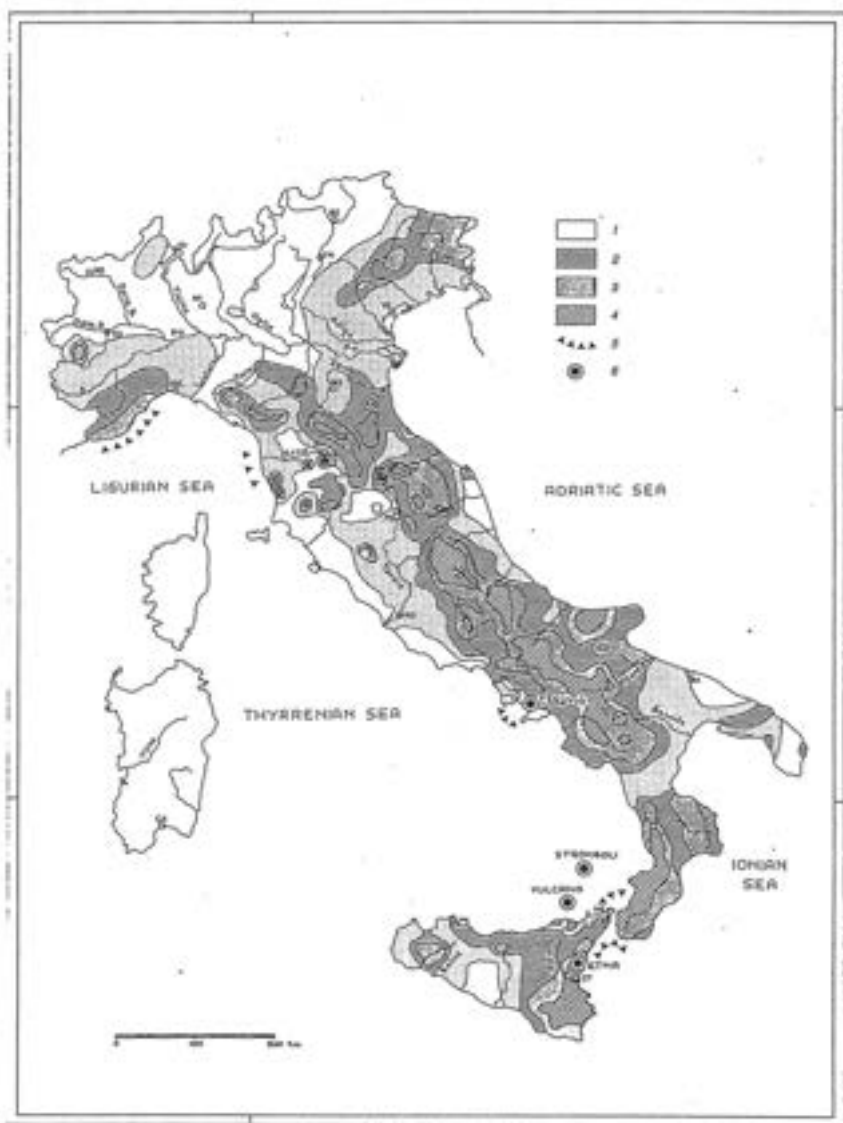


FIG. 6. — Carta schematica dei differenti livelli di pericolosità da fenomeni sismici e vulcanici in Italia. Aree di massima intensità dei terremoti dal 1500 A.D. ad oggi (gradi della scala Mercalli): 1)  $< 7^{\circ}$ ; 2)  $= 8^{\circ}$ ; 3)  $= 9^{\circ}$ ; 4)  $> 10^{\circ}$ ; 5) tratti di costa maggiormente soggetti a maremoti; 6) vulcani attivi.

mento della superficie del suolo, non sempre facile ad interpretarsi nelle cause e di difficile quantificazione. In alcune regioni di pianura italiane esso ha assunto da tempi recentissimi le caratteristiche di un fenomeno pericoloso, che non ha soltanto limitato l'utilizzazione agricola di vaste aree, ma anche inflitto gravi danni a beni artistici di importanza mondiale. È qui necessario sottolineare che in tutti i casi la subsidenza ha subito un eccezionale incremento di valore in conseguenza di attività umane, prima fra tutte l'emungimento di acqua dal sottosuolo per usi urbani ed industriali.

Così, nel Ravennate l'abbassamento del suolo, nel ventennio 1953-1973, ha dimostrato un incremento 10 volte superiore a quello medio annuo di 2,6 mm, relativo al periodo 1885-1953 (Selli & Ciabatti, 1977); a Venezia il sempre più frequente fenomeno dell'«acqua alta» sembra direttamente collegabile con il generale cedimento in atto (1 cm all'anno, in media) che interessa tutta la laguna (Gatto & Carbognin, 1981); analoghi valori della subsidenza si registrano alla periferia di Pisa. Aggravato anche dalle conseguenze dello sfruttamento di giacimenti di metano in profondità, l'abbassamento del suolo ha raggiunto i valori massimi in tutto il delta del Po e nelle zone limitrofe (Bondesan, 1989) con punte fino a -110 cm nel periodo 1958-1970; alcune nuove «sacche» si sono aggiunte a quelle già esistenti, con l'irreversibile sommersione di aree precedentemente bonificate e destinate all'agricoltura.

È sempre in situazioni geomorfologiche di pianura costiera che più che altrove si notano le conseguenze dei prelievi di acqua. La più diretta è l'intrusione delle acque marine negli acquiferi continentali, con conseguente «salinizzazione» delle falde e dei suoli; in questo caso la vegetazione o le colture sono i primi elementi del paesaggio a risentire di questa alterazione della situazione naturale.

Quando la subsidenza giunge ad interessare direttamente il litorale, lunghi tratti di spiaggia vengono esposti all'erosione da parte del moto ondoso, con tutte le conseguenze negative che si possono immaginare sia su quei pochi tratti di paesaggio naturale che ancora sopravvivono (dune costiere, tomboli, ecc.) sia sul paesaggio «costruito» e sul relativo indotto (industria turistica).

### 3.2. *Pericolosità da processi esogeni*

Sul dinamico ed instabile territorio italiano e sul suo paesaggio, caratterizzato dalle continue variazioni del rilievo e dalla presenza di estese formazioni terrigene, talora poco diagenizzate e comunque molto degradabili, agisce una molteplicità di agenti esogeni, riconducibile ad una varietà di climi sorprendente per una regione di media grandezza come l'Italia.

Vi sono rappresentati sia i *gruppi nivali* (E di Köppen) che i *gruppi temperati* (C e D di Köppen), anche con passaggi ai tipi subaridi. Il classico *tipo subtropicale mediterraneo* si trova soltanto lungo le coste e si manifesta all'interno fino all'incontro con i primi rilievi; è caratterizzato dalla generale mitezza della temperatura, indotta dal benefico influsso del mare.

Tale variabilità dipende dal fatto che, pur essendo l'Italia situata alle medie latitudini e quindi in generale sottoposta al flusso di masse d'aria cicloniche di provenienza atlantica, è assai sviluppata proprio in latitudine, cosicché non è esente dai flussi di masse d'aria africane e neppure da quelle europee. Non solo, ma l'articolazione del territorio, con due grandi catene montuose diversamente orientate, e la continua variazione delle altezze, che si portano quasi a 5000 m dal livello del mare, fanno sì che il nostro territorio nazionale sia caratterizzato da un'intensa dinamica atmosferica, variabile nel corso dell'anno e negli anni.

Le temperature medie annue possono variare da più di 20°C, in alcune zone «mediterranee», fino a meno di -18°C di alcune aree alpine; la maggior parte del territorio ha, tuttavia, isoterme annue superiori a 12°C. Così il numero di giorni di gelo è superiore a 100 soltanto sulle Alpi e in varie zone, discontinue, sugli Appennini (in particolare negli Abruzzi e nella Calabria interna).

Per quanto concerne le precipitazioni, bisogna sottolineare la grande variabilità dei valori medi annui da un capo all'altro della regione italiana. Si è già accennato all'esistenza di zone aride, ma va segnalato come gran parte della stessa Pianura Padana ha valori di precipitazione modesti, compensati però dalla fitta rete fluviale e dalla modesta entità dell'evaporazione; nelle zone litoranee, invece, ad una più forte evaporazione si accompagnano valori delle piogge non superiori a 800 mm/anno. Tutta la dorsale appenninica e le Alpi hanno precipitazioni annue, anche nevose, fra 1000 e 2000 mm; in alcuni luoghi raggiungono i 2000 e 3000 mm, con punte eccezionali di 4000 mm nelle Alpi Orientali e nelle Alpi Apuane.

L'elemento che assume un'importanza decisiva nell'attività degli agenti morfogenetici esogeni è l'*irregolarità delle precipitazioni*. La distribuzione regionale è quanto mai varia. Nelle Alpi i mesi più piovosi sono quelli estivi, i meno piovosi quelli invernali; nelle zone interne della pianura Padano-Veneta si hanno due massimi, primaverile ed estivo, con spostamenti stagionali da Ovest a Est; nelle regioni appenniniche sempre due massimi, ma con prevalenza di quello autunnale; nelle regioni costiere si ha una concentrazione delle precipitazioni in inverno ed una prolungata siccità estiva. La comparsa nel corso dei secoli di molti eventi estremi è dovuta proprio a regimi

pluviometrici di questo tipo, caratterizzati dal concentrarsi di intense piogge in brevi periodi di attività.

Va infine sottolineato che il territorio italiano ha risentito notevolmente delle variazioni climatiche del Quaternario, con sovrapposizioni di morfogenesi differenti nel corso del tempo, e con la conseguente formazione di regioni morfologicamente poligenetiche.

Da quanto finora detto si deduce facilmente che se da una parte l'eccezionale dinamicità della «porzione italiana» della crosta terrestre rende ragione dei rischi derivanti dalle forze endogene, dall'altra la varietà e le caratteristiche del clima spiegano la molteplicità degli agenti morfogenetici e quindi la complessità dei rischi derivanti dalle forze esogene.

### 3.2.1. *Il pericolo di erosione-sedimentazione per ruscellamento delle acque sui versanti*

In termini generali, e sotto condizioni climatiche «normali», il processo di erosione-sedimentazione per ruscellamento delle acque sui versanti può essere considerato lento, in quanto le sue conseguenze morfologiche sono apprezzabili soltanto se riferite ad intervalli di tempo sufficientemente ampi, dell'ordine dei decenni. In condizioni ambientali particolari, però, tale processo può essere «accelerato» fino a produrre marcate forme di degradazione anche nel corso di un solo evento meteorologico.

Situazioni di pericolo di severa erosione si creano per la concomitante azione di più fattori negativi:

- precipitazioni intense e concentrate (elevata erosività delle piogge);
- scarsa resistenza dei materiali sui quali esse «impattano» (elevata erodibilità dei suoli);
- eccessiva pendenza e lunghezza dei versanti;
- scarsa densità della copertura vegetale (per cause climatiche o, più frequentemente, per la prevalente utilizzazione agricola del territorio);
- assenza o sottodimensionamento di interventi sistematori.

Come si può osservare, ad eccezione dei primi due, gli altri fattori sono profondamente influenzati dalle attività dell'uomo; la loro variabilità spaziale e temporale, o il prevalere di alcuni sugli altri, producono situazioni quanto mai diversificate, che si traducono in forme di degradazione più o meno estese ed evidenti.

Abbiamo più sopra accennato all'estrema variabilità del clima nel territorio italiano; anche la costituzione litologica dei substrati, che influenza direttamente le caratteristiche fisiche dei suoli, è quanto mai varia. Purtroppo

affiorano su vaste estensioni formazioni geologiche ad elevata erodibilità, come i complessi alloctoni caoticizzati o le successioni sabbioso-argillose plio-pleistoceniche (Mancini, 1978). Molto frequentemente, come si verifica in particolare nell'Italia Meridionale, alle scadenti caratteristiche geotecniche dei substrati si sommano non solo l'aggressività del clima, ma anche le conseguenze di una presenza antropica ultramillenaria, con un'agricoltura condotta da sempre con metodi non conservativi nei riguardi del suolo.

Risulta difficile quantificare l'erosione del suolo in ciascuna delle varie situazioni ambientali, che derivano direttamente dalle diverse combinazioni dei fattori più sopra ricordati. Non mi soffermo ulteriormente su questo problema, in quanto verrà trattato nei dettagli da altri relatori. Vorrei però richiamare l'attenzione su alcuni dati di carattere generale, riferiti ad alcuni bacini idrografici italiani, per quantificare, sia pure grossolanamente, il processo erosivo su scala nazionale.

A Pontelagoscuro il Po fa registrare un trasporto in sospensione di poco inferiore a 14 milioni di tonnellate per anno, alle quali ne vanno aggiunte almeno altre 10 che comprendono il materiale dragato lungo tutto il suo corso. A confermare la variabilità dei vari fattori che regolano il processo erosivo, prima ricordati, si precisa che il 75% del materiale trasportato dal Po proviene dagli affluenti appenninici, mentre le Alpi forniscono solo il rimanente 25%.

Senza entrare nei dettagli, si può aggiungere che il valore medio annuo del trasporto solido in sospensione di tutti i corsi d'acqua italiani si aggira intorno alle 700 t/kmq, valore che supera quello medio stimato da Fournier per tutte le terre emerse. Secondo le valutazioni del Servizio Idrografico, le uniche disponibili relative all'intero territorio nazionale, il 60% dei suoli soggetti ad erosione (141.000 kmq) può essere classificato come «molto erodibile», il 19% come «mediamente erodibile», mentre soltanto il 21% risulterebbe «poco erodibile» (Federici, 1980).

Su vasta scala, i processi di erosione superficiale colpiscono principalmente i cosiddetti «suoli argillosi». Questo termine generico, del quale spesso si abusa, e che viene altrettanto spesso usato impropriamente, include in realtà tutti i suoli a tessitura fine (sabbia fine, limi ed argille, in differenti percentuali), che occupano il 20% del territorio nazionale. Il paesaggio che maggiormente caratterizza i luoghi di affioramento delle relative rocce-madri (prevalentemente costituite dai sedimenti del ciclo postorogenico plio-quaternario, ma anche dei complessi alloctoni delle parti più interne dell'Appennino, come le famigerate «argille scagliose» degli Autori) è quello dei *calanchi*; lo ritroviamo nel pedemonte appenninico emiliano-romagnolo, mar-

chigiano ed abruzzese (fig. 7), così come in Toscana, Lazio, Basilicata, Calabria e Sicilia, ed anche in Piemonte. Altre forme di severa erosione, altrettanto evidenti e caratteristiche si generano nello stesso ambiente dei calanchi. Sono le *biancane*, delle quali i più tipici esempi si osservano in Toscana nelle «crete» senesi (fig. 8). Ricordiamo anche quelle di Pisticii e di Aliano in Basilicata, celebrate da Carlo Levi.

Molto si è discusso (Rodolfi, 1991) e si sta tutt'ora discutendo, sulle precise cause di queste forme, dovute non solo al ruscellamento superficiale incanalato, ma anche a scivolamenti del suolo sul suo substrato. Alcuni Autori concordano nel far corrispondere l'innescio di questo processo con un momento storico di estesa deforestazione e, in particolare per l'Italia meridionale, con l'affermarsi su vasta scala del latifondismo; altri privilegiano invece le cause naturali, considerandolo come il risultato del sovrapporsi di particolari situazioni di aggressività climatica a momenti di intensa attività neotettonica. È opinione di chi scrive che considerazioni accettabili circa la genesi e l'evoluzione di questi paesaggi potranno essere espresse solo dopo averli esaminati su scala nazionale, non soltanto prendendo in esame i fattori «fisici», ma anche cercando di ricostruire la successione delle tipologie di utilizzazione del relativo territorio nel tempo.

Lo studio dei paesaggi calanchivi riveste anche un interesse applicativo, se si pensa alla superficie occupata, che potrebbe essere recuperata all'agricoltura. La bonifica di queste aree iniziò già prima del secondo conflitto mondiale (ne è esempio la «collina» romagnola) e si estese fin dove era possibile intervenire con i mezzi allora disponibili, ma sempre compatibili con le condizioni ambientali. Attualmente la messa a coltura viene effettuata molto più drasticamente, smantellando con mezzi meccanici le alture e colmando le depressioni; in tal modo, nelle prime si porta alla luce il substrato roccioso sterile ed improduttivo e nelle seconde si offre all'erosione incanalata ed alla gravità un materiale privato della sua coesione. La mancanza, poi, di ogni sistemazione idraulico-agraria aggrava ancora di più questo processo, la cui conseguenza più diretta è di mettere in movimento con le acque di ruscellamento quantità abnormi di materiale eroso che creano notevoli scompensi nei tratti inferiori dei corsi d'acqua (sovralluvionamento degli alvei ed inondazioni).

### 3.2.2. *I movimenti di massa*

La più preoccupante forma di degradazione del territorio è costituita indubbiamente dalle *frane*. La loro frequenza spaziale e temporale nel nostro Paese è sempre stata elevata, ma la loro recrudescenza negli ultimi anni ha



FIG. 7. — Atri (Abruzzo). Una delle forme più caratteristiche di severa erosione idrica incanalata, il calanco, che si sviluppa di preferenza sui sedimenti scarsamente coerenti del ciclo neogenico marino, affioranti su vaste estensioni ai margini della catena appenninica.



FIG. 8. — Val d'Orcia (Toscana). Altra tipica forma di erosione, la «biancana», che si accompagna spesso ai calanchi in analoghe situazioni geolitologiche e climatiche. La genesi di entrambe le forme è ancora lungi dall'essere chiarita, nonostante esse siano oggetto di attiva ricerca; in ogni caso, l'influenza antropica sembra non essere estranea all'innescio del processo.

fatto si che i problemi di gestione ad esse conseguenti assumessero dimensioni di importanza nazionale (Almagià, 1907; Canuti & Pranzini, 1988).

A prescindere dalla loro frequenza, esse possono diversificarsi per la superficie occupata, per la natura del materiale interessato e per le cause che le determinano. Inoltre, qualunque sia lo schema di classificazione a cui si possa fare riferimento, tutti i tipi sono ampiamente rappresentati, in relazione all'estrema variabilità degli stessi parametri ambientali, attività antropica inclusa.

Fra le cause determinanti, a quelle di natura esogena (esempio: precipitazioni intense e prolungate che portano a saturazione substrati a bassa resistenza al taglio) se ne aggiungono altre dovute alla dinamica interna della crosta terrestre; se escludiamo quelle connesse più o meno direttamente con l'attività vulcanica, per essere scarsamente rappresentate, dobbiamo però riconoscere che il più elevato livello di pericolosità da frana deriva dall'attività sismica, che interessa quasi per intero il territorio italiano.

Questi processi gravitativi possono verificarsi a scala diversa, e con diversa velocità. Nei substrati a prevalente componente argillosa, che abbiamo detto essere molto estesi in tutto il territorio italiano, e che tendono ad un comportamento plastico, si verificano di solito *deformazioni lente* ma continue («creep») che possono preludere a frane del tipo *scorrimento rotazionale*. Tali fenomeni coinvolgono spesso aree antropizzate, impedendo l'attività agricola o minacciando la stabilità degli abitati. In concomitanza di eventi piovosi di una certa intensità e durata, questi substrati, come anche i corpi di frana che vi sviluppano secondo la dinamica appena descritta, possono rapidamente evolvere in improvvise *colate di fango o di terra* che invadono gli impluvi sottostanti.

Gli ammassi rocciosi a comportamento rigido, che costituiscono la gran parte dell'arco alpino e l'ossatura centrale degli Appennini, sono invece interessati prevalentemente da movimenti tipo *scorrimento planare* o *crolli*. I primi si sviluppano soprattutto in formazioni stratificate ad alternanza di litotipi diversi, di cui almeno uno argillitico o marnoso, disposte a franapoggio con inclinazione minore od uguale a quella del versante; i secondi sono invece caratteristici di formazioni omogenee, massive, ma con un certo grado di fratturazione.

Le cause che scatenano il movimento, quasi sempre estremamente rapido, non sono tanto dovute alle acque di infiltrazione quanto a sollecitazioni improvvise, come lo scalzamento al piede del versante esercitato da un corso d'acqua o da un qualsiasi intervento antropico, o da una scossa sismica.

Un accurato censimento delle frane e delle altre cosiddette «catastrofi

idrogeologiche» (Progetto «Aree Vulnerabili Italiane») è in corso di esecuzione da parte del Consiglio Nazionale delle Ricerche. Al momento, i dati disponibili relativi all'intero territorio nazionale sono quelli rilevati dal Ministero dei Lavori Pubblici nel 1963 (Rinaldi, 1969): almeno 2000 importanti frane si verificarono nel 1957 e 2685 nel 1963, facendo notare un considerevole incremento in tempi molto brevi. Una superficie totale di 141.235 ettari rimase interessata, come si può desumere dalle tabb. 2 e 3. Vanno aggiunte a queste le migliaia di piccoli movimenti che si verificano occasionalmente in corrispondenza di periodi particolarmente piovosi (fig. 9).

Ovviamente, i danni prodotti da questo processo di degradazione sono molto estesi, considerando che almeno 1000 aree edificate si trovano tutt'ora in condizioni di serio pericolo. Alcune di queste sono, oltre a tutto, di immenso valore artistico (Orvieto, Todi, ecc.). Un'analisi generale di questo problema è stata recentemente condotta da Canuti (1992, in stampa).

Abbiamo già accennato al fatto che la distribuzione spaziale delle frane è influenzata soprattutto dal tipo di roccia che ne viene interessato e dal clima nelle differenti regioni; quelle più colpite sono la Sicilia centrale e settentrionale, la Calabria, la Campania, il Molise, l'Abruzzo, l'Emilia, il Trentino ed il Friuli, mentre ne sono praticamente esenti la Puglia e la Sardegna.

Senza entrare nel merito di alcuni episodi di grande rilevanza, noti internazionalmente sia per le dimensioni dell'area coinvolta che per il numero delle vittime e il danno economico che ne è derivato (Vajont, Valtellina, Ancona, ecc.) (fig. 10), ci sembra però opportuno sottolineare il non marginale ruolo che l'attività antropica, e l'agricoltura in particolare, riveste nel causare o agevolare la degradazione per movimenti di massa delle pendici in precaria situazione di instabilità.

Si prenda ad esempio quanto è recentemente accaduto alle porte di Firenze (Canuti, Garzonio & Rodolfi, 1979) in quel paesaggio collinare che tutto il mondo ci invidia, anche se situazioni altrettanto significative possono essere riscontrate qua e là in ogni regione italiana.

In seguito ad un «incentivo» concesso dall'allora Mercato Comune Europeo per l'incremento della viticoltura, gran parte del territorio immediatamente a Sud di Firenze, per buona parte compreso nell'area di produzione del Chianti Classico, fu soggetto a profonde trasformazioni. Le vecchie sistemazioni dei versanti «a terrazze» fu abbandonata e, per consentire un più proficuo impiego dei mezzi meccanici, si procedé al loro livellamento ed al conseguente ampliamento degli appezzamenti. Le colture furono estese anche ad aree fino allora non utilizzate per la viticoltura. Avendo a che fare con versanti già di per sé in precarie condizioni di stabilità per le scadenti carat-

Tabella 2 - Aree interessate da frane (situazione del 1963) e loro distribuzione regionale (da Rinaldi, 1969).

REGIONE	Aree interessate da frane (intervalli in ettari)				
	0-50	51-100	101-200	201-1000	1001-2500
Piemonte	88	10	10	4	—
Valle d'Aosta	84	—	—	—	—
Lombardia	102	3	—	3	—
Trentino-Alto Adige	48	1	—	—	—
Veneto	55	4	3	—	1
Friuli Venezia Giulia	19	1	—	—	—
Liguria	50	1	2	—	—
Emilia Romagna	327	21	10	6	—
Toscana	70	5	3	4	2
Umbria	28	1	1	1	—
Marche	123	24	7	2	—
Lazio	94	2	—	3	2
Abruzzi	153	8	8	10	—
Campania	227	63	12	24	6
Puglia	43	2	—	—	—
Basilicata	133	15	5	5	—
Calabria	216	30	8	9	—
Sicilia	209	96	62	35	1
Sardegna	9	—	—	—	—
TOTALE	2078	277	131	106	13

Tabella 3 - Numero di frane, numero di aree edificate a rischio e loro percentuale sul numero totale di aree edificate, per ciascuna regione italiana (da Rinaldi, 1969).

REGIONE	Numero totale di movimenti di massa	Numero totale delle aree edificate	% sulle aree edificate a rischio
Piemonte	112	37	3,35
Valle d'Aosta	84	32	2,93
Lombardia	108	20	1,84
Trentino-Alto Adige	49	5	0,46
Veneto	63	36	3,25
Friuli Venezia Giulia	20	8	0,74
Liguria	117	31	2,90
Emilia Romagna	364	88	8,00
Toscana	100	54	4,90
Umbria	31	20	1,84
Marche	146	66	6,05
Lazio	101	53	4,80
Abruzzi	179	107	9,80
Campania	332	175	16,00
Puglia	45	24	2,30
Basilicata	158	104	9,50
Calabria	263	75	6,85
Sicilia	403	151	13,75
Sardegna	10	8	0,74
TOTALE	2685	1094	100,00



FIG. 9. — Appennino Tosco-Emiliano. Un esempio della miriade di frane che si verificano in corrispondenza di substrati ad elevata componente argillosa. In questo caso il criterio di rimboschire il tratto di versante instabile non si è rivelato efficace per prevenirne il movimento; anzi, sembra averlo agevolato.



FIG. 10. — La colossale frana della Valtellina (luglio 1987), che sbarrò il corso dell'Adda causando 20 vittime. Fenomeni di queste dimensioni sono tutt'altro che rari nell'elenco delle calamità storiche italiane.

teristiche geotecniche di alcuni litotipi e per il loro reciproco assetto (tuttavia in equilibrio con un certo tipo di attività agricola), la risposta alle mutate condizioni di utilizzazione non tardò a manifestarsi.

Interi versanti reagirono alla pressoché totale mancanza di una rete di sistemazioni idraulico-agrarie adeguata alle nuove situazioni di pendenza e di lunghezza degli appezzamenti, con movimenti di massa sia localizzati che diffusi. La stabilità di molti nuovi impianti di vigneti fu compromessa ancor prima che questi entrassero in produzione. Si pensi che in un'area sperimentale nei pressi di Montespertoli fra il 1965 ed il 1977 la superficie investita a vigneto subì un incremento del 450%; contemporaneamente le aree in frana aumentarono del 122%.

Molti paesaggi delle nostre latitudini sono caratterizzati da queste forme di degradazione, il cui effetto va spesso a sommarsi a quello dovuto al ruscellamento delle acque superficiali, creando condizioni che preannunciano la desertificazione.

Sovente in questi paesaggi si riconoscono gli effetti, sovrapposti o giustapposti, di eventi franosi verificatisi in tempi diversi. Il periodico ripetersi di uno stesso fenomeno in aree adiacenti, magari con caratteristiche geostrutturali e geomorfologiche simili, impone una considerazione a proposito del ruolo giocato da questi eventi del passato (che in questo caso sono definite, anche se non proprio correttamente, come *paleofrane*); il loro studio può essere di notevole aiuto nello stabilire il livello di pericolosità di aree adiacenti e conseguentemente adottare opportuni criteri di prevenzione o di mitigazione del rischio conseguente (Rodolfi, 1993, in stampa).

L'individuazione dei corpi di antiche frane costituisce già di per sé una segnalazione di aree suscettibili di una ripresa di movimento; se ad essa si aggiunge una precisa datazione dell'evento, si può tentare una valutazione della frequenza del fenomeno, e porlo in relazione alla situazione ambientale (e, talvolta, storica e sociale) del territorio interessato. In questo modo si rende possibile una previsione, sia pure di larga massima, della tendenza evolutiva dei fenomeni di instabilità dei versanti.

### 3.2.3. *Processi fluviali*

La dinamica dei versanti è, ovviamente, collegata strettamente a quella dei corsi d'acqua. Infatti, molti fenomeni gravitativi possono essere innescati per variazioni del livello di base locale, rappresentato, appunto, dai «thalweg». Tali variazioni, che possono essere prodotte da molteplici fenomeni, quali cambiamenti del clima o movimenti verticali di estesi settori della cro-

sta terrestre, si verificano di solito in tempi piuttosto lunghi, tali da non poter essere considerate «rapide».

In Italia, però, sempre a causa della concomitante azione di fattori particolarmente aggressivi (attività umane comprese) su suoli e substrati scarsamente coerenti, e specialmente a scala locale, possono verificarsi profonde trasformazioni anche nel giro di pochi o, talora, di un solo evento.

Un rapido sguardo ad una carta del rilievo del territorio italiano a piccola scala, e della conseguente rete idrografica, mostra come la parte più «continentale» sia drenata dal Po, che raccoglie le acque del versante meridionale alpino e di quello settentrionale appenninico. Nella parte «peninsulare» l'idrografia è invece strettamente condizionata dalla struttura appenninica. Sul versante adriatico i corsi d'acqua non tributari del Po sono di solito brevi e scorrono perpendicolarmente alle principali strutture tettoniche con una certa pendenza, specialmente nel tratto marchigiano-abruzzese.

Sul versante tirrenico si sviluppano corsi d'acqua di maggiore lunghezza in quanto, nella loro parte alta, essi si trovano a percorrere alcune depressioni tettoniche interappenniniche con asse disposto in senso parallelo alla catena, superate le quali assumono un andamento perpendicolare alla costa.

Un fenomeno che ha subito negli ultimi decenni un notevole incremento, e che ha modificato talora profondamente il paesaggio fluviale di molte regioni italiane, è l'abbassamento anomalo del letto di molti corsi d'acqua. Se è vero che il reticolo idrografico si trova in quei luoghi in fase di *erosione verticale*, come conseguenza ancora efficace di recenti sollevamenti, è altrettanto vero che ad aggravare questa situazione ha concorso in modo tutt'altro che leggero l'attività antropica. Nella tab. 4 (Tazioli, 1982) riportiamo i dati relativi a tali abbassamenti in alcune regioni italiane, specificandone le cause; come si può osservare, solo in rari casi vengono invocati eventi naturali.

Frane di crollo di materiali incoerenti possono verificarsi quando un corso d'acqua, che nel suo tratto medio-inferiore scorre incassato nella pianura alluvionale da lui stesso costruita, scalza alla base, per *erosione laterale*, i tratti di ripa non opportunamente protetti; è quanto si osserva nelle pianure alluvionali interappenniniche e costiere (fig. 11), nelle quali i corsi d'acqua, se non opportunamente regimati, tenderebbero a stabilire un andamento a meandri (Rinaldi & Rodolfi, 1993).

Deposizioni anomale di materiali lungo gli alvei si verificano quando i corsi d'acqua devono evacuare notevoli quantità di detriti che gli pervengono dai versanti, in aree soggette ad intensa degradazione per i fenomeni descritti nel paragrafo 3.3.1. Gli unici momenti nei quali tale evacuazione si rende possibile è durante le piene, agevolata anche dalla pendenza degli alvei; però,

Tabella 4 - Dati sull'abbassamento del letto di alcuni corsi d'acqua italiani. I danni principali sono i seguenti: scalzamento delle pile dei ponti, aumento della profondità della falda freatica, diminuzione dell'apporto solido alle spiagge, aumento della frequenza delle inondazioni (da Tazioli, 1982).

REGIONE	Corsi d'acqua	Abbassamento in m dell'alveo	Cause
Piemonte	alpini e appenninici	da 2 a 5-6	estrazione inerti, opere idrauliche
Veneto	nelle pianure alluvionali	da 2 a 5-6	estrazione inerti, dighe, traverse
Emilia	affluenti del Po	da 2-3 a 12	estrazione inerti, ostruzione alvei, rimboschimenti
Toscana	Arno e Magra	irregolare	estrazione inerti
Marche	dei versanti adriatici	da 1 a 6-8	estrazione inerti
Basilicata	dei versanti ionici	da 20-25 in 200 anni	geologiche e climatiche, estrazione inerti, dighe
Calabria	affluenti del Crati	variabile	inondazioni

non appena la portata accenna a diminuire, si assiste ad un immediato deposito del carico trasportato, che invade l'alveo per tutta la sua ampiezza, con la formazione di potenti barre che ostacolano progressivamente il defluire delle acque.

Questo comportamento è tipico di molti corsi d'acqua italiani, ed in particolare di quelli meridionali, le caratteristiche *fiumare*, soggette ad un deflusso spasmodico, con episodi di piena caratterizzati da portate (anche solide) notevoli e da elevata energia della corrente (fig. 12). In altri casi e località, i tratti vallivi degli alvei fluviali (per esempio quello del Po) sono contenuti entro argini artificiali, per cui il deposito dei materiali avviene necessariamente al loro interno.

In entrambi i casi l'effetto di questo processo di *souvalluvionamento* è quello di provocare un progressivo innalzamento della quota dell'alveo, che può superare quella della pianura circostante; questa «pensilità» degli alvei è una delle cause principali delle *esondazioni* dei corsi d'acqua e delle *inondazioni* delle aree ad essi adiacenti, in caso di deflussi eccezionali.

Va anche detto che il paesaggio fluviale di gran parte dell'Italia è tutt'altro che naturale. Sono pochi i tratti di corsi d'acqua che non siano artificialmente inalveati, fino ad essere ridotti alla condizione di veri e propri canali. Un tempo il costringere il fiume in un percorso obbligato aveva come contropartita il disporre di una superficie pianeggiante più estesa da dedicare alle colture; il pericolo di ineluttabili esondazioni veniva compensato con questa utilizzazione, che rendeva minimo il relativo rischio.



FIG. 11. — Mugello (Toscana). Le ripe che limitano la pianura alluvionale intermontana della Sieve, maggiore affluente dell'Arno, sono soggette a rapido arretramento, con progressiva perdita di superficie coltivabile. L'erosione laterale esercitata dalla corrente, non ostacolata da opere di difesa, tende a far riacquistare al corso d'acqua la naturale tendenza a formare meandri.



FIG. 12. — Il tratto inferiore di una tipica «fiumara» calabrese, poche centinaia di metri a monte della sua foce nel Mare Ionio. L'ampiezza e la pendenza del letto di piena ordinaria, nonché la granulometria dei materiali e le forme di erosione in atto sulle ripe, denotano un corso d'acqua molto energetico, capace di episodi ad elevato livello di pericolosità.

I recenti episodi alluvionali che hanno interessato vaste aree del Piemonte costituiscono un esempio di quanto sia delicato l'equilibrio fra i processi naturali ed il territorio antropizzato: una non razionale utilizzazione del suolo ha contribuito in modo determinante nel fare assumere agli effetti di un evento piovoso eccezionale i connotati di una catastrofe.

Non mi sembra il caso di entrare in ulteriori dettagli, in quanto questo argomento verrà ampiamente illustrato da un altro relatore. Tengo soltanto a sottolineare che le modificazioni cui può essere soggetto l'ambiente fluviale, e quindi il relativo paesaggio, non sono tanto collegate alla dinamica dell'alveo in se stesso, quanto a quella dei versanti che vi fanno capo. Rimangono allora valide, a questo proposito, le considerazioni espresse nel capitolo precedente.

### 3.2.4. *Processi litorali*

L'Italia è un Paese caratterizzato da un continuo rapporto con il mare. Le sue coste, che si sviluppano per più di 8000 km, rappresentano un bene primario sia per l'insediamento umano sia per lo sviluppo economico. In epoca contemporanea, alla naturale importanza commerciale si è andata progressivamente aggiungendo quella rilevantissima del turismo.

Bagnata com'è da bacini di diversa natura geologica, di diversa posizione geografica e di diversa conformazione e profondità, date inoltre le già tracciate linee geologico-strutturali della terraferma, si comprende come le nostre coste si presentino con una tipologia molto varia, determinata dalle variabili condizioni meteo-marine della regione italiana.

Anche se bisogna ammettere che è difficile osservare, in brevi lassi di tempo, stati di equilibrio fra sedimentazione ed erosione costiera, è pur troppo indubitabile che l'attuale dinamica litorale delle coste italiane è tendenzialmente favorevole al disequilibrio con fenomeni di erosione generalizzati (Caputo *et al.*, 1991). Com'è ovvio, le coste alte mantengono più a lungo inalterate le proprie caratteristiche, salvo alcuni tratti in Liguria e Campania, ove l'urbanizzazione ha creato la necessità di porre rimedio alle frane di crollo che normalmente vi si verificano. A soffrire dei movimenti gravitativi sono soprattutto la viabilità costiera, che è molto sfruttata per il turismo, come nei casi più emblematici della Liguria occidentale, della Penisola Sorrentina e della Calabria.

Ma sono le coste basse a mostrare di subire un processo di accelerata degradazione. Naturalmente va ricordato che siamo in un periodo di innalzamento progressivo del livello marino, fatto che appare comune a tutti i mari

del mondo, ma l'erosione costiera ora è divenuta così intensa da far pensare all'intervento di fattori esterni di natura antropica (fig. 13).

I primi segni dell'avanzamento del mare su alcune coste italiane si sono avuti nella seconda metà del XIX secolo, ma fino al 1950 solo alcune zone particolari, come per esempio la costa toscana (1 km di ritiro in 100 anni!) e poche altre, hanno indotto ad intervenire con opere artificiali di difesa. Ma da allora l'erosione costiera è divenuta drammatica e molte zone balneari sono state messe in crisi per l'arretramento delle linee di riva. Si può portare come esempio la costa emiliano-romagnola, che è divenuta zona turistica di importanza mondiale: su 100 km di coste, 1/3 si trova in forte erosione ed 1/3 è stato protetto con opere artificiali; il rimanente appare in equilibrio, ma precario. Anche il resto delle coste adriatiche si trova in una situazione simile, se non peggiore.

Questa situazione è da porsi in diretta relazione con quanto descritto nel paragrafo precedente a proposito dell'abbassamento degli alvei di alcuni importanti fiumi e torrenti appenninici. Le argille, i limi, le sabbie, i ciottolami, mobilitati dai processi erosivi sui versanti, in condizioni naturali venivano evacuati dai corsi d'acqua verso la loro destinazione finale, il mare, dove provvedevano al ripascimento delle spiagge, che rimanevano inalterate nella loro estensione e morfologia. La crescente antropizzazione delle aree montane e collinari (laghi collinari o di fondovalle di diversa capacità, bonifica delle aree calanchive, ecc.) ha in seguito «bloccato» questi potenziali sedimenti sul continente, o li ha addirittura asportati in quantità impressionanti nel corso del «boom» edilizio degli anni '60. Non più «alimentate» da questi materiali, le spiagge hanno subito, da allora, preoccupanti arretramenti.

Per il mare Ionio si possono fare valutazioni storiche molto interessanti per gli studi archeologici che hanno permesso di ricostruire la linea di riva nei secoli passati. Ma dal 1954 ad oggi si è assistito ad un arretramento minore a Nord, maggiore a Sud (fino a 6 m/anno) della linea di costa.

Per il mare Tirreno l'arretramento, anche laddove piccole falcature sabbiose si appoggiano a due promontori rocciosi, è un fatto quasi generale, come nel caso della costa calabra. Ma anche nei più lunghi tratti di litorale sabbioso della Campania, del Lazio e della Toscana il fenomeno erosivo è evidente, perfino lungo i Parchi del Circeo e di San Rossore. In molti casi l'avanzamento del mare è scandito dalla progressiva distruzione dei cordoni di dune che orlano ancora molti tratti costieri della Penisola e delle isole. In altri è la stessa riduzione degli apparati deltizi, come quelli dell'Arno, dell'Ombrone e del Tevere, che da sempre si protendevano in mare, a ren-

dere più vistoso il fenomeno. Purtroppo, in molti casi si è dovuti intervenire con opere di difesa degli stessi abitati, come nel caso di Ostia, Fiumicino ed altri.

Gli interventi sulle coste sono stati massicci e in molti casi hanno alterato la primitiva fisionomia, anche se in molte regioni italiane esistono ancora splendidi siti costieri allo stato naturale.

Certo, non è facile proporre soluzioni. Molte delle cause sono riconducibili alla riduzione degli apporti solidi da parte dei fiumi, spesso sbarrati da dighe. Ma anche dove non vi sono dighe una certa corrente di pensiero sostiene che sia paradossalmente la stessa sistemazione idraulico-forestale dei bacini montani a ridurre il carico solido dei corsi d'acqua. Vi sono anche state cause più precise a questo proposito: in particolare la colossale estrazione di inerti dagli alvei fluviali per la costruzione della rete autostradale e stradale italiana e per l'urbanizzazione degli ultimi quaranta anni, alla quale abbiamo in precedenza accennato.

### 3.2.5. *Processi eolici*

L'azione morfogenetica del vento è forse l'unica, in Italia, a non causare situazioni di pericolosità né modificazioni evidenti del paesaggio. La frequenza di venti ad elevata velocità ed energia è infatti rara, e le conseguenze morfologiche sono molto localizzate.

I venti che possono generare situazioni di *erosione eolica* sono il *libeccio* (da WSW) ed il *maestrale* (da NW) che colpiscono le coste tirreniche; la *bora* e la *tramontana* (da NNE) sono invece attive sulla costa adriatica, mentre quella ionica è esposta al *grecale* (da SE) e allo *scirocco*, vento caldo di provenienza sahariana. La loro azione nel corso di eventi eccezionali, oltre che esprimersi in violente mareggiate che modellano le coste, interessa soprattutto i depositi sabbiosi litoranei, ma di solito per breve tratto verso l'entroterra; la presenza di dune parallele alla costa, ora coperte da vegetazione, ci rivela che i processi eolici sono stati molto più attivi in un recente passato di quanto non lo siano oggi (fig. 14).

Le maggiori evidenze di processi in atto si riscontrano soprattutto lungo le coste occidentali (Is Arenas) e settentrionali (foce Coghinas) della Sardegna, sulla costa tirrenica nelle adiacenze del promontorio del Circeo e nella piana costiera del Sele (Campania), ma sempre tali da non innescare situazioni di pericolo. L'unica località nella quale l'erosione eolica si limita a provocare danni percepibili alle colture è la zona del delta del Po, in provincia di Ferrara, a causa non tanto della violenza del vento, quanto delle caratteristiche fisiche di suoli sviluppatisi su depositi alluvionali incoerenti a tessitura sabbioso-fine e limosa.



FIG. 13. — Il porticciolo turistico di Cetraro (Calabria) in una ripresa di una decina di anni or sono. Costruito senza aver tenuto in debito conto la dinamica del litorale, esso rimase quasi subito soggetto ad insabbiamento; la spiaggia prospiciente il centro abitato arretrò, di conseguenza, altrettanto vistosamente.



FIG. 14. — Spiaggia del Parco dell'Uccellina (Maremma Toscana). In Italia, l'azione morfogenetica del vento è attualmente limitata ai tratti meno antropizzati delle coste basse e sabbiose.

La distribuzione delle aree soggette a pericolosità per processi morfogenetici esogeni nel territorio italiano è rappresentata nella fig. 15. Se ad essa si sovrappone la situazione relativa agli effetti dei processi endogeni, illustrata nella fig. 5, si individuano i paesaggi maggiormente instabili dal punto di vista geomorfologico.

#### 4. Considerazioni conclusive

Il nostro territorio nazionale, per una serie di ragioni dovute alla dinamica crostale mediterranea, alla complessità strutturale degli orogeni alpino ed appenninico, alla grande varietà dei climi e quindi degli agenti morfogenetici, è soggetto ad alto rischio e pericolosità naturali.

Data la fitta compenetrazione fra l'ambiente naturale e l'opera secolare dell'uomo, è difficile distinguere quanto sia dovuto alle forze della natura e quanto sia indotto dalle attività umane. In epoca attuale non vi sono dubbi sulla presenza di una responsabilità umana nell'aumento della frequenza di taluni eventi calamitosi e della progressiva modificazione del paesaggio.

Tuttavia, va segnalato anche che, forse per un'aumentata consapevolezza, la «questione ambientale» è divenuta centrale per la vita e lo sviluppo economico del Paese. Negli ultimi 20 anni sono stati compiuti notevoli progressi nelle conoscenze scientifiche del territorio nazionale, come conseguenza di alcuni progetti opportunamente finalizzati che hanno coinvolto centinaia di ricercatori.

Questa imponente massa di studi non ci sembra ancora sufficiente per garantire adeguatamente la prevenzione degli eventi calamitosi e per far sì che le inevitabili modificazioni del paesaggio possano prodursi senza generare degradazione. D'altro canto, i risultati di tali ricerche, anche se tradotti in criteri elementari di gestione del territorio, sono sovente (e più o meno volutamente) ignorati dai Pubblici Amministratori, troppo impegnati nel maneggiare il contingente piuttosto che nel prestare attenzione e porre tempestivamente rimedio al progressivo accumularsi di situazioni di pericolo, che prima o dopo sfociano in catastrofi.

Sono certamente da lodare iniziative a carattere locale, anche limitate a poche Amministrazioni più «illuminate». Un altro passo in avanti è stato compiuto con l'approvazione della Legge sulla Difesa del Suolo e con la costituzione delle Autorità di Bacino, che dovrebbe mettere ordine in una «giungla» di competenze fra i vari Enti finora preposti al controllo del territorio.



FIG. 15. — Carta schematica della distribuzione degli effetti dei processi esogeni sul territorio italiano: 1) aree soggette a severa erosione idrica del suolo ed a movimenti di massa sui versanti; 2) aree soggette ad inondazioni; 3) tratti di costa in avanzamento; 4) tratti di costa in arretramento.

Rimane comunque molta strada ancora da percorrere, soprattutto nell'attuale clima di incertezza politica.

Ma se dal progresso scientifico o dall'impegno degli amministratori possono nascere migliori capacità di fronteggiare la degradazione dell'ambiente e la conseguente mutazione del paesaggio, potremo asserire di aver raggiunto questo scopo solo quando sarà radicata in tutti non solo la consapevolezza di vivere in un territorio ad alta pericolosità naturale, ancorché di grande bellezza ed economicamente avanzato, ma anche la coscienza della necessità di un più saldo rapporto con quanto ci circonda.

## Processi di erosione e cambiamento globale

### Introduzione

Nel capitolo precedente Federici e Rodolfi hanno parlato del paesaggio e ne hanno descritto le principali componenti, indicando le interrelazioni tra forme e processi, tra vegetazione, uso del suolo, clima. Qui esemplificheremo alcune di queste interrelazioni discutendo di uno dei più diffusi tipi di erosione del suolo, quello causato direttamente dalla pioggia.

È questo un processo naturale che ha sempre fatto parte dello sviluppo normale di un qualsiasi paesaggio. Pertanto svolge un ruolo di supporto necessario all'esistenza di diversi ambienti ed ecosistemi. Anche quando raggiunge intensità elevate, tanto da produrre zone di *badland*, quali le nostre aree a calanchi o a biancane, riesce a svolgere un'azione positiva per il mantenimento di numerose micro-nicchie a più elevato grado di biodiversità locale (vedasi, ad es., Chiarucci *et al.*, in stampa). Le attività umane, spesso caratterizzate da un comportamento di rapina nei confronti dell'ambiente, hanno aumentato enormemente l'intensità dell'erosione in tutto il mondo (una rapida ed allarmante sintesi è stata recentemente fatta da Lake e Shady, 1993). Così, l'erosione, da un processo naturale, con molte valenze positive per l'ambiente, è stata spesso trasformata in un danno o in un pericolo.

In particolare, i cambiamenti climatici, di uso del suolo ecc., a cui andiamo incontro influiranno sui tassi e sulla distribuzione areale dell'erosione.

\* C.N.R. - Centro di Studio per la Genesi, Classificazione e Cartografia del Suolo.

Nel seguito di questo articolo cercheremo di individuare come vegetazione, uso del suolo e clima interagiscano con i processi di erosione così da delineare le conseguenze del *Cambiamento Globale* (Global Change) che sembra ormai già iniziato come testimoniano l'aumento di 0.2-0.7°C della temperatura media mondiale, la variazione di composizione dell'atmosfera, i buchi dell'ozono, l'aria troppe volte irrespirabile delle nostre città, l'ininterrotto incremento della popolazione umana, ecc.

## Fisica dell'erosione idrica del suolo

L'erosione del suolo avviene attraverso la separazione e l'allontanamento di piccoli «frammenti» dalla superficie del suolo ad opera di alcune forze sviluppate dalle gocce di pioggia durante l'impatto con il terreno, dall'acqua che bagna il suolo, da quella che su di esso scorre. A queste forze oppongono resistenza i legami tra i «frammenti» ed al resto del suolo. Più propriamente, i frammenti sono sia singole particelle che insieme delle stesse (aggregati) mentre i processi che concorrono a determinare l'erosione del suolo comprendono meccanismi di distacco, trasporto e deposizione di particelle ed aggregati di suolo.

### *Processi di distacco e trasporto*

Durante le prime fasi della pioggia, mentre la superficie del suolo inizia a bagnarsi, le forze di legame tra aggregati di suolo diminuiscono notevolmente di intensità a causa dell'acqua che va ad interporsi tra le particelle. In alcuni casi non solo si annullano ma si trasformano in forze repulsive quando la soluzione circostante raggiunge condizioni più o meno disperdenti. Questi processi, detti di deflocculazione, sono spesso presenti, anche se raramente dominanti, e influiscono su tutta la meccanica dell'erosione (Shainberg *et al.*, 1992).

Sempre durante queste prime fasi, qualora il suolo abbia un basso contenuto di umidità e la pioggia sia abbastanza intensa, l'acqua occlude gli orifizi dei pori alla superficie degli aggregati e procede rapidamente all'interno degli stessi, guidata da forze di suzione capillare. Così l'aria tellurica viene costretta in volumi sempre minori dove raggiunge pressioni tali da fratturare gli aggregati stessi mettendo a disposizione dell'acqua di ruscellamento del materiale più facilmente trasportabile.

Mentre avvengono questi processi, una grossa quantità di energia mecca-

nica viene dispersa al suolo sotto forma di impatto di gocce. La forza, prodotta durante l'urto, viene spesa nel rompere la goccia, deformare un piccolo volume di suolo, distaccare particelle ed aggregati e scagliare questi e goccioline d'acqua all'intorno del micro-cratero d'impatto (vedasi Fig. 1). Si producono in questo modo delle forze molto intense che distaccano e trascinano particelle e microaggregati. Questi, racchiusi ciascuno in una gocciolina, vengono ciettati e, percorsa una traiettoria quasi parabolica, cadono al suolo secondo una distribuzione esponenziale, mentre nella zona di impatto rimane disegnato un microcratero (Engels, 1955; Harlow e Shannon, 1967; McCarthy, 1980; Poesen e Savat, 1981; Ghadiri e Payne, 1988).

I processi di distacco e trasporto di particelle ed aggregati per impatto delle gocce sono poi complicati da interazioni con la pendenza dell'areola di impatto, la presenza di acqua in superficie ed il vento. Così viene generalmente distaccato più materiale se il suolo è più pendente (De Ploey e Savat, 1968; Torri e Poesen, 1992) o se il vento è intenso e soffia verso il versante (Lyles, 1977). Invece, l'acqua in superficie assorbe parte della forza d'urto delle gocce riducendone la capacità di distaccare particelle ed aggregati (Palmer, 1963; Torri *et al.*, 1987).

Particelle ed aggregati vengono lanciati all'intorno e distribuiti uniformemente in ogni direzione se la goccia cade verticalmente e la superficie del suolo è piana. La pendenza locale del suolo introduce un'asimmetria cui corrisponde un flusso netto di materiale verso valle. Questo flusso può essere fortemente disturbato dal vento tanto che sono stati osservati casi con direzione netta dei sedimenti verso monte (Poesen, 1986).

I processi ora descritti sono responsabili dei maggiori cambiamenti di condizione di superficie di un suolo. Ad esempio, l'impatto delle gocce è molto efficace sulle zolle, le cui facce possono essere molto pendenti.

In generale nelle aree dove l'erosione è sostanzialmente dovuta all'impatto delle gocce si determina una diminuzione dell'infiltrazione. Questo avviene per: 1 — la compattazione dovuta agli urti delle gocce, dove prevale l'asportazione di materiale; 2 — la riorganizzazione delle particelle, dove prevale la sedimentazione; 3 — il progressivo occludersi dei pori dovuto all'intrappolamento di particelle trasportate dall'acqua di infiltrazione.

Tutto questo comporta una riduzione della capacità dell'acqua di pioggia di infiltrare nel suolo. Così l'acqua che scorre in superficie aumenta progressivamente. Se più acqua in superficie può voler dire una significativa riduzione di distacco per impatto delle gocce, questo porta normalmente a una maggiore erosione per una serie di meccanismi, che descriveremo nei paragrafi seguenti, dovuti a trasporto e distacco operati dal ruscellamento superficiale.



FIG. 1. — Nella foto sono riprodotti impatti di gocce sia sul suolo che su acqua di ruscellamento.

L'acqua di ruscellamento, grazie al suo stesso moto, genera forze idrauliche che producono il distacco delle particelle ed aggregati sui quali l'acqua scorre. Queste forze sono proporzionali alla velocità del flusso in prossimità della particella di suolo (flussi laminari) od al quadrato di tale velocità (flussi turbolenti). Nel secondo caso, che è quello ritenuto più comune, la velocità del flusso all'intorno della particella che sta per essere distaccata, assume particolare importanza. A questo proposito, occorre tener presente che la velocità varia all'interno della lama d'acqua con la profondità secondo una dipendenza che, nel moto turbolento, è generalmente approssimata con una funzione logaritmica. Questa relazione tra velocità di un «filetto» d'acqua e sua posizione nella massa di fluido in moto vale solo per la velocità media nel tempo in quella posizione. In realtà, essendo il moto turbolento, la velocità istantanea può essere estremamente diversa da quella media. La prima è quella efficace nel determinare il distacco. Le velocità istantanee risultano a loro volta caratterizzate da distribuzioni di frequenza legate ad alcune caratteristiche del flusso. Ad esempio, Naden (1987), per turbolenze di 0.2 secondi di durata, suggerisce che le fluttuazioni di velocità siano distribuite normalmente, con media e deviazione standard diverse in funzione della posizione all'interno del flusso.

Le caratteristiche del flusso descritte nel capoverso precedente si combinano tra loro così da determinare una distribuzione temporale di pressioni agenti su particelle ed aggregati non gaussiana. In altri termini, data una certa areola di suolo sulla quale scorre una data quantità di acqua a caratteristiche di moto note, le particelle di suolo verranno sollecitate con pressioni diverse. Più è lungo l'intervallo di tempo considerato più è probabile che si verifichi una fluttuazione di velocità elevata tale da produrre pressioni capaci di erodere e rimuovere alcune delle particelle in esame. In Fig. 2 sono riportati due esempi di distribuzioni di pressioni per due situazioni ad egual portata unitaria ( $0.0036 \text{ m}^2/\text{s}$ , pendenza 10%) ma diversa scabrezza idraulica (curve A e B).

Naturalmente particelle ed aggregati di suolo non sono legati tra loro da forze tutte eguali. Anzi, la distribuzione (spaziale) delle resistenze (Fig. 2: curve C e D) è abbastanza ampia. Le particelle, le cui resistenze al distacco cadono nell'area di intersezione tra le curve di distribuzione delle pressioni di distacco e di quelle resistenti sono a rischio di erosione. Tra le particelle a rischio verranno erose solo quelle all'intorno delle quali si verificherà la fluttuazione di velocità dell'acqua di ruscellamento richiesta per effettuare il distacco (Yalin, 1977, Naden, 1987, Torri *et al.*, 1990, Nearing, 1991).

Vediamo ora come avviene il trasporto del materiale distaccato da parte dell'acqua di ruscellamento. Una volta che una particella è distaccata ed immessa nell'acqua in movimento questa inizia a cadere verso la superficie del suolo. Nel frattempo l'acqua la trascina. Questi due fattori determinano la distanza a cui la particella può giungere (che può essere anche molto grande). Il percorso fatto da una data particella dipende dalle forze interne al fluido, dovute al moto dello stesso, e da peso e dimensione della particella. A questi si uniscono turbolenze, variazioni di scabrezza idraulica, fattori di forma delle particelle ed aggregati, ecc., che rendono mal parametrizzabile il sistema. Fortunatamente, la quantità che viene trasportata è data dall'equilibrio tra quanto viene staccato ed immesso nell'acqua in moto e quanto, sedimentando, lascia il flusso. Così, si può supporre che esista una quantità massima di sedimenti che può essere trasportata da un dato flusso liquido. Questa quantità può essere approssimativamente misurata, e, con il nome di capacità di trasporto, è stimabile attraverso numerose relazioni empiriche. Esiste, in proposito, una recente review fatta da Govers (1992) a cui si rimanda. Qui basterà dire che normalmente, la capacità di trasporto aumenta all'aumentare della velocità dell'acqua di ruscellamento e della pendenza mentre viene ridotta dall'aumentare delle dimensioni delle particelle trasportate.

Il trasporto è naturalmente più efficiente quando l'acqua di ruscella-

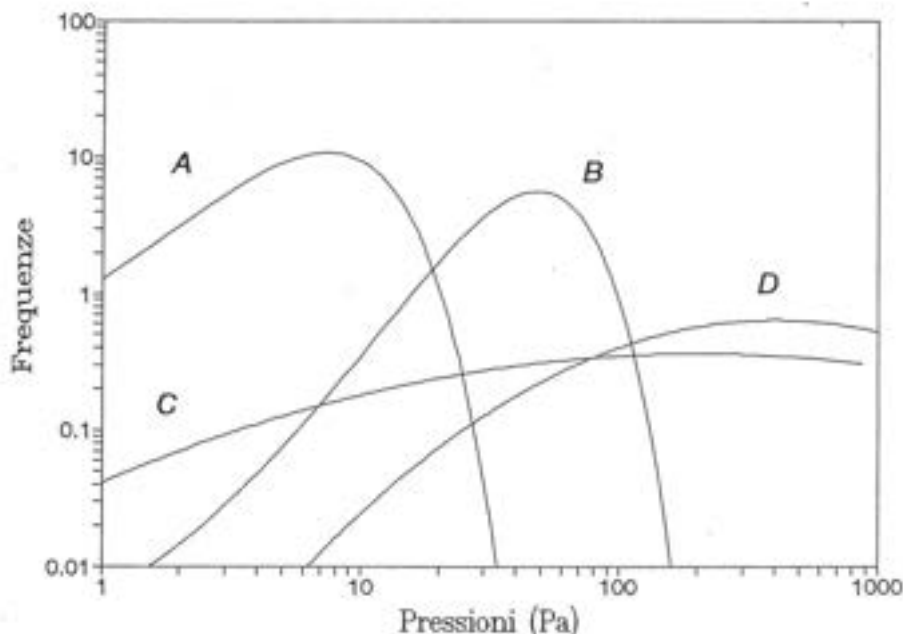


FIG. 2. — Le curve di frequenza A e B rappresentano distribuzioni temporali di pressioni prodotte da due diversi flussi turbolenti (stessa portata unitaria e stessa pendenza, diversa scabrezza idraulica). C e D rappresentano distribuzioni spaziali di resistenze in due suoli.

mento è concentrata in rivoli (Figg. 3 e 4). In questo caso anche la capacità di distacco del flusso è maggiore. Pertanto un qualsiasi micro-impluvio è destinato ad essere inciso e ad approfondirsi rispetto alla superficie del terreno circostante (Fig. 4).

Infine, la sedimentazione può divenire il processo preponderante quando la velocità dell'acqua di ruscellamento diminuisce. La sedimentazione può interessare corsi d'acqua, laghetti, canali, etc. oppure può avvenire al piede del versante. In questo ultimo caso, la sedimentazione può rivelarsi più dannosa dell'erosione, almeno nell'immediato, come illustra Fig. 5.

#### *La resistenza del suolo all'erosione*

Torniamo ora alla resistenza che particelle ed aggregati di suolo oppongono all'erosione. La forza resistiva dipende da come le particelle di suolo sono organizzate tra di loro e dai tipi di legante. In altre parole, le particelle sono



FIG. 3. — La foto è stata ripresa al termine di un nubifragio nella valle del fiume Elsa (Colle Val d'Elsa).



FIG. 4. — Fossetto scavato da una serie di violente piogge nel novembre 1986 presso Vulci (Canino) in un oliveto inerbito.



FIG. 5. — Effetto di un eccessivo spessore dei sedimenti, insieme ad un probabile ristagni d'acqua, in un campo di mais.

legate tra loro con intensità di forza di legame diversa. Tra i vari tipi di legante, la sostanza organica, presente nel suolo, ha una funzione estremamente importante, in particolare nell'ottica di questo scritto.

L'acqua, come altri agenti climatici, tratta come singoli individui insiemi di particelle legate tra loro con forze superiori a quelle che legano le particelle, componenti un insieme, alle particelle di altri insiemi. Tali individui costituiscono gli aggregati stabili alle forze che l'acqua riesce ad esprimere in quel momento. Sia il tipo di legante che l'organizzazione delle particelle non è una caratteristica costante del suolo. Infatti, mentre alcune caratteristiche sono variabili solo su tempi lunghi (per esempio, minerali di neogenesi, tessitura, ecc.), altre, come il contenuto ed i tipi di sostanza organica, sono

variabili su tempi brevi. Di conseguenza, la risposta del suolo all'erosione varia nel tempo in funzione degli interventi umani, dell'attività della fauna, del tipo di vegetazione che su tale suolo insiste, nonché degli agenti climatici (radiazione incidente, gelo, vento), ecc. Il susseguirsi dei processi di modificazione delle condizioni della superficie del suolo, che potremmo chiamare «storia del suolo», rendono, con il cumularsi degli effetti, nettamente diversi i comportamenti di suoli altrimenti simili.

## Interazioni erosione-vegetazione-uso del suolo

I processi che abbiamo visto contengono una serie di parametri i cui valori possono essere modificati dall'uso del suolo.

Innanzitutto è possibile modificare l'intensità delle forze di distacco e trasporto. Ad esempio, la resistenza che l'acqua di ruscellamento incontra nel suo moto dipende dalla scabrezza della superficie del suolo (che viene periodicamente aumentata in agricoltura con le lavorazioni dei campi), dalla vegetazione erbacea, arbustiva (almeno entro certi limiti), dalla lettiera o dai residui della coltura precedente, ecc. Aumentando la scabrezza idraulica la velocità dell'acqua diminuisce. Si riducono così capacità di trasporto e distacco. Questo è esemplificato in Fig. 2 dove sono riportate alcune distribuzioni delle pressioni esercitate dal fluido in moto su un determinato suolo. La differenza tra le due distribuzioni di pressioni esercitate dall'acqua è dovuta alla scabrezza idraulica (curva B con scabrezza idraulica di Manning  $n=0.02$ ; A con  $n=0.2$ ). L'intersezione tra la curva contrassegnata da A e la distribuzione delle resistenze del suolo (curva D) è trascurabile, quindi il ruscellamento ha, in questo caso, una scarsa capacità erosiva. In un campo di medica la scabrezza  $n$  può avvicinarsi all'unità: questo è sufficiente per rendere pressoché nulla sia la capacità di distacco che di trasporto; anzi, la tecnica conservativa dello strip-cropping (successione lungo il versante di colture poco protettive alternate da strisce inerbite) deve il suo successo proprio a questo fatto.

La vegetazione esplica, inoltre, un'azione di intercettazione delle gocce d'acqua. Parte dell'acqua intercettata viene trattenuta dalla pianta mentre la maggior parte viene restituita sotto forma di gocce di circa 4 mm di diametro (Brandt, 1989, 1990) e, a volte, di flusso concentrato lungo il fusto. Le nuove gocce, in generale, anche se più grosse di quelle originali, cadendo da un'altezza inferiore, hanno una minor velocità di impatto e, quindi, una minor forza d'urto, con un minor distacco di particelle ed aggregati. Se la

pianta è però molto alta (più di 15-20 m) l'effetto di riduzione dell'erosività della pioggia scompare.

L'azione di intercettazione di parte della forza d'urto delle gocce di pioggia ha anche l'effetto di mantenere l'infiltrazione a valori più elevati poiché i processi di compattazione e di sedimentazione sono ridotti. Se poi la vegetazione è di tipo erbaceo, bassa, o è composta da muschi, licheni, alghe, oppure il suolo è coperto da una lettiera di foglie l'effetto dell'impatto delle gocce è nullo: non c'è erosione e l'infiltrazione si mantiene a lungo su valori molto alti.

Ancora, la vegetazione ha un'azione diretta sulla resistenza del suolo al distacco. Infatti molti aggregati rimangono legati alle radichette e le forze erosive non riescono, in genere, a distaccarli. È come se la curva di resistenza del suolo (Fig. 2) venisse allargata verso valori più alti (e quindi abbassata), riducendo l'area di intersezione con la distribuzione delle forze di distacco.

Da quanto detto è evidente che l'uso del suolo, il tipo di vegetazione presente, il modo in cui i campi sono lavorati hanno degli effetti molto importanti sull'intensità delle forze di distacco e trasporto che gli agenti erosivi possono esprimere. Qualcosa di simile si verifica anche per le forze resistenti l'erosione. Ad esempio, l'erodibilità del suolo (secondo la definizione della stessa data da Wischmeier e Smith, 1978, nella loro «universal» soil loss equation) decresce, mediamente, all'aumentare della percentuale di sostanza organica. L'effetto di quest'ultima è mediato dall'azione sulle forze di legame tra particelle, cioè sulla dimensione e stabilità degli aggregati. In un ambiente naturale o, perlomeno, con uso del suolo costante e protratto nel tempo, si genera un equilibrio tra apporti di sostanza organica (quantità e qualità) e suo consumo. Si stabiliscono così dei legami tra particelle minerali mediati dalla sostanza organica che sono diversi in funzione di molte componenti dell'ambiente in esame. Si richiamano in proposito, il tipo di vegetazione epigea, flora e fauna del suolo, ecc.

Generalmente, nei suoli soggetti ad agricoltura tradizionale con aratura e semina annuale, la sostanza organica si porta a valori molto bassi, proprio dove l'erodibilità ha il suo valore di picco (Poesen, Torri e Römken, dati non pubblicati). Questo non significa che le attività agricole siano necessariamente un peggiorativo delle capacità di un suolo di resistere all'erosione. Ad esempio, in terreni coltivati secondo tecniche di agricoltura organica (biologica) si sono registrati minori densità massiche apparenti e maggiori contenuti di sostanza organica che nei loro equivalenti sottoposti ad agricoltura convenzionale (Reganold et al., 1993), facendo, quindi, presumere una maggior resistenza all'erosione.

## Cambiamento globale ed erosione

Per trovare i collegamenti tra cambiamento globale (global change) ed erosione occorre, come anticipato, richiamare alcuni dei principali processi in atto, a cui ci si riferisce parlando di global change e cioè: variazioni diffuse ed estese di uso del suolo, incremento della popolazione mondiale e modificazioni climatiche.

Nessuno di questi fattori è in realtà estraneo alla nostra esperienza. Infatti i cambiamenti di uso del suolo sono ormai una costante in buona parte del nostro territorio: basti pensare al periodo di abbandono che ha caratterizzato le campagne italiane durante gli anni 50-60, alle modificazioni di tecniche colturali quali l'abbandono dei terrazzamenti e delle coltivazioni per traverso a favore, ad es., di vigneti a rittochino, alla bonifica di aree calanchive o a biancane grazie all'uso di ruspe di enorme potenza.

Relativamente ai cambiamenti climatici, sono noti a tutti i maggiori problemi legati all'effetto serra ed all'incremento di temperatura media del globo. In realtà, il nostro pianeta ha spesso sperimentato cambiamenti climatici nel passato. Esistono infatti testimonianze di modificazioni quasi cicliche dovute ai movimenti della Terra rispetto al sole (cicli di Milankovitch) con periodi dell'ordine dei milioni di anni (circa 2.3, teorico, o 1.8, sperimentale; Schneider, 1994), o delle centinaia di migliaia (200-400 mila) fino a periodicità di circa 10-11 mila anni come riportato da Kerr (1994). A questi cambiamenti ciclici, nel passato, si sono sovrapposti altri fattori, spesso causando oscillazioni di temperatura media del globo di alcuni gradi in pochi anni (Allen e Anderson, 1993). L'ambiente, allora naturale, si è adattato alle nuove situazioni con modificazioni in tutte le sue componenti, come flora, fauna, ecc. Con queste sono cambiate anche le modalità e intensità di rimodellamento ed evoluzione del paesaggio, in particolare della pedosfera, influenzata nei processi sia di genesi che di erosione del suolo.

Anche l'ambiente più antropizzato ha, in passato, risentito fortemente dei cambiamenti di clima come è esemplificato da diversi episodi della nostra storia. Un esempio di questo è dato da quanto discusso da Weiss *et al.* (1993) per la Mesopotamia del 2000 a.C. circa, dove, in seguito a processi di progressivo inaridimento della zona, con perdita di ampie superfici coltivate, la società dei Sumeri entrò in grave crisi.

Naturalmente anche oggi i tipi di coltura possono venir modificati per un cambiamento di regime termo-pluviometrico. Questo può assumere caratteristiche drammatiche quando riferito ad aree già a rischio di desertificazione come esemplificato dalla situazione dei paesi del Sahel. Qui, una suc-

cessione di anni siccitosi ha spinto parte della popolazione verso sud dove il territorio è ora sottoposto ad uno sfruttamento troppo intenso con gravi danni, anche permanenti, e con rilevante aumento di erosione idrica ed ecologica del suolo.

Ai problemi elencati nei precedenti capoversi si affiancano quelli derivanti dall'aumento della popolazione mondiale. L'incremento demografico produrrà una maggior pressione sull'ambiente, con modifiche d'uso del suolo, tendenza al sovrasfruttamento, ecc. in uno scenario che dovrebbe più o meno ripetere quanto detto per il Sahel, particolarmente nei Paesi Emergenti. Anche in questo caso aumenti del tasso di erosione sono certezze e non probabilità, restando aperto solo il problema di valutarne l'entità.

Riassumendo sono variazioni in aggressività climatica ed in uso del suolo che direttamente riflettono i cambiamenti globali nei processi erosivi. Il cambiamento di uso comporta una diversa protezione del suolo dagli agenti erosivi. Si supponga che la protezione del suolo dovuta ad un certo tipo di vegetazione diminuisca o venga eliminata. Nella situazione originale gli agenti erosivi riescono ad esprimere forze rappresentabili, ad esempio, con la distribuzione di Fig. 2 (curva A). Queste, essendo di bassa intensità, permettono lo svilupparsi di aggregati legati al resto del suolo con forze la cui distribuzione si estende in modo significativo verso valori bassi di resistenza (curva C). Quando la protezione viene a mancare le forze erosive aumentano di intensità in maniera brusca con passaggio dalla distribuzione di frequenze di curva A a quello di curva B. Ora vi è una grossa sovrapposizione tra le due distribuzioni (curve B e C) con conseguente aumento di erosione. Gli aggregati legati più debolmente, presenti nella prima fase, non possono più accumularsi nel suolo e la distribuzione di forze tende a modificarsi spostandosi verso curva D. La minor sovrapposizione tra le forze erosive e le forze resistenti del suolo porta l'erosione verso valori più bassi di quelli della fase di passaggio. Se l'erosione è stata realmente catastrofica, l'erosione nella fase finale può attestarsi su valori più bassi anche di quelli iniziali.

Sono naturalmente possibili diverse situazioni. Ad esempio, si può supporre una transizione verso una situazione di maggior protezione del suolo. Se il passaggio è graduale (p. es., inerbimento naturale di un seminativo abbandonato) la fase di transizione non presenta picchi di erosione ma una graduale diminuzione verso i valori finali della nuova situazione. Qualora invece vi sia un intervento che preveda scassi od altro (p. es., la sostituzione di un seminativo con un oliveto) il picco di erosione nel periodo intermedio è sicuro.

Andamenti simili sono da attendersi anche qualora si agisca in modo

tale da diminuire la resistenza del suolo all'erosione. Questo può avvenire a seguito di un sovrasfruttamento del suolo, con rapida diminuzione del suo contenuto di sostanza organica e deterioramento della stabilità degli aggregati, come sta certamente accadendo nei già rammentati territori immediatamente a sud del Sahel.

Ancora, supponiamo un cambiamento climatico con, ad esempio, incremento di temperatura, diminuzione della piovosità e una diversa distribuzione delle piogge (più rade e più intense). Anche in questo caso si verifica una serie di situazioni simili a quelle descritte nei precedenti capoversi. In questo caso è la maggior aggressività a causare il tutto invece della ridotta protezione.

Il grafico di Fig. 6 illustra quanto detto: il primo tratto, fino al punto A rappresenta un regime erosivo in stato circa-stazionario, che si modifica durante un periodo di passaggio (tratto A-B) per poi riassetarsi su un diverso insieme di valori.

Naturalmente, in una situazione dove il cambiamento non è semplicemente di uso del suolo, dove si prevede un diverso regime termo-udometrico, con complicazioni dovute a una sempre più massiccia ingerenza antropica legata all'incremento demografico, l'erosione può divenire un grosso problema. Restando ai nostri esempi, il tratto A-B di Fig. 6 può essere supposto moltiplicarsi (cambio di uso seguito dall'inizio di una destabilizzazione da cambiamento di regime termo-pluviometrico, durante il quale possono verificarsi una serie di cambi d'uso, alcuni dei quali forzati dal cambiamento climatico) ed estendersi su un lungo numero di anni, con la coalescenza di una serie di diversi tratti A-B.

Si può quindi prevedere una stabilizzazione dell'erosione solo dopo che clima e cambiamenti d'uso avranno raggiunto un nuovo stato stazionario. Ovviamente, quanto detto è solo esemplificativo di una realtà estremamente complessa dove molti fattori interagiscono tra loro mascherando spesso le rispettive influenze. Comunque rimane il fatto che ogni cambiamento verso situazioni meno protettive o più aggressive comporta generalmente un aumento di erosione, eventualmente seguito da uno stabilizzarsi della stessa su valori intermedi tra quelli dell'uso precedente e i picchi del periodo di passaggio. In particolare, l'intensificazione dell'erosione del suolo sembra accompagnarsi sempre alle oscillazioni climatiche ed ai cambiamenti che ad esse seguono. Esempi di questa coincidenza si possono trovare in lavori di studiosi di diversa estrazione quali, ad es., Bork (1990) e Weiss *et al.* (1993).

Da quanto detto dovrebbe essere chiara l'importanza che i diversi fattori che contribuiscono al cambiamento globale hanno rispetto all'erosione. In

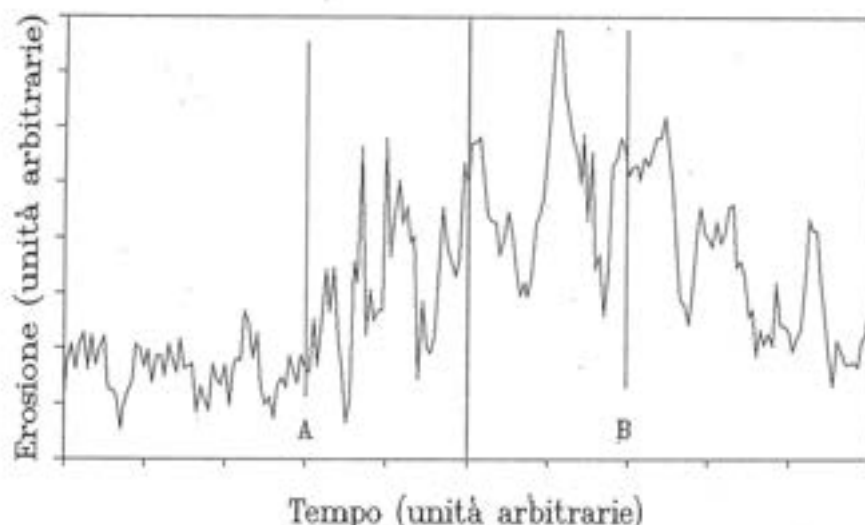


FIG. 6. — Erosione annua in funzione del tempo: al momento A inizia un cambiamento con aumento di aggressività climatica o riduzione di protezione del suolo; al momento B il cambiamento cessa e il sistema tende ad uno stato stazionario diverso da quello precedente il momento A.

realtà esiste anche una relazione inversa, una retroazione dall'erosione verso il cambiamento globale, che è strettamente legata all'azione del suolo sulla vegetazione. La produzione di biomassa vegetale è, infatti, maggiore in un suolo ben sviluppato che nella fase erosa dello stesso. In generale, va tenuto conto che la velocità dei processi pedogenetici è sicuramente bassa in termini di tempi umani. In altre parole, occorrono decenni, talora secoli, perché il suolo si riformi. Quindi, perdere suolo significa anche deprimere la vegetazione con tutte le conseguenze possibili, quali minori raccolti (e quindi maggior pressione nelle aree ancora non troppo erose), intensificazione dei processi di desertificazione, ridotta capacità di eliminazione dell'anidride carbonica, ecc.

Anche l'erosione, pertanto, fornisce un suo non trascurabile contributo al cambiamento globale, con un'elevata importanza a livello locale ma con conseguenze molto più vaste, legate al processo di «globalizzazione» di ogni problema dovuta alla pressante presenza umana.

## Gli interventi per la conservazione del terreno nei sistemi agricoli delle aree declivi

### 1. Dinamica dei «paesaggi colturali» e cicli di degradazione del terreno

La colonizzazione agricola delle aree declivi ha dato luogo, a seguito di ricorrenti vicissitudini socio-economiche, a cicli storici di dinamica geomorfologica e di degradazione del terreno che segnano profondamente il «paesaggio colturale» (1) attuale, predisponendolo a rischi più o meno accentuati di dissesto idrogeologico conseguenti a mutamenti vuoi delle strutture vuoi dei sistemi colturali e delle tecniche di coltivazione, di volta in volta adottati per l'utilizzazione agro-silvo-pastorale del territorio (Figg. 1 e 2).

Nei differenti paesaggi colturali delle aree declivi italiane, risultanti da un lungo periodo di utilizzazione a fini agricoli, il regime idrologico e l'intensità dei processi erosivi debbono essere intesi come un amalgama di fattori predisponenti, sia attuali che storici.

Negli ambienti in questione è necessario tenere conto che l'aggressività climatica, la morfologia del territorio e le caratteristiche intrinseche dei terreni, costituiscono di per sé potenziali fattori naturali predisponenti al disordine idraulico e ai processi erosivi accelerati. Di fatto, una lunga storia di pressione antropica conseguente alle necessità socio-economiche delle locali

\* Dipartimento di Agronomia e Produzioni Erbacee, Università di Firenze.

(1) «Paesaggio colturale»: insieme delle forme, dei suoli, dei sistemi vegetali, delle strutture e delle infrastrutture, evolute storicamente su un dato territorio sotto l'azione combinata degli agenti climatici e dell'attività agro-silvo-pastorale dell'uomo.



FIG. 1. — «Paesaggio culturale» tradizionale.



FIG. 2. — «Paesaggio culturale» attuale caratterizzato da unità culturali a scacchiera.

popolazioni, ha già prodotto in passato una ragguardevole e talora irreversibile degradazione dei territori più fragili, indebitamente sfruttati.

Molte aree declivi, private degli ecosistemi forestali originari, sono state degradate a macchia secondaria, a pascoli degradati e, in alcune situazioni, addirittura a roccia madre demudata, come si riscontra in alcune aree degli Appennini italiani su rocce calcaree o arenarie compatte.

Nelle migliori condizioni della «collina tipica» e della «collina strutturale» italiana si sono sviluppati sistemi agricoli «sostenibili», mantenuti fino ai giorni nostri attraverso l'adozione di sistemi culturali imperniati su colture promiscue, rotazioni lunghe basate sui prati poliennali, allevamenti animali aziendali per lavoro e per reddito, riciclaggio della sostanza organica residuale dei prati e/o prodotta nella stalla come letame (sistema latino), sistemi di gestione agricola sapientemente integrati con il razionale governo delle acque eccedenti di ruscellamento superficiale e di scorrimento profondo (strutture sistematorie come terrazzamenti, fosse livellari, canali di guardia, acquidotti, scoline, fogne, drenaggi, strade poderali e aziendali, recinzioni vive, alberate, etc.).

## 2. Cause attuali dell'accelerazione della degradazione del terreno

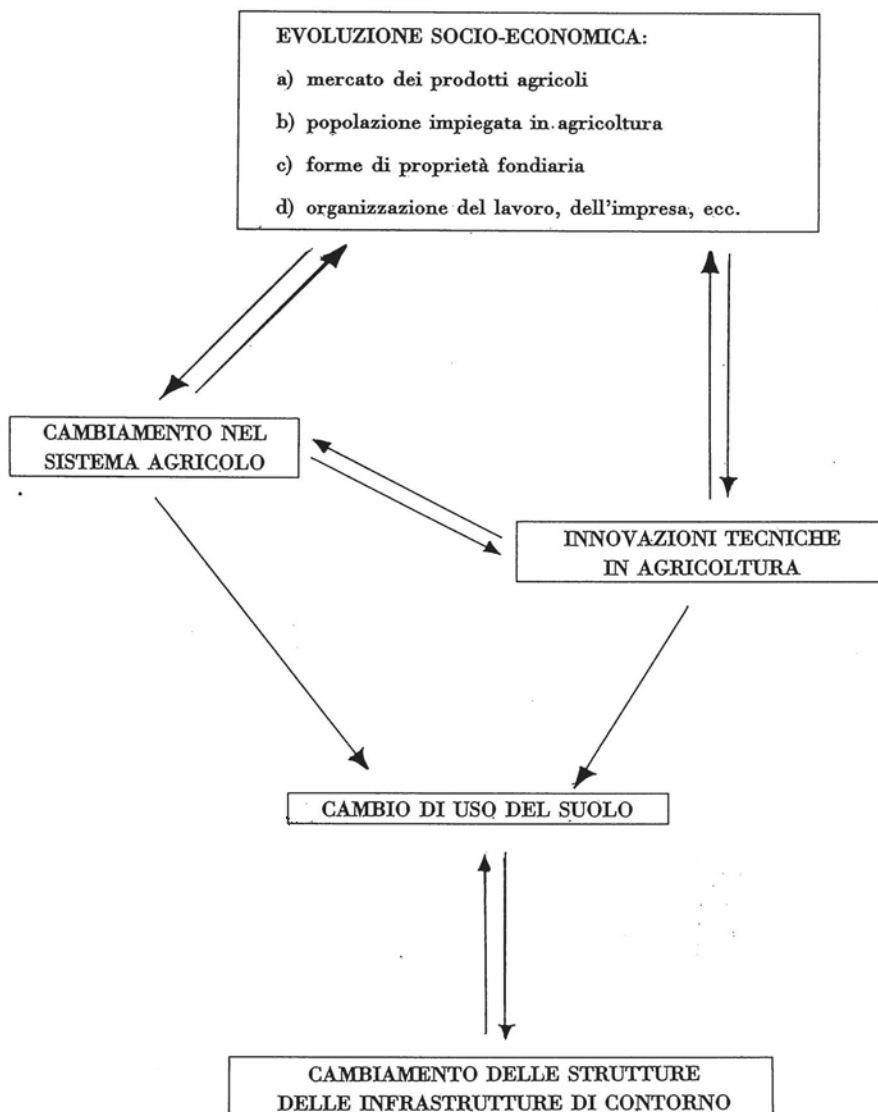
Le osservazioni più recenti, suffragate anche dalla ricerca sperimentale (Chisci, 1980, 1988, 1989, 1991, 1993a), evidenziano come in molte aree agricole della collina italiana siano recentemente aumentati il disordine idraulico e i processi erosivi.

È opinione diffusa che anche i notevoli inconvenienti (che talora si manifestano con aspetti catastrofici) spesso riscontrati nei territori a valle (esondazioni, interrimenti, inquinamento delle acque, etc.) siano dipendenti, in non trascurabile misura, dalla concentrazione dei deflussi e delle portate torbide che si originano nelle aree declivi soprastanti, anche se aggravati dalla deficienza di adeguati sistemi di smaltimento idrico, peggiorati in questi ultimi decenni dal caotico sviluppo urbanistico e industriale dei territori vallivi.

Si ritiene pertanto di preminente importanza esaminare nelle sue grandi linee l'evoluzione tecnologico-strutturale della collina italiana, ritenendo che ciò costituisca uno dei punti centrali di un possibile intervento finalizzato alla realizzazione di un assetto più stabile di tutto il territorio nazionale.

Nella collina italiana, al centro del problema sta l'evoluzione socio-economica dell'ambiente rurale (Tab. 1) caratterizzata dallo spopolamento

Tabella 1



e dall'invecchiamento della popolazione dedita all'agricoltura, situazione che si è evoluta negli ultimi decenni in concomitanza con la progressiva specializzazione delle produzioni destinate prevalentemente al mercato.

Con lo spopolamento, si è verificato anche un cambiamento della distribuzione della proprietà fondiaria, del tipo e della distribuzione dell'uso del terreno e della tipologia delle imprese, accanto allo sviluppo di piccoli e meno piccoli insediamenti industriali ed urbani, sia di nuova costruzione sia ristrutturazioni di edifici rurali acquistati e/o ripristinati spesso come seconde case di persone operanti, o comunque provenienti, da centri urbani più o meno lontani.

Sebbene non sia nel tema di questo intervento esaminare una casistica territoriale di tale vastità e complessità, ci sembra opportuno ricordare come l'assetto degli stessi paesaggi culturali della collina italiana sia stato profondamente influenzato anche da elementi extra-agricoli, certamente compartecipi del rilevato aumento del disordine idraulico e dei processi erosivi.

Mantenendosi comunque nei limiti degli aspetti più strettamente agricoli del problema, si può rilevare che, parallelamente ed in conseguenza dell'evoluzione socio-economica dell'ambiente rurale collinare, sono profondamente cambiati anche gli ordinamenti produttivi e i sistemi di conduzione agricola.

In particolare, si è assistito ad una vera e propria rivoluzione agrotecnica dovuta soprattutto all'aumento dell'impiego di prodotti industriali in agricoltura: a) fertilizzanti chimici, pesticidi ed erbicidi, da un lato; b) macchine motrici e operatrici in sostituzione e/o in ausilio del lavoro umano e animale in tutte le operazioni agricole, dall'altro.

I principali cambiamenti intervenuti nel corso degli ultimi decenni nei paesaggi culturali della collina italiana sono sintetizzati nella Tab. 2.

Ci sembra doveroso premettere a quanto diremo nel prosieguo che la rivoluzione tecnologica dovuta all'introduzione di mezzi tecnici innovativi, quali nuove varietà di piante coltivate, razze animali più produttive, tecniche di lavorazione del terreno, di coltivazione e di allevamento aggiornate, impiego di presidi e fertilizzanti chimici, etc., ha determinato un incremento impensabile delle rese, riducendo nel contempo i costi di produzione, anche a beneficio di un generale miglioramento della qualità del lavoro, della remunerazione e del tenore di vita di tutti gli operatori agricoli rispetto al passato.

A fronte di ciò non si può tuttavia sottacere che i necessari adattamenti dei sistemi agricoli hanno avuto anche un notevole impatto sui paesaggi culturali interessati, determinando spesso un aumento della fragilità del sistema territoriale, caratterizzato dalla tendenziale degradazione della fertilità agroeconomica dei terreni agricoli, dall'aumento dell'erodibilità, dalla diminuzione

Tabella 2 - *Principali interventi nei sistemi agricoli che hanno indotto consistenti cambiamenti dei «paesaggi culturali italiani»*

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Specializzazione delle colture in unità colturali separate per le colture arative e arboree (distribuzione a scacchiera).</li> <li>2. Successioni colturali brevi fino alla monocoltura nei terreni arativi.</li> <li>3. Riduzioni delle colture foraggere poliennali nelle successioni colturali.</li> <li>4. Concentrazione degli allevamenti animali e riduzione fino alla scomparsa dei piccoli allevamenti aziendali.</li> <li>5. Diminuzione fino alla scomparsa dell'impiego del letame tradizionale nei terreni arativi e negli impianti arborei dovuta anche alla trasformazione dei sistemi di allevamento animale.</li> <li>6. Impiego di macchine motrici e operatrici pesanti con conseguente aumento della costipazione del terreno, e creazione di scabrosità orientata a rittochino sui pendii dovuta ai ripetuti passaggi delle macchine.</li> <li>7. Aumento del numero di operazioni meccaniche con impiego di attrezzi di lavorazione che inducono polverizzazione della struttura meccanica di lavorazione.</li> <li>8. Generalizzazione delle operazioni di livellamento con ingenti movimenti di terra sulle unità di coltivazione in pendio al fine di facilitare l'impiego delle macchine.</li> <li>9. Generalizzazione dell'esecuzione delle operazioni meccaniche, della semina e degli impianti arborei a rittochino sui versanti coltivati.</li> <li>10. Riduzione fino all'eliminazione delle strutture meccaniche come i terrazzamenti, i fossi livellari, le recinzioni vive, le fogne e i drenaggi sotterranei, particolarmente quelli eseguiti sui filari arborei livellari, etc.</li> <li>11. Carenza di interventi per il mantenimento dell'efficienza delle strutture meccaniche lineari (strade, bordi, fossi, canali, etc.).</li> <li>12. Abbandono delle coltivazioni nei terreni marginali declivi seguito dall'insediamento di una vegetazione spontanea di colonizzazione che esercita una modesta protezione del terreno contro l'erosione. L'abbandono delle strutture meccaniche esistenti può causare il collasso delle strutture stesse e l'intasamento delle vie d'acqua, con conseguente concentrazione del deflusso, disordine morfologico della superficie del terreno, esondazioni.</li> <li>13. Uso del fuoco come tecnica di gestione dei residui (bruciatura delle paglie e delle stoppie negli arativi a grano), decespugliamento e ringiovanimento del cotico nei pascoli naturali.</li> <li>14. Riduzione degli «ecotoni» (argini, strade, boschetti, recinzioni vive o in genere delle così dette tare non produttive e aumento delle dimensioni dei campi per facilitare la meccanizzazione).</li> </ol>
---

della capacità di infiltrazione e di immagazzinamento dell'acqua nel terreno, da cui un aumento della generazione del ruscellamento, peraltro peggio regimato in conseguenza della riduzione delle strutture sistematorie antropiche determinata dalle necessità della meccanizzazione integrale dei sistemi agricoli.

In sintesi, un generale peggioramento dell'assetto dei relativi paesaggi culturali caratterizzato da una maggior propensione al disordine idraulico e all'erosione del terreno (Chisci, 1979), ed anche al rilascio di una maggior quantità di elementi inquinanti nell'ambiente (Chisci *et al.*, 1993b).

Da quanto sopra consegue, a nostro avviso, la prioritaria necessità di

individuare e, soprattutto, implementare opportune misure, anche di tipo agronomico che, mantenendo per quanto possibile i vantaggi conseguiti a livello produttivo e gestionale, siano rivolte a migliorare l'assetto generale del territorio collinare destinato all'uso agricolo, in tutti quei casi in cui esso presenti connotazioni di disordine idraulico e di erosione accelerata del terreno.

L'esperienza dimostra che questa finalità può essere perseguita operativamente solo attraverso un approccio territoriale integrato e sistemico.

In molte circostanze è stato infatti osservato che interventi sconsiderati tra loro, distribuiti caoticamente sul territorio collinare, non solo non hanno sortito effetti tangibili ma hanno addirittura peggiorato il controllo dei deflussi idrici e dell'erosione del terreno.

Pertanto, non ci stancheremo di raccomandare che l'adozione di misure meccaniche e agrobiologiche per la regimazione idrica e la protezione del terreno debbano essere tra loro coerenti, non tanto e non solo sulle singole unità di coltivazione, ma integrandole nel complesso del paesaggio culturale, a sua volta inquadrato in singoli bacini idrografici.

Questa concezione strategica degli interventi, troppo spesso trascurata, non è certo nuova, avendo trovato in passato una simile formalizzazione nella filosofia della bonifica integrale (Serpieri, 1931, 1932, 1933, 1934).

Anche le più recenti strategie che individuano nei piani di bacino idrografico lo strumento di coordinamento degli interventi finalizzati al miglioramento dell'assetto territoriale, compresi quelli di tipo più strettamente agronomico (Gil, 1979), altro non sono se non la precisazione di un piano di bonifica integrale per un'unità fisiografica che, per motivazioni di ordine geosistemico e idrografico, risulta meglio individuata nel bacino idrografico, anziché in un'unità territoriale di ordine socio-economico o amministrativo.

### 3. Anamnesi dei sistemi erosivi in alcuni paesaggi culturali

Al fine di una puntuale scelta delle misure agrotecniche che, da caso a caso, debbano essere adottate su una data unità territoriale per un adeguato controllo del dissesto e dell'erosione accelerata nei terreni agricoli, risulta necessario definire, accanto ad una serie di altri elementi conoscitivi indispensabili sia per una compiuta analisi del territorio sia per la progettazione degli interventi (Chisci, 1979(a), 1979(b), 1982, etc.), anche il «sistema erosivo» (Figg. 3 e 4), costituito dall'insieme di processi e di forme erosive presenti sul territorio agricolo, prima di procedere alla progettazione e imple-



FIG. 3. — «Sistema erosivo» in un seminativo sottostante ad una pendice a vigneto specializzato.



FIG. 4. — «Sistema erosivo» in un vigneto specializzato sottostante un bosco.

mentazione del sistema integrato di misure meccaniche e agrobiologiche capaci di garantire, per quanto possibile, la più efficiente regimazione idrica e protezione del terreno (Papy e Boiffin, 1989).

Infatti, un «sistema erosivo», così come risulta attivato in un'unità culturale, su un versante o in un bacino idrografico, è generalmente correlato sia con le caratteristiche morfografiche, strutturali e infrastrutturali del paesaggio considerato, sia con l'andamento stagionale delle condizioni climatiche in relazione con le coperture vegetali e con la sequenza delle pratiche agricole che caratterizzano ciascuna unità di territorio del paesaggio stesso (De Ploey, 1989).

Un'esemplificazione di alcuni sistemi erosivi tipici di differenti paesaggi culturali italiani è riportata nella Tab. 3.

La scelta degli interventi agronomici integrati, pertanto, non può prescindere da un'analisi caso per caso del sistema erosivo in atto e della sua dislocazione all'interno dell'unità territoriale di intervento.

#### 4. Generalità sulle misure agronomiche per la regimazione idrica e la protezione del terreno

Una generale classificazione della tipologia degli interventi agronomici adottabili per il controllo dei fattori erosivi è riportata nella Tab. 4.

Come si può rilevare, i diversi tipi di intervento, pur nella loro specificità di azione sui singoli fattori erosivi — erodibilità del suolo, generazione ed entità del deflusso, concentrazione e smaltimento del deflusso stesso —, risultano strettamente interconnessi ai fini della migliore regimazione idrica e del controllo dell'erosione, due facce dello stesso problema.

Più in dettaglio, gli interventi di tipo agronomico possono essere classificati secondo le loro modalità di applicazione in interventi andanti (non-point measures) e interventi puntuali (point measures), questi ultimi a loro volta distinti in interventi lineari (linear measures) ed interventi areali (areal measures) (Tab. 5).

Questa distinzione, che potrebbe apparire ad un esame superficiale puramente accademica, è di fatto molto importante perché ad essa sono collegate le possibilità di applicazione sul territorio e, quindi, la maggiore o minore facilità di adozione da parte degli operatori agricoli singoli o associati. Infatti, gli interventi andanti sono relativamente indipendenti dalle caratteristiche morfologico-strutturali del paesaggio culturale e riguardano il controllo generalizzato dell'idrologia del terreno, della sua erodibilità e della genera-

Tabella 3 - Impatto relativo di differenti forme di erosione nel sistema erosivo di alcuni «paesaggi culturali» italiani

AREE GEOGRAFICHE	TIPI DI SUOLO	TOPOGRAFIA	INTENSITÀ DELLE INFRASTRUTTURE LINEARI	USO DEL SUOLO	SCALA RELATIVA DELLE FORME DI EROSIONE									
					BATTENTE	LAMINARE	A RUSCELLI	A BERGONE	INCANALATA	IN TUNNEL	FRANS	DISTACCO SEP.	SOLIFUSIONE	COLLUVIAZIONE
MEDITERRANEA SETTENTRIONALE	sabbioso-limoso	pendenze elevate pendici frastuonate	media alta	vigneto frutteto arativo	[1]	[2]	[4]	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	[2]
	marnoso-arginoso	pendenze elevate versanti isolati	alta	vigneto frutteto arativo	[3]	[2]	[3]	[2]	[1]	[1]	[1]	[1]	[2]	[2]
	marnoso	pendenze moderate versanti isolati	alta	vigneto oliveto arativo	[1]	[1]	[2]	[2]	[4]	[3]	[3]	[2]	[2]	[1]
MEDITERRANEA CENTRO-MEDIOZIONALE	bruno	pendenze moderate pendici frastuonate	alta	arativo vigneto oliveto	[1]	[2]	[3]	[1]	[1]	[1]	[1]	[2]	[1]	[1]
	terre rosse	pendenze moderate	media	oliveto arativo vigneto pascolo	[1]	[2]	[3]	[1]	[1]	[1]	[1]	[2]	[1]	[1]
	argilloso	pendenze moderate versanti isolati	bassa	arativo pascolo maggese	[1]	[1]	[2]	[2]	[2]	[3]	[4]	[3]	[2]	[2]

(\*) GRADAZIONE RELATIVA DI FORME DI EROSIONE:

[1] - assente o bassa

[2] - moderata

[3] - elevata

[4] - molto elevata.

Tabella 4 - Fattori erosivi responsabili delle diverse forme di erosione e principali tipi di intervento agronomico per il controllo dell'erosione nei sistemi agricoli

FATTORI EROSIIVI	INTERVENTI AGRONOMICI PER IL CONTROLLO DELL'EROSIONE
a) Erodibilità del suolo (instabilità delle particelle; susceptibilità alla formazione di cruste; susceptibilità al roccellamento)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Miglioramento della stabilità strutturale del terreno.</li> <li>2. Gestione della struttura meccanica da lavorazione.</li> <li>3. Gestione della copertura erbacea e/o della pacciamatura del terreno.</li> </ol>
b) Generazione del deflusso	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Miglioramento stabilità strutturale del terreno.</li> <li>2. Gestione della struttura meccanica da lavorazione.</li> <li>3. Controllo della compattazione superficiale e profonda del suolo.</li> </ol>
c) Concentrazione del deflusso	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gestione delle strutture lineari.</li> <li>2. Gestione delle infrastrutture lineari.</li> <li>3. Gestione della forma e delle caratteristiche topografiche delle unità culturali.</li> </ol>

zione dei deflussi, risultando peraltro strettamente legati al suo stato di fertilità. In questo senso tali misure possono essere applicate in maniera indipendente da singoli agricoltori, su singoli campi o aziende. Gli interventi lineari e/o areali richiedono invece un opportuno raccordo geosistemico e strutturale sull'unità territoriale più ampia, nell'ambito di ciascun bacino idrografico di un dato paesaggio culturale. In relazione a ciò la loro applicazione richiede l'accordo ed il concorso di tutti i proprietari e/o gli imprenditori agricoli operanti nel bacino dato, ciò che rende obiettivamente molto più problematica la loro adozione.

## 5. Tipologia degli interventi agronomici in alcune situazioni della collina italiana

Venendo più concretamente ai due principali ambienti della collina italiana, per la collina strutturale, nel passato caratterizzata dalla coltura promiscua arboreo-erbacea, la naturale vocazione arboricola per produzioni di pregio ha determinato in questi ultimi decenni un notevolissimo sviluppo dell'arboricoltura specializzata.

Questa evoluzione, tralasciando le tante e fondamentali considerazioni per cui tale tendenza si è così ampiamente affermata, ha introdotto profondi cambiamenti sia di carattere agrotecnico sia di tipo strutturale, come si può evincere dalla Tab. 6.

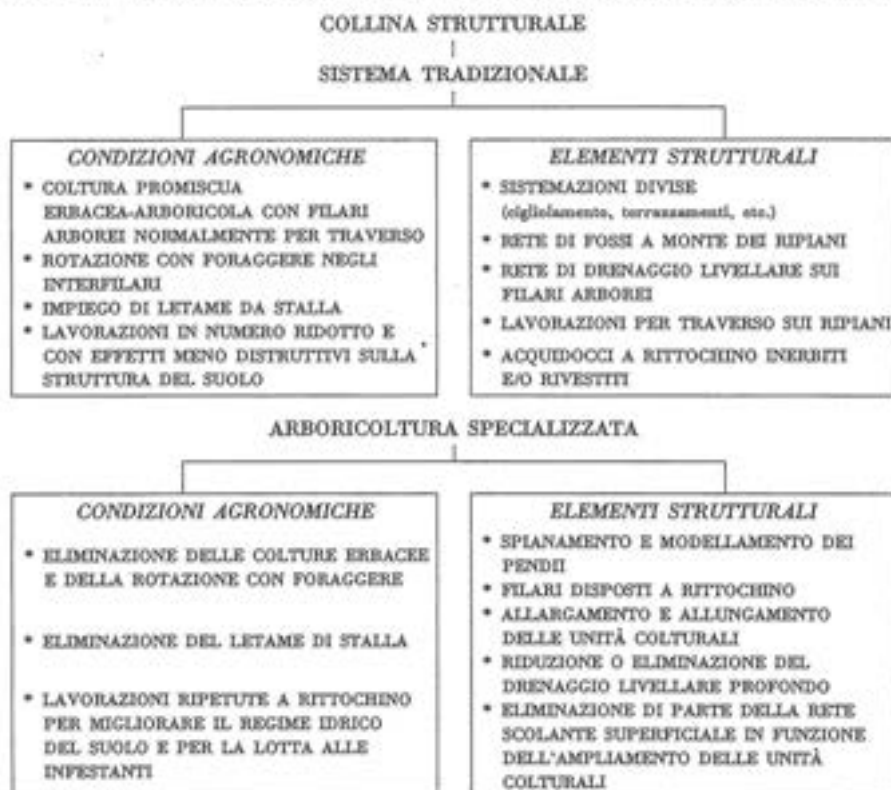
Tabella 5 - *Classificazione degli elementi morfologico-strutturali e delle pratiche colturali disponibili per la protezione del terreno a scala di campo e aziendale*

INTERVENTI ANDANTI	Governo della sostanza organica	fertilizzanti organici residui colturali
	Uso di condizionatori della struttura del terreno	
	Tecniche colturali	Lavorazioni principali Convenzionali (aratura e formazione del letto di semina) Lavorazioni minime (discature, erpicature, discissure, rotoarature) Non lavorazioni (semina sul sodo con preparazione speciale: diserbanti, disseccanti, etc. e pure l'impiego di seminatrici speciali)
		Lavorazioni secondarie
ELEMENTI LINEARI	Pacciamatura	con materiale vivo con residui agricoli e industriali
	Strade campereccie e aziendali	
	Capezzaghe	
	Fosse	
	Strade-fosso	
	Acquidotti	
	Canali	
	Terrazze e ciglioni	
	Alberature	
	Recinzioni varie	
	Scarpate	
	Direzione delle lavorazioni	
ELEMENTI AREALI	Direzione delle righe e/o dei filari arborei	
	Forma e direzione delle unità colturali	
	Distribuzione e localizzazione degli «ecotomi»	

Dobbiamo purtroppo rilevare che tali cambiamenti hanno introdotto alcuni effettivi negativi particolarmente a livello di assetto del territorio. Infatti, sono in molti casi aumentati il disordine idraulico e l'erosione del terreno come risulta comprovato anche da numerose osservazioni sperimentali (Tropeano, 1982; Chisci, 1987, 1988, 1991).

Se prendiamo come caso esemplificativo il vigneto specializzato, sono potenzialmente disponibili interventi, anche di tipo agronomico, che pur mantenendo l'attuale assetto degli impianti in atto ed introducendo alcuni accor-

Tabella 6 - Trasformazioni dei sistemi agricoli nei paesaggi culturali della collina strutturale



gimenti negli impianti nuovi possono, in notevole misura, attenuare gli inconvenienti osservati (Tab. 7) (Figg. 5 e 6).

Passando alla collina tipica su terreni marnosi e argillosi, nel passato caratterizzata dalla prevalenza di colture erbacee avvicendate, essa è stata interessata soprattutto da cambiamenti di tipo agrotecnico (Tab. 8).

Analogamente alla collina strutturale, tale innovazione ha determinato una situazione territoriale potenzialmente più suscettibile al disordine idraulico e ai processi erosivi, in questo caso soprattutto di massa (frane, soliflussioni, scoscientamenti). Ciò è stato comprovato sperimentalmente in alcuni casi concreti dell'Oltrepò Pavese e delle aree marnoso-argillose della collina cesenate (Chisci, 1986, 1988, 1991).

Se prendiamo come modello un ambiente della collina tipica su terreni

Tabella 7 - Prospettive sulle misure agronomiche adottabili nelle aree a viticoltura specializzata della collina strutturale

**PRINCIPALI  
CARATTERISTICHE DEL  
PAESAGGIO CULTURALE**

MORFOLOGIA ACCIDENTATA E TALORA CON ELEVATA PENDENZA; ELEVATA INTENSITÀ IDROGRAFICA NATURALE; ELEVATA INTENSITÀ DI STRUTTURE LINEARI ANTROPICHE; VARI TIPI DI SUOLO (sabbioso-limosi, marnoso-arenacei, bruni e rossi mediterranei, etc.)

**PRINCIPALI MISURE AGROTECNICHE**

- \* APPRATAMENTO PERMANENTE DI TUTTA LA SUPERFICIE DEL VIGNETO CON DIFFERENTI TIPI DI CONTROLLO DELLO SVILUPPO DELL'ERBA
- \* APPRATAMENTO PERMANENTE NEGLI INTERFILARI E LAVORAZIONE SUI FILARI
- \* COLTURE DI COPERTURA TEMPORANEA PER LA PROTEZIONE DEL TERRENO NEI PERIODI PLUVIOMETRICI CRITICI
- \* PACCIAMATURA CONTINUA O PARZIALE CON DIFFERENTI TIPI DI MATERIALE
- \* RIDUZIONE DEL COMPATTAMENTO DEL TERRENO E DELLA FORMAZIONE DI ROTAIE SUL TERRENO ATTRAVERSO L'USO DI GOMME A BASSA PRESSIONE

**PRINCIPALI MISURE STRUTTURALI**

- \* ELIMINAZIONE PROGRESSIVA DEGLI IMPLANTI ALLE MAGGIORI PENDENZE CON DESTINAZIONE AD APPRATAMENTO E RIFORMAZIONE
- \* REALIZZAZIONE DI FOSSE DI GUARDIA E DI STRADE-FOSSO LIVELLARI OPPORTUNAMENTE ACCORDATE AL SISTEMA IDROGRAFICO DI SMALTIMENTO
- \* FILARI PER TRAVERSO ALLA LINEA DI MASSIMA PENDENZA ED EVENTUALI LAVORAZIONI PER TRAVERSO NEI FILARI E/O NEGLI INTERFILARI
- \* DRENACCIO SOTTERRANEO LIVELLARE COMMISURATO ALLE NECESSITÀ DI SMALTIMENTO DELLE ACQUE PROFONDE
- \* MANUTENZIONE ACCURATA DELLE STRUTTURE LINEARI DI RACCOLTA DELLE ACQUE NEL CORSO DEGLI ANNI

argillosi, dove l'evoluzione sia stata caratterizzata dalla progressiva espansione della cerealicoltura specializzata con conseguente diminuzione delle colture pratensi e degli allevamenti aziendali, la tipologia degli interventi agronomici ipotizzabili per un miglioramento della regimazione idrica e per un miglior controllo dell'erosione del terreno sono riassunti nella Tab. 9 (Fig. 7).

Allorquando si intenda procedere alla scelta operativa di un piano di interventi, l'adozione di una o più misure tra quelle indicate per i due ambienti considerati, è condizionata dalle caratteristiche peculiari dell'unità



FIG. 5. — Inerbimento controllato del vigneto: a sinistra inerbimento totale; a destra inerbimento sull'interfilare e lavorazione sul filare.



FIG. 6. — Inerbimento controllato a «fasce livellari» del pescheto con lavorazione negli interfilari. Si osserva la formazione di gradoni dopo alcuni anni.

Tabella 8 - Trasformazioni dei sistemi agricoli nei paesaggi culturali della collina tipica



territoriale di volta in volta considerata. Ne consegue che un maggior dettaglio sugli interventi stessi può essere affrontato adeguatamente solo esaminando casi concreti.

La scelta, la progettazione e la dislocazione territoriale delle specifiche misure per la regimazione idrica e la protezione del suolo su un'unità territoriale viene, nella terminologia più recente, adottata anche a livello internazionale, indicata con il termine di «consolidamento» (Land consolidation).

Tabella 9 - Prospettive sulle misure agronomiche adottabili nelle aree a cerealicoltura specializzata della collina tipica

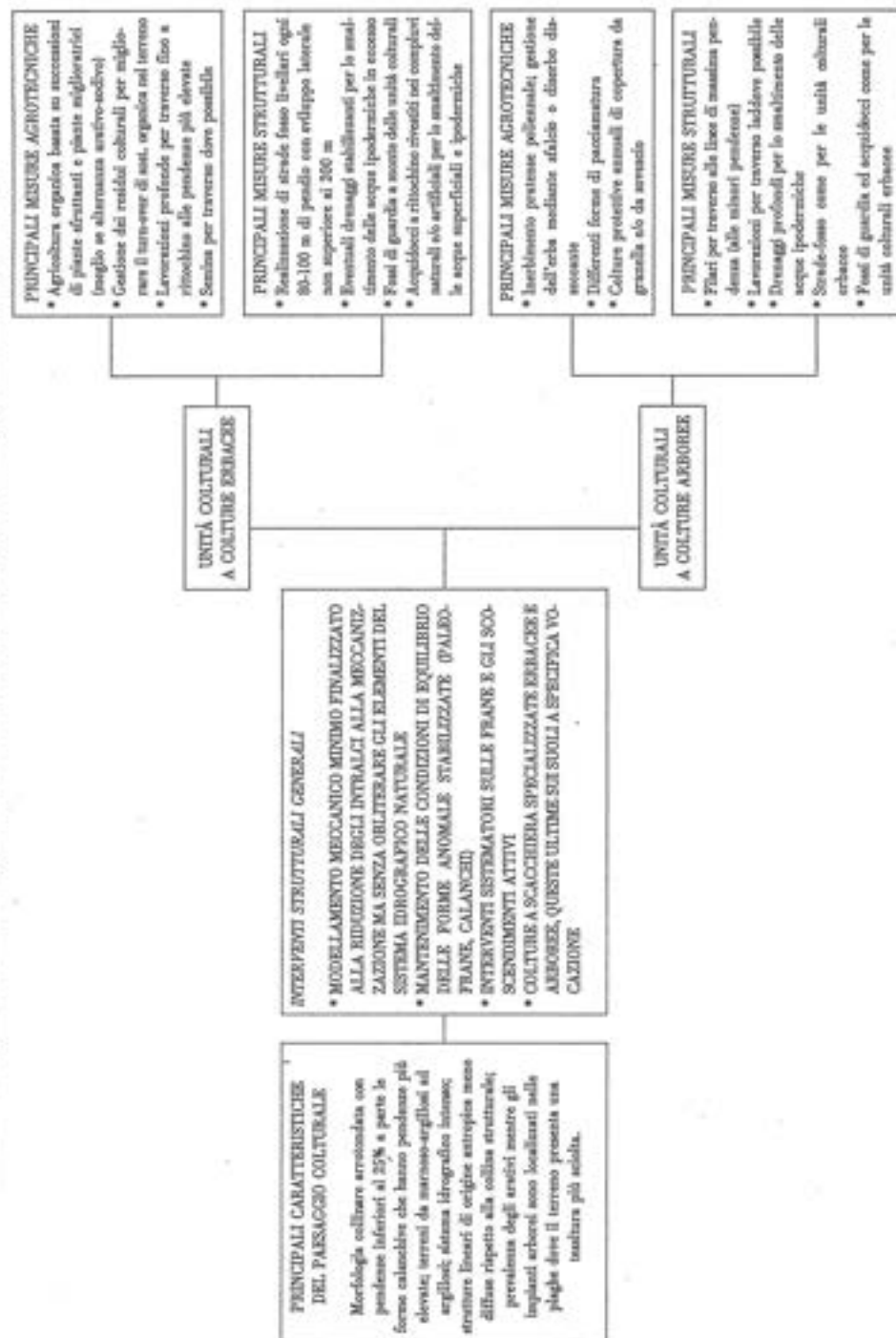




FIG. 7. — Strada-fosso livellare con alberata di cipressi in ambiente argilloso.

Un progetto o un piano di «consolidamento» non è molto dissimile nella concezione da un piano di bonifica collinare (termine per noi più comprensibile), se non per la maggior importanza che nel piano di consolidamento viene posta sugli aspetti della conservazione del terreno e sul controllo dell'impatto ambientale che un'utilizzazione selvaggia dei versanti di un dato paesaggio culturale può o potrebbe implicare per l'ambiente direttamente e/o indirettamente interessato.

## 6. Esempi di piano e di intervento di consolidamento

Per una migliore comprensione di quanto è stato illustrato nei paragrafi precedenti, si ritiene utile esaminare sinteticamente due esempi di piano, uno dei quali è stato anche realizzato.

Il primo caso è rappresentato da un piccolo bacino dell'area di Castellina in Chianti (14.04 ha, pendenza media 11,8%), dove nel 1954 non era presente alcun vigneto specializzato mentre nel 1976 il 77% del territorio del bacino risultava investito a vigneto specializzato.

Senza entrare nei dettagli metodologici per la definizione dei parametri necessari all'elaborazione del piano, che sono ampiamente illustrati in altre pubblicazioni (Chisci, 1988), le due situazioni sono state valutate in relazione al rischio di erosione del terreno, utilizzando il modello U.S.L.E. (Wischmeier e Smith, 1978) per la previsione quantitativa delle perdite di terreno medie annuali. Per l'applicazione del modello il territorio del bacino è stato discretizzato in unità elementari, a seconda dei differenti usi del terreno e della relativa tecnica agronomica, presenti sulle diverse classi di pendenza (Tab. 10).

Per quanto riguarda l'uso del terreno, dal 1954 al 1976 si è verificata la pressoché completa eliminazione del bosco e del pascolo cespugliato a vantaggio dell'impianto del vigneto specializzato, con tecniche di impianto e di lavorazione a rittochino. Invariata è rimasta la modesta superficie a seminativo.

Il calcolo del rischio ponderato di erosione, sull'unità di superficie del bacino, ha messo in evidenza un ragguardevole aumento, da 1,748 a 16,160 t/ha/anno (seconda parte della Tab. 10), mentre se si considera l'intero bacino (Tab. 11), si rileva un aumento nella produzione complessiva di sedimenti da 24,56 a 227,07 t/anno.

Le indicazioni desumibili dai dati della Tab. 10, relative al tipo di uso del terreno e alle pendenze che contribuiscono in maggior misura all'aumento di produzione di sedimenti, mettono in evidenza la necessità di intervenire con misure di consolidamento sulle pendici a vigneto specializzato e a seminativo a partire da classi del 7-10% di pendenza.

Per quanto concerne il vigneto, si è ritenuto che oltre il 18-25% di pendenza il rischio di erosione, con le modalità di impianto e di coltivazione attuali, risulti troppo elevato.

L'eventuale ricorso a sistemazioni divise e/o altre strutture sistematorie, eventualmente necessarie per consentire il mantenimento del vigneto a tali pendenze, pur tecnicamente possibile, risulterebbe obiettivamente troppo costoso e di difficile attuazione allo stato attuale degli impianti, ragion per cui tale possibilità è stata scartata.

L'ipotesi meno costosa, pertanto, è stata quella di prevedere a pendenze superiori al 18-25%, il consolidamento nel tempo del terreno mediante setaside controllato, mentre al di sotto del 18-25% si è ipotizzato che un notevole controllo dell'erosione si sarebbe potuto ottenere attraverso l'inerbimento controllato della superficie dei campi, pur mantenendo la tipologia degli impianti così come si presenta.

La simulazione del piano di consolidamento sopra detto, utilizzando le strategie descritte in precedenza, è riportata nella Tab. 12.

Da tale elaborazione si desume che il rischio di erosione e la produzione

Tabella 10 - Castellina in Chianti (Toscana): esempio di interpretazione della distribuzione del rischio di erosione e delle sue variazioni nel tempo in funzione dell'uso del suolo e della pendenza per un piccolo bacino (ha 14,05) avente pendenza media pari a 11,8% (scala 1:5.000)

Parte 1<sup>a</sup>: uso del suolo sulle varie pendenze ha

Uso del suolo	Anno	Pendenze %							Totale
		0-3	3-7	7-12	12-18	18-25	25-35	> 35	
Bosco:	1954	0,620	0,984	4,297	0,767	—	0,299	—	6,972
	1976	0,295	0,044	0,714	0,107	—	0,010	—	1,165
Pascolo e cespugliato:	1954	0,466	0,262	4,195	0,578	0,500	0,040	—	6,041
	1976	—	0,131	0,939	0,036	—	0,017	—	1,123
Seminat. sempl. e arb.:	1954	—	0,353	0,377	0,284	—	0,020	—	1,034
	1976	—	—	0,778	0,128	—	0,010	—	0,916
Vigneto specializzato:	1954	—	—	—	—	—	—	—	—
	1976	0,791	1,428	6,439	1,357	0,500	0,323	—	10,838
Totale		1,086	1,604	8,869	1,629	0,500	0,360	—	14,050

Parte 2<sup>a</sup>: rischio di erosione t/ha/anno

Bosco:	1954	0,100	0,140	0,530	0,800	—	2,500	—	0,551
	1976	0,070	0,040	0,210	0,420	—	0,740	—	0,193
Pascolo e cespugliato:	1954	0,210	0,250	1,500	1,860	4,490	3,570	—	1,642
	1976	—	0,190	0,840	0,650	—	1,330	—	0,793
Seminat. sempl. e arb.:	1954	—	2,450	11,320	17,970	—	28,290	—	10,446
	1976	—	—	10,240	—	—	20,000	—	11,012
Vigneto specializzato:	1954	—	—	—	—	—	—	—	—
	1976	1,830	1,130	20,100	27,450	18,830	123,050	—	19,920
Medie ponderate:	1954	0,147	0,666	1,447	4,169	4,490	4,045	—	1,748
	1976	1,352	1,023	15,597	24,464	12,930	111,042	—	16,160

Tabella 11 - Castellina in Chianti (Toscana): rischio di erosione ponderato per ogni tipo di uso del suolo e pendenza - t/anno, sull'intero bacino di 14,05 ha

Uso del suolo	Anno	Pendenze %							Totale
		0-3	3-7	7-12	12-18	18-25	25-35	> 35	
Bosco:	1954	0,062	0,138	2,277	0,614	—	0,784	—	3,838
	1976	0,021	0,002	0,150	0,045	—	0,007	—	0,225
Pascolo e cespugliato:	1954	0,098	0,065	6,292	1,075	2,245	0,143	—	9,918
	1976	—	0,025	0,789	0,023	—	0,023	—	0,860
Seminat. sempl. e arb.:	1954	—	0,865	4,268	5,103	—	0,566	—	10,802
	1976	—	—	7,967	1,920	—	0,200	—	10,087
Vigneto specializzato:	1954	—	—	—	—	—	—	—	—
	1976	1,447	1,614	129,423	37,250	6,415	39,745	—	215,897
Totale perdite suolo:	1954	0,160	1,068	12,837	6,792	2,245	1,547	—	24,559
	1976	1,468	1,641	138,329	39,238	6,415	39,795	—	227,066

Tabella 12 - *Ipotesi di riassetto del bacino di Castellina in Chianti (Toscana)*

Uso del suolo	Pendenze %						Totale e medie
	0-3	3-7	7-12	12-18	18-25	25-35	
<b>BOSCO</b>	0,295	0,044	0,714	0,107	—	0,010	1,165
superficie ha							
rischio unit. eros. t/ha/anno	0,070	0,040	0,210	0,420	—	0,740	0,193
rischio reale erosione t/anno	0,021	0,002	0,150	0,045	—	0,007	0,225
<b>PRATO E CESPUGLIATO</b>	—	0,191	0,939	0,036	—	0,340	1,496
superficie ha							
rischio unit. eros. t/ha/anno	—	0,190	0,840	0,650	—	1,330	0,862
rischio reale erosione t/anno	—	0,025	0,789	0,023	—	0,452	1,289
<b>SEMINATIVO</b>	—	—	0,778	0,128	—	0,010	0,916
superficie ha							
rischio unit. eros. t/ha/anno	—	—	10,240	15,000	—	20,000	11,012
rischio reale erosione t/anno	—	—	7,967	1,920	—	0,200	10,087
<b>VIGNETO</b>	0,791	1,428	6,439	1,357	0,500	—	10,515
superficie ha							
rischio unit. eros. t/ha/anno	1,830	1,130	2,010	2,740	1,128	—	1,936
rischio reale erosione t/anno	1,447	1,614	12,942	3,718	0,640	—	20,361
<b>TOTALE E MEDIE</b>	1,086	1,604	8,869	1,629	0,500	—	14,050
superficie ha							
rischio unit. eros. t/ha/anno	1,352	1,022	2,463	3,503	1,280	1,832	2,270
rischio reale erosione t/anno	1,468	1,639	21,844	5,706	0,640	0,659	31,956

di sedimenti potrebbero, con gli interventi sopra detti, essere riportati almeno alla situazione precedente la trasformazione viticola, pur mantenendo pressoché inalterata la superficie e la tecnica di impianto degli attuali vigneti specializzati.

Un secondo esempio riguarda un progetto di consolidamento realizzato a Freinhausen, 20 km a sud di Ingolstadt in Baviera (Germania) (Ankenbrand e Schwertmann, 1989).

Si fa riferimento a questo progetto pilota perché non risulta a nostra conoscenza che un progetto simile sia stato realizzato nel nostro Paese.

Si tratta del consolidamento dell'area di un medio bacino di 828 ha, caratterizzato da due paesaggi colturali: a) una sezione delle così dette colline terziarie ad ovest (385-451 m s.l.m.) e b) il piano alluvionale del Fiume Paar (385 m s.l.m.). I terreni del paesaggio collinare sono prevalentemente sabbiosi e sabbioso-limosi destinati in prevalenza ad arativo, mentre i terreni del piano alluvionale sono costituiti da gleys e istosoli destinati a prato permanente.

Il piano di consolidamento è stato anche in questo caso basato sulla stima delle potenziali perdite di terreno con il modello U.S.L.E. (cfr. op. cit.),

ed è stato realizzato con il criterio fondamentale di limitare le perdite di terreno sui versanti coltivati attraverso la riduzione della lunghezza dei campi, precedentemente disposti nella direzione a rittochino, disegnando nuovi campi disposti trasversalmente alle linee di massima pendenza, così da ritornare alla lavorazione per traverso, sia pure meccanizzata.

La dimensione dei campi, con il nuovo criterio, è stata comunque aumentata di un fattore medio 3,2, per facilitare ancor più la meccanizzazione delle operazioni agricole. Inoltre, una serie di vecchie terrazze, presenti in diversi punti del territorio sono state eliminate, mantenendo soltanto quelle che non rappresentano ostacolo alla meccanizzazione. Di poi, nuove terrazze e scarpate ciglionate sono state costruite dove necessario in conseguenza della modifica del sistema di strade campestri, resasi necessaria per il raggiungimento dei nuovi campi e per la migliore operatività delle macchine.

In aggiunta a questi interventi, sono stati realizzati alcuni piccoli invasi di contenimento delle piene per prevenire e regimare le esondazioni del Fiume Paar, causa di notevoli inconvenienti e gravi danni al paese di Freinhausen, sottostante il bacino idrografico in questione, dove abitano la maggioranza dei proprietari e degli operatori agricoli del bacino stesso.

Infine, sono stati inclusi nel piano anche una serie di interventi di tipo ecologico, togliendo alla coltivazione le aree a maggior rischio di erosione e destinandole alla riforestazione, all'appratimento e a set-aside.

Come risulta evidente da quanto detto in precedenza, l'attuazione del piano ha richiesto, in qualche misura, anche la redistribuzione della proprietà (i proprietari del terreno del bacino sono 146), in modo da favorire l'operatività delle 33 imprese agricole operanti sul territorio.

Il numero dei campi è stato ridotto da 1084 a 339, ottenendo nel complesso una riduzione pari al 27% delle ore lavorative uomo/ettaro.

Trattandosi di un progetto pilota il costo, pari a circa 9 mil. di lire/ha, è risultato abbastanza elevato. Il 60% del costo ha riguardato il miglioramento del sistema viario e la costruzione degli invasi, mentre il 20% ha riguardato la costruzione di nuove terrazze e gli interventi di tipo ecologico.

Il costo delle opere strutturali è stato ripartito tra lo Stato Federale (60%) e lo Stato Bavarese (40%), mentre il costo degli interventi di conservazione del terreno è stato sostenuto dal solo Stato Bavarese. Le due voci assommano all'84% del costo totale, mentre un ulteriore 12% è stato sostenuto direttamente dagli operatori agricoli ed il rimanente 4% da altre fonti di finanziamento imprecisate.

Il progetto in questione, a seguito delle modalità innovative della progettazione e alla validità delle soluzioni adottate nel corso della sua realizza-

zione, ha ricevuto nel 1988 lo speciale premio previsto per il miglior progetto realizzato dallo Stato Bavarese.

Pur non avendo ulteriori notizie su specifici controlli a posteriori dei nuovi parametri idrologici ed erosivi del bacino dopo il consolidamento, ci è noto che sia gli operatori agricoli sia gli abitanti del villaggio (in larga misura gli stessi), sono soddisfatti dell'intervento. Di fatto, le periodiche inondazioni del villaggio sembrano al momento scongiurate, mentre le operazioni agricole sui campi sono risultate notevolmente facilitate.

## 7. Considerazioni conclusive

Molto e ricorrentemente si è parlato della necessità e dell'urgenza di intervenire nei terreni agricoli declivi per migliorarne la regimazione idrica e prevenire l'accelerazione dei processi erosivi, sia in relazione al mantenimento della fertilità dei terreni in sito, sia per ridurre i rischi di esondazione, interrimento e inquinamento a valle.

Fino a questo momento, non possiamo che parafrasare Einaudi nel rilevare che si è trattato di «prediche inutili».

Sin dai tempi ormai lontani del «Progetto Finalizzato Conservazione del Suolo del CNR» (1977-1981), una serie di indicazioni, anche operative, sono state fornite da una comunità scientifica multidisciplinare, comprendente le migliori competenze scientifiche e professionali del nostro Paese, al fine di tentare se non di ovviare almeno di contenere i fenomeni di dissesto che sono sotto gli occhi di tutti.

L'attuazione degli interventi, che spetta soprattutto alle Autorità territoriali competenti, sembra ancora ai «blocchetti di partenza», per le difficoltà e forse l'impossibilità di attuare un minimo di programmazione territoriale nel nostro Paese.

Si continua, comunque, a misurare parametri e dati sul territorio, utilissimi in sé, sebbene troppo spesso sCOORDINATI e del resto raramente utilizzati per interventi sul piano operativo.

Avendo finalmente definito, dopo lungo penare, la norma legislativa che stabilisce nel «piano di bacino» lo strumento di inquadramento dei criteri, degli indirizzi e delle prescrizioni, delle norme e degli interventi, finalizzati alla conservazione e gestione delle risorse del bacino idrografico, sono tuttora elemento di dibattito i criteri di redazione ed i contenuti del piano stesso.

Per quanto a nostra conoscenza, i piani in questione sono assai carenti relativamente agli interventi sul tessuto agricolo del territorio interessato,

interventi per gran parte di tipo non puntuale o diffuso, da sempre ritenuti, a parole, la chiave di volta del successo della pianificazione, sia pure accanto agli interventi, pur necessari ma sempre in stretta connessione con i primi, di tipo detto «intensivo» di carattere prevalentemente strutturale e infrastrutturale.

Si ribadisce ancora una volta la convinzione che, nel piano di bacino, uno strumento fondamentale debba essere rappresentato dal piano di consolidamento, basato sugli interventi di tipo agronomico che abbiamo in precedenza illustrato, piano che richiede, oltre alla necessaria collaborazione delle figure agricole operanti sul territorio considerato, anche competenze professionali agronomiche che, di contro, non risultano attualmente trovare un'adeguata collocazione nei piani di bacino così come ora vengono articolati.

È un richiamo forte che ci sembra particolarmente appropriato nella sede di queste Accademie, antiche palestre di insigni Sistematori e Bonificatori, il cui nome è scritto nella storia della nostra agricoltura.

Sufficienti conoscenze, maturate nella tradizione e nella sperimentazione più recente, sono disponibili al fine di poter attuare adeguati interventi operativi.

È invece carente il trasferimento delle conoscenze stesse, per molte ragioni di ordine economico, sociale, politico e strutturale, che rendono obiettivamente difficile l'adozione di tali misure da parte solo dei singoli operatori agricoli, il cui principale obiettivo è pur sempre quello di realizzare, nell'immediato, il rapporto costi/benefici più remunerativo dalla propria impresa agricola.

Abbiamo visto comunque, nelle pagine che precedono, che non è impossibile coniugare l'interesse generale della collettività e quello particolare degli operatori sul territorio quando si affronta, in modo razionale e coordinato per l'interesse di tutti, un piano di consolidamento che richiede anche interventi comprensoriali.

Molto importante sarebbe dimostrare, con alcuni casi concreti, la fattibilità di progetti siffatti, in modo da convincere gli abitanti di un dato territorio dei vantaggi individuali e collettivi che il piano comporta.

Si potrebbe proporre a questo fine la costituzione di alcune aree pilota per collaudare e dimostrare la fattibilità e l'utilità delle strategie e delle tecniche dei piani di consolidamento realizzati in concreto.

## I sistemi forestali e la conservazione del suolo \*\*\*

### 1. Premessa

Sull'importanza della copertura forestale e quindi del bosco per limitare gli effetti disastrosi di eventi pluviometrici particolarmente intensi, le convinzioni di studiosi, ricercatori e tecnici non sono concordi: alcuni sostengono che l'influenza del bosco, pur con i suoi limiti, sia fondamentale; altri ritengono che l'azione del bosco in simili casi è scarsamente rilevante; altri ancora negano decisamente che il bosco espliciti alcun effetto.

Le dispute in campo scientifico, anche se portano a un approfondimento delle questioni e, appunto per questo, sono il sale della ricerca, non aiutano a risolvere i problemi pratici e applicativi. Anzi, rendono ancor più difficile la programmazione e la realizzazione degli eventuali rimedi. Servono a complicare le cose, e ciò che è ancor più grave, a distogliere l'attenzione delle autorità e della gente comune, con grave danno per l'immagine di tutti gli addetti ai lavori: studiosi, tecnici e amministratori.

Le discussioni vertono sul comportamento del bosco in occasione di piogge ordinarie e/o eccezionali, nei piccoli e nei grandi bacini. Ma un dato è certo: opinione comune vuole che la distruzione dei boschi sia una tra le cause delle ricorrenti inondazioni.

Fin dai tempi di Teofrasto, Seneca e Plinio le inondazioni che funesta-

\* Istituto di Assestamento e Tecnologia Forestale, Università di Firenze.

\*\* Istituto Colture Legnose Agrarie e Forestali, Università di Reggio Calabria.

\*\*\* Il lavoro è stato svolto dagli Autori in parti eguali.

vano la Magna Grecia, l'estinzione di fiumi e sorgenti, il denudamento delle pendici montane, venivano fatte risalire alla scomparsa del manto forestale. Strabone riferisce che alle foci di molti fiumi calabresi (oggi fiumare) esistevano anche dei porti. E Dionigi di Alicarnasso, nella ricostruzione storica delle condizioni dei boschi nel primo secolo a.C., parla di fluitazione dei fusti «mandati giù ai più vicini scali marini».

Alcuni ricercatori di formazione bioecologica, sulla scorta di dati e notizie storiche, individuano un nesso di causa effetto tra vasti disboscamenti e aumento del numero e dell'entità delle piene. Altri ricercatori di formazione ingegneristica, invece, sulla base di dati statistici e di vari altri elementi, tendono a evidenziare l'indipendenza dei fenomeni.

Per quanto riguarda la prima ipotesi (nesso tra disboscamenti e numero di piene), il Siemoni (1872) sostiene che l'aumentata frequenza delle piene dell'Arno sia da mettere in relazione con la forte riduzione della superficie boscata della Toscana. Fino al 1500 le piene più memorabili non avevano superato il numero di 6-7 per secolo; nei due secoli successivi si ebbe un primo aumento (9 nel Cinquecento, 10 nel Seicento), poi un balzo a 17 nel Settecento e a 20 nei primi 70 anni dell'Ottocento (De Philippis, 1970).

Il raddoppio del numero di piene coincise con un periodo di estesi disboscamenti, dovuti in massima parte al decadere delle leggi che per molto tempo avevano regolato l'uso dei boschi. E che si fossero verificati rilevanti trasformazioni di coltura è confermato da Del Noce (1849), secondo il quale nel periodo compreso fra il 1400 e il 1840 la superficie boscata della Toscana passò da 843000 a 571000 ettari, con una riduzione pari al 32,3%.

Significativi, poi, appaiono i dati riportati da Gambi (1965): in Calabria, fino alla metà del XVIII secolo, gli straripamenti non erano stati numerosi e colpivano solo le zone prossime ai fiumi principali. Successivamente il numero crebbe: tra il 1788 e il 1790 strariparono i fiumi della piana di Rosarno; nel 1795 le fiumare aspromontane. In questa zona, tra il 1827 e il 1896 si registrarono una decina di gravissime alluvioni. Più recentemente, gli eventi alluvionali del 1951 e del 1953 furono imponenti. E determinarono l'emana-zione di provvedimenti legislativi *ad hoc*.

Parallelamente, il manto forestale della Calabria, che nel 1500 era ancora molto esteso, diminuì nel corso del secolo successivo, e particolarmente dopo la metà del 1700. L'aumento della popolazione (1) e, dopo il 1806,

(1) Sugli altipiani delle Serre in mezzo secolo (dal 1798 al 1848) la popolazione aumentò del 92,5%, passando da 106000 a 204000 abitanti; nell'area aspromontana in trenta anni (dal 1798 al 1828) crebbe del 32,7%, da 98000 a 130000 abitanti.

l'eversione della feudalità furono causa di vaste distruzioni. Almagià (1910) attribuisce il conseguente disordine idraulico, l'erosione dei versanti e l'aumentata franosità, appunto, al disboscamento. E Nitti (1910) osserva che le popolazioni calabresi si rendevano ragione che l'abbattimento dei boschi non aveva dato loro il godimento della terra, ma aggiunto solo sciagure ai mali sociali vecchissimi. E così si esprime: «Dovunque proprietari e contadini ci hanno detto che la rovina dei boschi è stata la nostra rovina».

Susmel (1971) fa rilevare che l'aver eliminato il manto silvano su grandi superfici (in Italia su oltre 20 milioni di ettari) e l'aver sottoposto il suolo a varie forme di utilizzazione non forestale ha provocato una serie di alterazioni le cui conseguenze, dapprima limitate, ai nostri giorni tendono ad aggravarsi.

In merito alla seconda ipotesi (indipendenza tra i fenomeni di disboscamento e aumento di piene), Belgrand intorno alla metà del secolo scorso, a conclusione di studi sulla Senna, afferma che l'azione del bosco è utilissima per la difesa dei terreni in forte pendenza, ma non ha grande effetto sul decorso delle piene, soprattutto nella stagione invernale se le specie sono a foglia caduca. Egli non ritiene che i disboscamenti effettuati abbiano contribuito ad aumentare o diminuire il numero e l'entità delle inondazioni (in Gherardelli e Marone, 1967).

Moore e Lauda affermano che per il Danubio le progressive deforestazioni avvenute nei secoli scorsi non hanno prodotto incremento delle piene. E secondo Mead i disboscamenti effettuati nel Wisconsin non hanno avuto effetto sul deflusso delle acque (Giandotti, 1916).

De Marchi afferma che: «Il bosco... esercita indubbiamente un'azione molto utile per il rinsaldamento delle pendici e la diminuzione dei fatti erosivi; sta di fatto, però, che se il bacino del Po fosse per intero coperto da bosco, le maggiori piene del fiume non risulterebbero in alcun modo diverse dalle attuali». E, per quanto riguarda l'azione del bosco sulle piene, aggiunge che «si tratta di luogo comune con esistenza plurisecolare perché il Viviani, allievo di Galileo, nella seconda metà del secolo decimosettimo attribuiva al disboscamento le piene disastrose dell'Arno» (in Rinaldi, 1966).

Da quanto esposto, appare evidente che esistono due correnti di pensiero: una che schematicamente si può associare agli idraulici e l'altra ai forestali. E, proprio per questo, allorché si passano in rassegna i problemi connessi a eventi particolarmente gravi, sembra che tra gli studiosi delle due tendenze sussistano divergenze profonde e posizioni inconciliabili. In sintesi, le ragioni del contendere sono: 1) il bosco è in grado di regolare la formazione dei deflussi di piena?; 2) che cosa bisogna fare perché ciò si realizzi?

Per molti idraulici, la risposta a queste domande è chiara e indiscutibile: bisogna intervenire con specifiche opere di ingegneria. Per molti forestali, la risposta è diversa e, sotto certi aspetti, più complessa: 1) occorre curare i boschi esistenti e migliorare la copertura del suolo; 2) è necessario rimboschire di più e meglio. Non solo. Ciò non basta, essi dicono. Bisogna coordinare l'attività forestale con quella idraulica. Ovvero, i rimedi, per essere efficaci, riguardano un insieme di opere: l'intervento forestale e quello idraulico sono complementari. Entrambi sono necessari e perseguono lo stesso obiettivo, anche se per vie diverse. In breve: interventi a carattere intensivo e estensivo debbono integrarsi in modo da ridurre gli effetti di tali eventi.

Si è parlato, anche se in forma dubitativa, di discordanze e di dissidi di fondo. Ma, nei fatti, così non è. Intanto, una posizione è comune alle due correnti di pensiero: si riconosce al bosco la capacità di protezione del suolo, cioè il potere antierosivo. Le divergenze, invece, riguardano l'effetto regimante del bosco. Ovvero, i contrasti sussistono sulla valutazione dell'incidenza del potere regimante, cioè sulla facoltà del bosco di trattenere l'acqua e, in definitiva, sulla sua capacità di incidere in modo attivo sulle piene.

Bisogna pure dire che, malgrado l'impegno profuso dai ricercatori, tuttora non esistono dimostrazioni inoppugnabili né in un senso né nell'altro. E i motivi sono noti: difficoltà di trovare bacini con caratteristiche similari ma con diverso grado di boscosità da mettere sotto controllo e a confronto; la complessità connessa alla verifica di un numero notevolissimo di fattori; la continuità e la durata della sperimentazione. Epperò, le alluvioni, questo sì è ormai accertato, sono dovute alla sommatoria di un insieme di cause e concause e al confluire di molteplici eventi naturali, fuori dalle normali dimensioni.

E che sia così lo conferma l'analisi riportata sul Notiziario dell'Autorità di Bacino del Po a seguito degli eventi verificatisi nel settembre 1993. Le alluvioni si afferma «sono state determinate dal seguente concatenarsi di fattori naturali: la lunga persistenza di piogge di notevole intensità; la conseguente saturazione della capacità di ritenuta del suolo e della capacità di invaso della rete drenante locale, che ha creato le condizioni di massimo coefficiente di deflusso su gran parte dei bacini; le precipitazioni sovrapposte alle precedenti di breve durata (da sei a dodici ore) e di notevole intensità, critiche soprattutto per bacini con brevi tempi di corrvazione; l'attivazione di movimenti gravitativi di versante con apporto ai corsi d'acqua di materiale solido e flottante di trasporto».

Ma al di là delle opinioni e dei convincimenti degli uni e degli altri, più o meno suffragati da dati ed elementi probanti, sta di fatto, ed è significa-

tivo, che ogni qual volta sul territorio si abbatte un'alluvione, talvolta arre-cando vittime, sempre e comunque danni economici di rilevante entità, im-mancabilmente il bosco torna di attualità. Memoria labile, troppo labile la nostra. Mentalmente in rapida successione si rivedono analoghi eventi, verifi-catisi solo qualche anno prima, e subito dopo totalmente obliterati. E riemer-gono antichi vizi: ci si rammarica del poco che si è fatto per evitare o almeno attenuare gli effetti di altre prevedibili calamità e, per di più, iniziano inter-minabili discussioni.

L'evento era ineluttabile o no? Si poteva prevenire o almeno limitare? Le acque si possono regolare? Le risposte sono molteplici: variano da un pessimismo infingardo a un ottimismo sorretto dal fuoco prometeico. La na-tura, appena fuori dai limiti normali di equilibrio, diviene estremamente pericolosa. È «matrigna», come dicono alcuni. E i tentativi di dominarla sono inutili. Il lavoro, l'energia e i capitali immessi dall'uomo sono insufficienti. Di fronte a simili eventi, diventano misera cosa. Invece, la previsione dei fenomeni, il monitoraggio, la programmazione e la realizzazione di determi-nate opere, tese all'eliminazione delle cause, riducono grandemente i rischi di eventi calamitosi, osservano altri.

In tale contesto, i media analizzano il problema attraverso le solite, scon-tate interviste. Gli esperti indicano le cause, propongono i rimedi, suggeri-scono interventi appropriati. E lo Stato? Lo Stato, si sa, interviene con stan-ziamenti straordinari. E, invero, dopo tanto inutili quanto dannose lungaggini, emana una legge. Quasi sempre inapplicata, s'intende. Poi, tutto tace. Fino alla prossima catastrofe, naturalmente.

## 2. Gli ecosistemi forestali regolatori dei processi idrologici e dei fenomeni erosivi

Per una migliore interpretazione dell'efficacia dei sistemi forestali sulla conservazione del suolo, è necessario svolgere alcune considerazioni, premet-tendo, comunque, che *il problema si pone in termini relativi e non assoluti*.

L'influenza del bosco dipende dal peso che esso assume nel contesto degli altri fattori che concorrono alla formazione degli eventi di piena. I sistemi forestali, si sa, influiscono sul fenomeno di formazione dei deflussi attraverso i seguenti meccanismi: 1) aumento della capacità di infiltrazione dell'acqua nel suolo; 2) riduzione della velocità media di scorrimento dell'acqua ed in-cremento dei volumi d'acqua trattenuti dal suolo. Ciò determina: a) una ridu-zione dei deflussi superficiali, che rappresentano una componente impor-

tante delle portate di piena; b) un aumento dei tempi di corrivazione e della capacità di laminazione del bacino. Strettamente legata a questi processi è la diminuzione dell'erosione superficiale che si ripercuote sul trasporto solido.

In merito alla capacità di infiltrazione, Ward (1967) sostiene che per i suoli forestali tale capacità rappresenta un «parametro idrologico la cui importanza è per lo meno uguale a quella della piovosità e dell'evapotraspirazione». Purtroppo, in relazione a questo, per i boschi italiani non si hanno molti dati, che invece varrebbe la pena acquisire. E probabilmente si avrebbero delle sorprese. Tuttavia, taluni elementi fattuali riportati in letteratura forniscono un'idea del fenomeno.

Arend (1942) nel Minnesota ha osservato valori di infiltrazione di 60 mm/h in una foresta indisturbata; di 40 mm/h in un bosco bruciato periodicamente; di 24 mm/h in un pascolo. Coille (1940), in popolamenti di *Pinus taeda*, ha rilevato valori crescenti con l'età del soprassuolo: 15 mm/h a 10 anni; 53 mm/h a 20 anni; 77 mm/h a 70 anni.

Susmel (1968) indica una velocità di infiltrazione a deflusso costante da 3 a 20 mm/minuto in boschi efficienti e di 0,5-2 mm/minuto in boschi più o meno degradati. All'inizio della pioggia, con suolo ancora asciutto, tali valori salgono rispettivamente a 15-175 e 2-6 mm/minuto. Per i nostri boschi, in condizioni di efficienza biologica e colturale almeno discreta, egli sostiene che la capacità di ritenzione equivale a un'altezza di pioggia di 60-80 mm e quella di detenzione a un'altezza di 200-400 mm.

Queste e altre cifre, afferma De Philippis (1970), sono certamente elevate e non generalizzabili, e possono suscitare incredulità solo in chi abbia scarsa conoscenza di quelle particolari caratteristiche che rendono il suolo forestale sostanzialmente diverso da quello coltivato.

In merito al reale potere di assorbire grandi quantitativi d'acqua, Zoli (1967), pur attribuendo ai suoli forestali una grande capacità di trattenere molta acqua, precisa che essi, in tempo di alluvioni, possono già trovarsi e, normalmente si trovano, notevolmente imbibiti. E si pone l'interrogativo se le condizioni di «boschi spugna» e «terreni spugna» possano crearsi su larga scala, viste le mutevoli situazioni di pendenza, tipo di suolo, di bosco, ecc. Infine, osserva che l'efficacia dei boschi e dei rimboschimenti nella conservazione del suolo è notevole, ma ciò non può e non deve «ingenerare esagerata fiducia e inopportune illusioni».

L'altro aspetto riguarda l'azione antierosiva del bosco. La scarsa erosione dei suoli forestali e la conseguente limitazione della portata solida dei corsi d'acqua provenienti da bacini molto boscati, lo si è detto, sono fatti generalmente ammessi. La copertura forestale, secondo Smith e

Wischmeier è appunto «il più efficace freno dell'erosione» (De Philip-  
pis, 1970).

Per comprendere appieno tale funzione bisogna analizzare i meccanismi attraverso i quali il bosco interviene sui processi che determinano appunto l'erosione superficiale. Processi che possono ricondursi, lo si sa, 1) al distacco delle particelle di suolo per l'azione battente dell'acqua e 2) al conseguente trasporto per ruscellamento. Il distacco delle particelle di suolo è dovuto sia all'energia con cui le gocce d'acqua arrivano al suolo, sia alle caratteristiche intrinseche dei suoli, cioè la loro erodibilità. Il trasporto delle particelle per ruscellamento è connesso alla quantità d'acqua che non riesce a penetrare nel suolo e che scorre in superficie (Chisci, 1990).

Su tali processi il bosco agisce con un'azione di tipo *meccanico* e *biologico*, ovvero attraverso la protezione del suolo e il suo progressivo miglioramento. In merito all'azione di tipo meccanico, un ruolo importante è svolto dalla copertura forestale mediante l'intercettazione dell'acqua. Essa è componente significativa del bilancio idrologico e rappresenta una frazione variabile delle piogge incidenti che la biomassa epigea trattiene.

L'intercettazione è processo descritto agli inizi di questo secolo da Horton (1919) e da Honk (1929) e dimostrato sperimentalmente da Grah e Wilson (1944). L'analisi del fenomeno mostra che all'inizio di una pioggia la maggior parte delle gocce d'acqua sono intercettate dalla vegetazione e si accumulano fino a quando le forze di tensione superficiale sono superate da quelle della forza di gravità. La frazione di pioggia non trattenuta dalla copertura forestale arriva al suolo direttamente o scorrendo lungo i rami e i fusti (*stem flow*). L'acqua intercettata differisce largamente in funzione del tipo di bosco (*composizione, età, densità, struttura*) e delle caratteristiche delle piogge (*quantità e intensità*).

Numerose ricerche condotte in Europa e in altri continenti hanno messo in evidenza, per diversi tipi di bosco, l'entità del fenomeno. In base alla *composizione*, i boschi di latifoglie hanno una minore capacità di intercettazione di quella delle conifere. I valori medi annuali, a esempio, nelle peccete variano dal 23 al 59%; nelle faggete dal 14 al 33%. Inoltre, tale capacità nei boschi di latifoglie varia nel corso dell'anno.

Ausennac e Boulangeat (1980) per il faggio hanno osservato valori pari al 6% in inverno e al 21% in estate; Nizinski e Saugier (1988) per la rovere, rispettivamente, al 22 e al 34%; Scarascia Mugnozza et al. (1988), in un ceduo di cerro, hanno riscontrato valori compresi tra il 6,3 e il 9,1% durante il periodo vegetativo e valori quasi nulli durante il periodo invernale.

*Età, densità e struttura* del bosco influenzano il potere di intercettazione:

esso aumenta con l'età ma raggiunge rapidamente un valore soglia oltre il quale non aumenta o aumenta di poco. La riduzione di intercettazione, invece, non è proporzionale alla riduzione della densità del bosco. In una piantagione di douglasia, Ausennac *et al.* (1982) hanno osservato una diminuzione dell'intercettazione del 13% a seguito della riduzione della densità di circa il 50% — da 39 a 20 m<sup>2</sup> di area basimetrica. Secondo Borghetti (1992), ciò si potrebbe attribuire: 1) a una maggiore capacità di intercettazione delle piante rilasciate che, dopo il diradamento, ampliano la chioma; 2) alle modificazioni microclimatiche che incrementano la velocità di evaporazione delle parti inferiori delle chiome.

Ma le perdite per intercettazione non dipendono solo dalle caratteristiche della copertura forestale, bensì, come già accennato, anche dal regime pluviometrico. La frazione di acqua intercettata è funzione dell'intensità di pioggia e diminuisce rapidamente con la quantità d'acqua caduta. A parità di altre condizioni, le perdite sono maggiori quando il regime pluviometrico è caratterizzato da precipitazioni intermittenti, piuttosto che da eventi piovosi continui della durata di qualche ora. In sintesi, con piogge di bassa intensità l'intercettazione è elevata e decresce al crescere dell'intensità, fino ad annullarsi.

D'altronde, anche le perdite per evapotraspirazione, rilevanti se riferite a piogge stagionali o annuali, assumono invece un'incidenza praticamente trascurabile nel bilancio degli eventi eccezionali, caratterizzati da piogge intense. In occasione di tali piogge, alla scarsa azione di dispersione per intercettazione, corrisponde però un'importante azione di dissipazione della forza viva delle gocce d'acqua. Queste, per effetto delle chiome, del sottobosco e della lettiera, raggiungono il suolo con velocità ridotta senza alterarne la struttura. *Appunto, è questo l'effetto di protezione esercitato dalla copertura forestale.*

La lettiera svolge un ruolo determinante nel rifornire il suolo di sostanza organica. Essa garantisce la stabilità della struttura del suolo, la capacità di infiltrazione dell'acqua e la riduzione dei fenomeni di dilavamento dei versanti. Inoltre, determina la continua formazione del suolo e influisce su di esso nel mantenerne inalterate le caratteristiche fisico-chimiche e biologiche.

I suoli forestali, dotati di elevata porosità e di notevole stabilità di struttura, favoriscono l'infiltrazione per merito delle caratteristiche che gli derivano dall'attività biologica delle piante arboree e di tutti gli organismi vegetali e animali che sono parte integrante dell'ecosistema. E, di conseguenza, come sostiene Mancini (1990), tanto minore sarà il ruscellamento superficiale e tanto più calerà anche «la torrenzialità dei piccoli rivi che escono dal bosco

con le loro acque limpide e che costituiscono i più minuti elementi del reticolo idrografico».

La capacità di regimazione delle acque e del controllo dell'erosione peraltro sono oggi confortate da numerose esperienze che chiariscono sempre più l'importanza del bosco nella conservazione del suolo. Recenti studi eseguiti in Cina da Yu Xinxian (1991) hanno dimostrato che il bosco esercita un effetto significativo su un isolato effetto di piena; anche se per gli eventi successivi il suo potere regolatore è sensibilmente ridotto.

Numerose ricerche effettuate in bacini del sud-est dell'Australia hanno messo in evidenza il diverso comportamento di aree boscate e di aree a pascolo. Indipendentemente dalle condizioni di umidità del suolo antecedenti l'evento, nel bacino a pascolo si generano alti picchi di piena e grossi volumi di portata; nel bacino con copertura forestale, invece, se prima dell'evento, il contenuto di acqua nel suolo è al di sotto del 60% della capacità di campo, si registrano piccoli volumi di deflusso (Burch et al., 1987).

Il comportamento idrologico di tre bacini è stato studiato da Van Lill et al. (1980) in Sud Africa. Uno dei bacini è stato rimboschito nel 1969 con *Eucalyptus grandis*, il secondo nel 1971 con *Pinus patula*, il terzo è stato mantenuto nelle condizioni naturali. Il bacino rimboschito con eucalitti presenta una riduzione di portata, espressa come equivalente di pioggia, tra 300 e 380 mm/anno, con un massimo di riduzione stagionale in estate e un minimo in inverno. Nel bacino con *Pinus patula* la portata si riduce, e, comunque, gli effetti del rimboschimento con tale specie sono ritardati di un anno rispetto a quello rimboschito con eucalitti.

Senza dimenticare i classici studi condotti da Engler (1919) nei piccoli bacini Spelbelgraben e Rappengraben nelle Alpi bernesi, Fattorelli (1982) in tre bacini delle Alpi Giudicarie Inferiori, di cui due a bosco e uno a prateria, ha evidenziato che il diverso comportamento idrologico dipende dal fattore vegetazione e da quello geologico strutturale. In Italia altre ricerche hanno riguardato il bilancio idrico in cedui a sterzo di faggio (Calamini et al., 1982; Giacomini e Trucchi, 1992) e in cedui di cerro (Scarascia Mugnozza et al., 1988). Studi sono in atto in Calabria per valutare gli effetti dei diradamenti in rimboschimenti di pino laricio sul bilancio idrico e sull'erosione (Iovino e Puglisi, 1989).

In merito all'erosione, significativi sono i risultati delle ricerche svolte dal Coweeta Hydrologic Laboratory (Wayne T. Swank, 1982). In 19 località degli Stati Uniti orientali, differenti per condizioni climatiche, suolo, tipo di vegetazione e storia dell'uso del territorio, è stato osservato che, nonostante l'asportazione del suolo vari largamente (da 0,006 a 0,718 tonnellate

per ettaro e per anno), i tassi di erosione rientrano nella norma per queste regioni. Peraltro, l'aumento dell'erosione a seguito delle utilizzazioni forestali è dovuto al disturbo al suolo causato dalle attività di strascico e dalla costruzione di strade per l'esbosco.

In aree sperimentali in California, a seguito di un incendio del Chaparral, è stato constatato un aumento di erosione fino a mille volte quella precedente. Esperienze condotte in Francia dal CEMAGREF, nella zona delle marne nelle Alpi dell'Alta Provenza, hanno evidenziato differenze significative nelle perdite di suolo in due bacini sperimentali caratterizzati da differente grado di copertura forestale. Nel bacino Brusquet di 108 ettari, con l'87% della superficie ricoperta da popolamenti di pino nero d'Austria, le perdite di suolo sono state pari a 1,24 m<sup>3</sup> per ettaro e per anno; nel bacino Laval, di 86 ettari, con il 30% di superficie boscata (sempre con pino nero), le perdite di suolo sono state superiori: 75 m<sup>3</sup> per ettaro e per anno (Buttafuoco, 1993).

In piccoli bacini del Crotonese, in Calabria, è stato evidenziato che l'impiego degli eucalitti su suoli argillosi determina un efficace effetto di protezione del suolo rispetto alla copertura erbacea. Inoltre, la ceduzione non provoca, tranne nel primo anno del taglio, grandi incrementi di torbidità. L'effetto del taglio sull'erosione può essere attenuato se si lasciano i residui di lavorazione sul terreno (Iovino e Puglisi, 1990).

La critica che si può muovere a tali ricerche è che gran parte di questi risultati sono stati ottenuti in piccoli bacini. Ma, sostiene Fattorelli (1987), l'acquisizione delle nuove conoscenze sui processi idrologici si deve in massima parte proprio alle ricerche sperimentali nei piccoli bacini. I dati acquisiti sono fondamentali per l'applicazione di alcuni tipi di modelli matematici che consentono di estrapolare ad aree più grandi e di estendere a periodi diversi i risultati conseguiti.

### 3. L'influenza della gestione e della ricostituzione del bosco sulla conservazione del suolo

I processi prima descritti evidenziano che la regimazione delle acque e l'erosione dei versanti sono fenomeni inseparabili. Costituiscono e rappresentano un processo unitario. Il bosco è fattore significativo per la conservazione del suolo ed è elemento fondamentale dell'equilibrio biologico dell'ambiente. Vegetazione e suolo sono strettamente interdipendenti. In altre parole: i sistemi forestali esistono in quanto si ha conservazione del suolo. E si ha

conservazione del suolo in quanto esistono i sistemi forestali. Quando il bosco scompare, spesso anche il suolo scompare. E, dopo pochi anni, non resta che la nuda roccia.

La fisionomia attuale del bosco è la risultante di forme colturali: raffigura una realtà mutata e mutevole, con il contributo determinante dell'uomo che l'ha plasmata. E, di conseguenza, il bosco non è qualcosa di intoccabile, da conservare così com'è, quasi si trattasse di lembi, di segmenti di foreste vergini. Queste, scrive Leibundgut, nei climi temperati sono ormai limitate a pochi frammenti: in alcune regioni mancano completamente. E quelle rimaste possono servire all'uomo solo come faro guida nel processo evolutivo scientifico, come conoscenza dei fenomeni biologici (Ciancio, 1981).

Senza avere la pretesa di analizzare una questione che investe una complessa, ampia e difficile problematica, si ritiene opportuno sottolineare come nella regione mediterranea vaste superfici siano state denudate e impoverite, tanto da costituire fattore di pericolosità per i diffusi e gravi fenomeni erosivi che sempre più intensamente si verificano e per l'alto rischio di desertificazione cui in alcuni casi si incorre.

La complessità, la fragilità e la lunghezza dei cicli biologici caratterizzano i sistemi forestali. Tali peculiarità conferiscono agli interventi colturali particolare rilevanza. Gli effetti del governo e del trattamento o sono impercettibili e lenti come quelli che agiscono sull'evoluzione dei suoli e della microfauna o, al contrario, sono appariscenti e macroscopici come piene torrenziali, allagamenti, ecc. che possono verificarsi a seguito di un taglio improprio o errato in montagna. E non si deve dimenticare, come purtroppo spesso si fa, che tali effetti agiscono per un lungo periodo di tempo.

Gli studi dei rischi naturali sull'ambiente dovrebbero guidare l'azione nel bosco e avere un maggiore peso nell'elaborazione delle linee di gestione dei sistemi forestali. Si dovrebbe porre maggiore attenzione ai rischi di erosione e di instabilità dei suoli in connessione con la tipologia di questi e con il regime pluviometrico. Sempre e comunque ai rischi di incendi e, in taluni casi, a quelli di erosione colica.

Attualmente gran parte dei terreni occupati da formazioni forestali si trovano in condizioni di precaria stabilità. Tale situazione agisce in modo decisivo su molteplici aspetti. Alcuni dei quali sono importanti perché toccano la radice del fenomeno. Ma, o sono sottovalutati o non sono affrontati con la dovuta consapevolezza e la necessaria determinazione. L'impropria utilizzazione o la non utilizzazione delle risorse naturali è uno degli aspetti che influisce sullo sviluppo socioculturale di intere comunità.

La cultura dei popoli mediterranei è stata per lungo tempo permeata

da aperto contrasto nei confronti dell'albero e del bosco, anche e soprattutto per ragioni di sopravvivenza. Ormai, però, è stata acquisita una nuova consapevolezza del significato e della rilevanza del bosco, considerato sempre meno risorsa in grado di fornire elevati redditi e sempre più bene di interesse pubblico; ovvero, soggetto di tutela ambientale (Ciancio, 1988).

Tale consapevolezza costituisce un elemento di assoluta rilevanza per il tanto auspicato *ritorno alla natura*. Ma ciò non significa ritornare alle origini, che, come afferma Giacomini (1964), «qui da noi non sarebbe del resto realizzabile», bensì la rimeditazione di talune esasperazioni, la riconsiderazione attraverso il metodo sperimentale di alcune tecniche e il bando di certi comportamenti nei riguardi della foresta (Ciancio, 1981).

Il ripristino della funzionalità dei boschi, l'ampliamento della superficie forestale e la gestione tecnica dei rimboschimenti sono assolutamente indispensabili ai fini del miglioramento e della conservazione del suolo. Configurano opere di interesse ambientale, di valorizzazione paesaggistica e di sviluppo socioculturale. I notevoli progressi compiuti nel campo delle scienze forestali e l'acquisizione di elementi conoscitivi di assoluto valore consentono di operare in modo puntuale e appropriato.

Forse, anche se può apparire banale, è utile ricordare che i protezionisti insegnano a prelevare soltanto quella parte delle risorse naturali che corrisponde alla rendita del patrimonio o *capitale natura*. In campo forestale ciò si traduce nel prelievo del *saggio di accrescimento naturale* del bosco (Ciancio, 1987). Ebbene, a questo principio bisognerebbe attenersi nella gestione dei sistemi forestali. Ma così non è. Ancor oggi in bosco si fa un grande abuso della motosega e si aprono molte, troppe strade.

Alcuni eventi che alterano l'efficienza del bosco (incendi, valanghe, venti catastrofici, ecc.) sono di immediata evidenza. Causano la distruzione dei soprassuoli forestali su superfici più o meno vaste. Altri, invece, sono più insidiosi. Determinano effetti meno visibili, ma altrettanto negativi. Innescano processi degradativi non sempre facilmente percettibili: l'applicazione di forme di trattamento che semplificano la struttura dei boschi; il pascolo eccessivo, con i noti effetti sulla rinnovazione e sul suolo; l'alta concentrazione del flusso turistico.

Ma a quali boschi è demandata la conservazione del suolo? L'inventario nazionale (1985) evidenzia che la superficie forestale è di poco superiore a 8,6 milioni di ettari, di cui il 67% (5,8 milioni di ettari) ripartita tra cedui (3,6 milioni di ettari) e fustaie (2,2 milioni di ettari). La restante parte (33%) è stata inclusa in altre categorie inventariali, tra le quali circa l'85% nelle formazioni spontanee a carattere arbustivo o composito (macchia, formazioni rupestri e riparie).

Per quanto riguarda i cedui e le fustaie si rileva che:

1. più di tre quarti della superficie a cedui interessa la collina; circa il 70% di quella a fustaie la montagna;
2. i cedui in gran parte appartengono ai privati; le fustaie, invece, anche se in leggera prevalenza, sono di proprietà pubblica;
3. il 22% delle fustaie e dei cedui sono degradati per cause di origine antropica: le più frequenti sono gli incendi e il pascolo; per le fustaie gli incendi rappresentano circa il 22%, il pascolo il 46%; per i cedui, rispettivamente, il 38% e il 27%;
4. la ripartizione in classi di copertura evidenzia che per le fustaie circa il 21% della superficie ha un grado di copertura compreso tra il 20 e il 50%; il 43% tra il 51 e l'80%; il 36% oltre l'80%; per i cedui, invece, circa il 10% della superficie ha un grado di copertura compreso tra il 20 e il 50%; il 33,5% tra il 51 e l'80%; il 56,5% oltre l'80%;
5. il 97% circa della superficie a fustaia e il 95% circa di quella a ceduo è sottoposta ai vincoli previsti dal R.D.L. n. 3267 del 1923;
6. solo il 26,5% delle superfici a fustaia (576900 ha) e il 4,5% di quelle a ceduo (167400 ha) sono sottoposte a pianificazione forestale; purtroppo un'ulteriore dimostrazione della scarsa importanza che nel nostro Paese ha la gestione del bosco.

I dati dendro-auxometrici, la struttura e l'età delle fustaie e dei cedui, con altezza media superiore a 5 metri (Tabb. 1, 2, 3, 4, 5 e 6), si possono considerare indici significativi per una valutazione globale dello stato di efficienza dei soprassuoli forestali.

Tabella 1 - Fustaie con altezza superiore a 5 m. Superficie e parametri auxo-dendrometrici

Fustaie		Sup. ha	Np n/ha	V m <sup>3</sup> /ha	ic m <sup>3</sup> /ha	G m <sup>3</sup> /ha
1. coetanee ed articolate	50%	969.300	1.459	229	2,6	27,0
2. disetanee	18%	546.300	1.222	203	6,7	25,0
3. irregolari	18%	341.100	1.312	186	7,7	22,0
4. transitorie	4%	67.500	1.541	144	7,8	21,0
Totale	100%	1.924.200				

Tabella 2 - Fustaie con altezza superiore a 5 m. Distinzione per tipo di proprietà

Proprietà		Sup. ha	Np n/ha	V m <sup>3</sup> /ha	ic m <sup>3</sup> /ha	G m <sup>3</sup> /ha
pubblica	53%	1.015.200	1.381	237	7,9	27,0
privata	47%	909.000	1.354	182	7,9	24,0
Totale	100%	1.924.200				

Tabella 3 - Fustaie con altezza superiore a 5 m. Fustaie coetanee ed articolate con età media

Classi di età anni		Sup. ha	Np n/ha	V m <sup>3</sup> /ha	ic m <sup>3</sup> /ha	G m <sup>2</sup> /ha
fino a 40	45%	435.600	1.716	136	9,5	21,0
tra 41 e 80	30%	284.400	1.516	258	8,8	30,0
tra 81 e 120	17%	167.400	1.003	336	6,9	34,0
oltre 120	8%	81.900	819	399	6,2	38,0
Totale	100%	969.300				

Tabella 4 - Cedui con altezza superiore a 5 m. Superfici e parametri dendrometrici

Cedui	Sup. ha	Np n/ha	V m <sup>3</sup> /ha	G m <sup>2</sup> /ha
1. senza matricine: semplici a sterzo	715.500 74.700	4.009 3.557	96 101	17,0 18,0
2. matricinati	1.307.700	3.869	115	19,0
3. composti	705.600	4.267	136	21,0
Totale	2.803.500			

Tabella 5 - Cedui con altezza superiore a 5 m. Distinzione per tipo di proprietà

Proprietà	Sup. ha	Np n/ha	V m <sup>3</sup> /ha	G m <sup>2</sup> /ha
pubblica	697.500	4.400	122	21,0
privata	2.106.000	3.863	113	19,0
Totale	2.803.500			

Tabella 6 - Cedui con altezza superiore a 5 m. Cedui semplici, matricinati e composti con età media

Classi di età anni	Sup. ha	Np n/ha	V m <sup>3</sup> /ha	G m <sup>2</sup> /ha
fino a 10	308.700	3.771	75	13,0
tra 11 e 20	970.200	3.945	105	18,0
tra 21 e 30	897.300	4.250	124	21,0
oltre 30	552.600	3.861	145	23,0
Totale	2.728.800			

In sintesi, si rileva che:

- a) le fustaie coetanee e quelle cosiddette articolate prevalgono sulle fustaie disetanee; le prime, per circa il 45%, hanno età media inferiore a 40 anni;
- b) le fustaie sono caratterizzate da deficit provvigionali — in media 211 m<sup>3</sup> per ettaro;
- c) i cedui, invece, hanno buone provvigioni — in media 115 m<sup>3</sup> per ettaro — e generalmente hanno superato i turni minimi previsti dalle prescrizioni di massima.

Questi dati pongono in primo piano la necessità e l'urgenza del recupero dell'efficienza dei boschi. Il bosco, infatti, per assolvere i propri compiti, dev'essere in equilibrio con l'ambiente. D'altronde, la valorizzazione delle risorse locali, finalizzata al riequilibrio ambientale ed economico di aree marginali della collina e della montagna, oggi è una questione fortemente sentita. Una tale azione, però, deve essere corroborata da indirizzi di politica forestale, volti a concretare un rapporto armonico tra uomo e ambiente. Ma, si sa, nella fattispecie il problema si pone in termini diversi per i cedui e le fustaie.

### 3.1. I cedui

La gestione del bosco ceduo, come già altre volte sottolineato (Ciancio, 1983, 1990), è riconducibile a due ipotesi di lavoro diverse e contrastanti: a) il mantenimento dello *status quo*; b) la conversione a fustaia.

Il mantenimento del governo a ceduo costituisce l'obiettivo a cui «pragmaticamente» tende il proprietario privato. E ciò è facilmente comprensibile quando si consideri che il ceduo assicura e garantisce la continuità della produzione, con i vantaggi derivanti dalla semplicità della gestione e dall'ottenimento di redditi a cicli relativamente brevi.

Epperò, dopo la presa di coscienza che il bosco è un bene di interesse pubblico, in questi ultimi anni si è proceduto a un'inversione di tendenza. Oggi, la conversione del ceduo in fustaia rappresenta l'obiettivo prioritario da conseguire. O, meglio, il problema è affrontato e risolto sulla base di un'ipotesi di lavoro: a medio-lungo termine si prevede la conversione in fustaia; a breve termine, qualora sussistano oggettive e particolari condizioni, si può mantenere lo *status quo*, a condizione però che si valorizzi questa forma culturale con opportune modifiche degli ordinamenti e con il graduale, continuo e capillare miglioramento del ceduo.

L'ipotesi della conversione, si sa, può essere realizzata immediatamente o in tempi successivi. L'intensità, in termini di distribuzione o di operatività,

è variabile in relazione agli aspetti fitosociologici e fitosanitari, selvicolturali e tecnologici, economico sociali e legislativi. L'esame, prima separato e poi complessivo, di tali aspetti e l'analisi delle loro interazioni consentono la scelta tra le due ipotesi.

Nel caso in cui la scelta ricada sul mantenimento del governo a ceduo è necessario identificare su quali fattori agire e quali operazioni effettuare. Il numero e la forma distributiva delle matricine, l'allungamento del periodo intercorrente tra due utilizzazioni, la regolamentazione del pascolo e la predisposizione di misure contro gli incendi, gli aggiustamenti e gli accorgimenti relativi alle dimensioni e alla distribuzione nel tempo e nello spazio delle tagliate, sono fattori che migliorano l'efficacia del ceduo ai fini della conservazione del suolo.

Quando, invece, si verifichi l'opportunità di procedere alla conversione del ceduo in fustaia — *ed è questa la soluzione ottimale* — occorre valutare i diversi metodi di conversione al fine di assicurare l'ottenimento di una fustaia in equilibrio con l'ambiente. A questo riguardo, Mancini (1990) ricorda che la maggior quantità di sostanza organica che le fustaie restituiscono al suolo determina il miglioramento del bilancio idrico e rende il suolo più fertile e produttivo.

### 3.2. Le fustaie

È bene premettere che il bosco, nel corso del processo di formazione, assume forme diverse e manifesta una molteplicità di soluzioni. Le tracce di nuovi itinerari in grado di percorrere, anche in senso trasversale, l'attuale scenario della cultura ambientale emergono sempre più. Itinerari che presentano gradi e livelli diversi di difficoltà ma che offrono sufficienti garanzie di percorribilità quando si sgombrì il campo degli equivoci esistenti. E si abbia la consapevolezza, come scrive Leopardi, che: «Ora in queste cose, una grandissima parte di quello che noi chiamiamo naturale, non è; anzi è piuttosto artificiale: come a dire, i campi lavorati, gli alberi e le altre piante educate e disposte in ordine, i fiumi stretti infra certi termini e indirizzati a certo corso, e cose simili, non hanno quello stato né quella sembianza che avrebbero naturalmente».

La fisionomia delle fustaie varia in relazione alle esigenze delle specie e alle utilità dirette e indirette che al bosco si richiedono. Le fustaie coetanee presentano composizione e struttura relativamente semplificate. Quelle disetanee, invece, costituiscono boschi a struttura complessa e sono quindi più efficienti in termini globali. La composizione mista consente una migliore

e più completa occupazione dello spazio ipogeo ed epigeo. La stratificazione dell'età e della copertura offrono maggiori garanzie ai fini della conservazione del suolo. La biodiversità è un capitale inestimabile. E fornisce un'elevata ricaduta anche in termini economici.

In una memoria del 1981, Ciancio ha addotto vari argomenti a sostegno della tesi secondo la quale il *naturalismo umanistico* dà senso e valore alla gestione forestale. Tale concezione si fonda sul principio triassiomatrico che governa la selvicoltura: la *perpetuità*, la *funzionalità biologica* e l'*uso* del bosco. La *perpetuità* postula, su base etica, l'irreversibilità della coltura: l'esigenza cioè di assicurare la risorsa bosco alle generazioni future. La *funzionalità biologica* racchiude la visione sistemica: il bosco è un sistema non mai dato, non mai compiuto, e appunto per questo, sempre sul punto di disgregarsi e scomparire. L'uso, o l'insieme di usi, del bosco comporta la presenza attiva dell'uomo: ma, beninteso, nell'assoluto rispetto dei vincoli ambientali.

Orbene, il trattamento del bosco configura il *momento colturale*. A questo è coniugata la funzionalità bioecologica e, conseguentemente, la *perpetuità* e l'uso del sistema. Ma il momento colturale presuppone la conoscenza del *momento strutturale* e sottende il *momento gestionale*. La conoscenza delle connessioni e delle interazioni tra questi momenti permette il conseguimento delle finalità prefigurate. E il *naturalismo umanistico* da postulazione astratta diviene punto di riferimento concreto.

La gestione del bosco presuppone quindi l'adozione di sistemi e metodi colturali in grado di soddisfare la domanda relativa alla valorizzazione delle funzioni sociali e fra queste la conservazione del suolo. Seguendo tali criteri si consente l'eliminazione degli scompensi tipici degli interventi drastici: il collasso temporaneo o permanente dei processi evolutivi in atto. In altri termini, si applicano forme di utilizzazione compatibili. Ovvero, si tende a eliminare o attenuare i processi degradativi, favorendo la stabilità e la resilienza dei sistemi forestali.

Una gestione di questo tipo prevede interventi colturali *cauti*, *continui* e *capillari* e si basa sul concetto che ognuno di essi è la logica conseguenza di quelli precedenti e il presupposto di quelli successivi. Un bosco trattato secondo tali criteri in tempi relativamente brevi diviene efficace e efficiente sotto molteplici aspetti e in termini complessivi. In sintesi, si applica il *sistema modulare* (Ciancio, 1991). Con tale sistema il ripristino, la conservazione e il miglioramento delle risorse naturali (suolo e bosco), sono più facilmente realizzabili. Le modalità tecniche e il tracciato delle intensità d'intervento consentono di verificare gli effetti, eliminando eventuali sprechi di energia, lavoro e capitali.

Il sistema modulare assume importanza particolare nella selvicoltura della regione mediterranea. Regione in cui le modificazioni (trasformazioni di coltura, pascolo, incendi, sfruttamento irrazionale) apportate dall'uomo alla fisionomia e alla distribuzione della foresta incidono negativamente su equilibri costituitisi nel tempo. Equilibri che sono la sintesi del dinamismo evolutivo delle cenosi forestali e delle interazioni tra queste e i fattori biotici, climatici, edafici, topografici e storici.

Si potrebbe obiettare che l'applicazione di quanto esposto è utopica perché finanziariamente inaccettabile e in contrasto con la teoria, da sempre dominante in campo forestale, secondo la quale è indispensabile un equilibrio tra leggi bioecologiche e leggi economiche. Ma ciò è vero solo in parte. Non si deve dimenticare, infatti, che l'uso del bosco è correlato a ordinamenti culturali che tendono a tale equilibrio. Senza la pianificazione di appropriati interventi culturali, il bosco è esposto a traumi di varia natura e intensità: tagli impropri e abusivi, pascolo incontrollato e eccessivo, incendi, ecc. E, inevitabilmente, prima degrada e poi scompare.

### 3.3. I rimboschimenti

L'altro aspetto riguarda l'ampliamento della superficie boscata. Ampliamento che potrà avvenire attraverso il recupero delle superfici dei territori collinari e montani che presentano limitazioni di natura stazionale tali da precludere ogni possibilità di utilizzazione agricola. La pendenza generalmente elevata dei versanti e il modesto spessore dei suoli dovrebbero indurre a rimboschire molte aree nelle quali l'eliminazione del bosco e l'applicazione di tecniche agronomiche non appropriate hanno accentuato i fenomeni di erosione del suolo.

In questi ultimi anni, in conseguenza della sempre maggiore disponibilità di terreni marginali, l'area forestale potenziale si è molto ampliata. Da ogni parte si auspica l'aumento della superficie a bosco per far fronte ad alcuni pressanti problemi ambientali. Il *set aside*, opzione imboschimento, rappresenta un'opportunità da sfruttare al fine di conseguire obiettivi di indubbio interesse. Si valorizzano i fattori naturali di produzione. Si ottiene una copertura arborea di grande interesse paesaggistico e ambientale. Si attenua grandemente la pressione sugli ecosistemi forestali.

Si fa però rilevare che la variabilità dei suoli in brevi spazi, che nella regione mediterranea è la norma e non l'eccezione, costituisce spesso un vincolo insuperabile per la coltivazione su vasta scala di specie a legno pregiato. D'altra parte, la sperimentazione ha dimostrato che l'impiego di talune con-

fere permette di ottenere elevati attecchimenti e la copertura del suolo su ampie superfici in tempi relativamente brevi. E non bisogna sottovalutare, come spesso accade, un altro fattore importante ai fini della conservazione del suolo: la coltivazione di un insieme di alberi forestali, se opportunamente trattato, può evolvere verso un vero e proprio ecosistema forestale (Ciancio *et al.*, 1981).

Tutto ciò si traduce nell'utilizzazione razionale della risorsa suolo che secondo Mancini (1993) è «una risorsa purtroppo limitata e non facile da ricostituire quando degradata o quasi distrutta»; che ogni giorno perdiamo per cause note, mentre «corre l'obbligo di conservarla al meglio». Anche Pavan (1966) sostiene che l'erosione del suolo si paga molto cara. E il danno continuerà per innumerevoli anni. Infatti, quando questo fenomeno si è già manifestato da qualche tempo, la ricostituzione di condizioni di equilibrio è un'impresa estremamente costosa, difficile da realizzare e richiede secoli di paziente lavoro.

Sulla necessità di rimboschire si è molto discusso nel passato. Ed è nota l'efficacia dei rimboschimenti nei confronti dell'erosione dei versanti e del miglioramento delle caratteristiche biologiche, fisiche e chimiche del suolo (Mancini, 1975). I rimboschimenti, però, vanno fatti con il criterio di non disturbare troppo il suolo e di contenere la velocità delle acque. L'azione di protezione del suolo, dovuta alla copertura delle chiome e all'influenza sulla pedogenesi per l'apporto di lettiera, peraltro è preceduta dagli effetti immediati della preparazione del suolo sulla regimazione delle acque, come nel caso del gradonamento.

Ma affinché i rimboschimenti possano agire in modo significativo bisogna che 1) ricoprano ampie superfici; 2) si attui una gestione che ne asseconi l'evoluzione verso veri e propri boschi.

Il primo punto nasce dalla considerazione, peraltro sostenuta da Gandotti (1916), che per avere effetti sensibili sul bilancio idrico di un bacino è necessario che le variazioni di superficie boscata costituiscano una percentuale considerevole di quella dell'intero bacino. In altre parole: gli effetti insiti nel sistema bosco si manifestano quando esso è molto rappresentato.

Un esempio classico lo offre la Calabria, regione nella quale, dopo le alluvioni dei primi anni cinquanta, le aree montane di quasi tutti i bacini idrografici sono state interessate da rimboschimenti con pino laricio che, a distanza di circa quaranta anni, fanno sentire i propri effetti. Inoltre, le piantagioni spesso sono state integrate da interventi intensivi. Gli effetti di tale complesso di opere non si limitano alla difesa contro l'erosione e quindi alla diminuzione della portata solida dei corsi d'acqua, ma assumono note-

vole importanza sull'idrologia superficiale e profonda. Epperò, queste opere sono state collaudate da piogge paragonabili a quelle che nei primi anni cinquanta determinarono le alluvioni?

Puglisi (1986) cita due eventi pluviometrici registrati nel bacino del Coriglianeto, nel versante ionico cosentino. Uno verificatosi nel 1984 e l'altro nel 1985. Nel primo, in 24 ore caddero 246 mm, con punte di 65 mm in un'ora; nel secondo, in circa quattro giorni piovvero 538 mm, pari al 46,4% della media annua (1159 mm in 91 giorni piovosi). A fronte di questi dati, egli afferma che «i danni sono molto contenuti, per effetto delle opere idrauliche forestali eseguite con Legge Calabria».

Uno studio eseguito da Puglisi e Cinnirella (1991) nel bacino del Trionto, sempre in Calabria, applicando un modello di simulazione, ha evidenziato un cambiamento, dal 1955 al 1983, nel comportamento idrologico del bacino. Gli Autori lo attribuiscono a un aumento della capacità di invaso conseguente all'incremento del 19% della superficie rimboschita e al sensibile miglioramento dello stato del complesso suolo-soprassuolo dei boschi esistenti.

Il secondo punto (la gestione dei rimboschimenti) indica come non sia sufficiente rimboschire. È necessario effettuare cure colturali agli impianti. Di modo che all'azione di protezione subentri quella di miglioramento e di conservazione del suolo. I diradamenti sono pratiche colturali importanti e decisive nella gestione dei rimboschimenti (Ciancio, 1986). E costituiscono operazioni tendenti al conseguimento di alcuni obiettivi. Tra questi, la ricaduta in termini di efficienza funzionale della biocenosi e il miglioramento qualitativo della produzione forestale.

La realizzazione di tali obiettivi passa attraverso la ricerca delle interconnessioni tra aspetti di ordine generale e aspetti finanziari più direttamente collegati all'economia dell'azienda forestale. Epperò, gli effetti di tali cure colturali devono essere valutati in un quadro che non contempli solo la redditività ma anche la salvaguardia di interessi collettivi: appunto, l'evoluzione verso sistemi altamente efficienti ed efficaci anche e soprattutto in termini di conservazione del suolo.

#### 4. Osservazioni e conclusioni

Si potrebbe osservare che i dati esposti non sono tali da dimostrare un effetto determinante del bosco sulla regimazione delle acque, soprattutto qualora si tratti di grandi bacini idrografici e si sia in presenza di eventi superiori alla norma. Pur tuttavia, è innegabile che la costante riduzione nel tempo

della superficie boscata ha determinato alterazioni al territorio con conseguenze di notevole portata.

Ma, una cosa pare certa: gli effetti positivi connessi al sistema bosco si manifestano quando esso è molto rappresentato. Se per assurdo si ricostituì il manto forestale di una volta, gli eventi di tipo catastrofico probabilmente si verificherebbero con minor frequenza e i danni diverrebbero meno gravi. Ma questo è impensabile. La realtà, si sa, è ben diversa. In molti bacini idrografici la superficie boscata è limitata e lo stato dei boschi è precario.

In questi casi l'influenza dei sistemi forestali sulla conservazione del suolo è limitata o, addirittura, ininfluyente in occasione di eventi eccezionali. Ma ciò non significa porre in discussione il ruolo del bosco, che in assoluto resta valido e significativo, ma la sua efficacia. In altre parole, i sistemi scarsamente funzionali o degradati non sono in grado di contrastare adeguatamente taluni eventi pluviometrici.

Se così è, perché in premessa sono state poste in contrapposto le tesi di chi annette un nesso di causa effetto tra disboscamento e aumento del numero di piene e di chi nega la dipendenza tra i due fenomeni? Certamente non per fare o riaprire vecchie quanto inutili polemiche. Ma per evidenziare ciò che unisce, che invero è più di quello che divide. Non solo, ma anche 1) per chiarire i termini del problema e, se si vuole, per far valere, nei limiti del possibile e in termini razionali, il punto di vista dei forestali; e 2) per spiegare quanto si può fare e ottenere in questo campo con il bosco.

Sull'effetto protettivo del bosco, lo si è detto, tra idraulici e forestali c'è accordo totale, così pure sul comportamento dei sistemi forestali in occasione di piogge di normale entità. Le differenze di opinione riguardano il ruolo del bosco nei grandi bacini in concomitanza di piogge eccezionali. Invero, gli effetti conseguenti a tali eventi, spesso disastrosi, sono dovuti al concatenarsi di una serie di cause che il bosco è in grado di controllare solo in parte.

Ma è pur vero che il bosco è uno dei componenti di un sistema articolato di fattori che concorrono alla conservazione del suolo. Ed è meglio imbrigliare e frenare le acque in montagna anziché realizzare oltre misura opere in cemento in collina e in pianura. Ma, nonostante in questi ultimi anni si siano fatti notevoli passi avanti in tal senso, ancor oggi si continua a privilegiare il cemento al bosco.

I forestali sono convinti che per limitare l'erosione superficiale e per attenuare gli effetti devastanti di fenomeni naturali particolarmente intensi, il mezzo più efficace è la copertura del suolo con vegetazione forestale, arbustiva e erbacea. E tuttavia, sono consapevoli che ciò non è sufficiente. Oc-

corre che l'attività forestale sia coordinata con quella di tipo idraulico. Ovvero, per riprendere la terminologia dei nostri maestri, si deve operare con sistemazioni idraulico forestali e sistemazioni idraulico agrarie.

Il ripristino della funzionalità del bosco, l'ampliamento della superficie boscata, la gestione puntuale dei sistemi forestali, rappresentano un insieme di interventi compatibili con il miglioramento e la conservazione della risorsa suolo che, appunto perciò e in quanto tale, va tutelata e difesa. Il bosco, peraltro, influenza positivamente i processi di pedogenesi e agisce in modo che il suolo si ricostituiscia, laddove è degradato. E, per di più, consente di instaurare un rapporto equilibrato e armonico tra uomo e ambiente.

Per verificare la risposta del sistema agli interventi programmati ed effettuati è necessario realizzare un monitoraggio dei bacini idrografici, così come previsto dalla legge 183/89 «Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo». Ovvero, si deve operare secondo una concezione della pianificazione idraulico forestale come processo continuo di verifica. E, qualora necessario, occorre prevedere l'eventuale revisione degli interventi nel loro insieme.

Il bosco è parte significativa del territorio montano e collinare ed è qui che svolge al massimo livello la sua azione. Il miglioramento dello stato di efficienza dei boschi esistenti, le cure colturali ai rimboschimenti, l'uso del bosco, attuabili con i criteri prima esposti, debbono essere considerati interventi migliorativi ma non risolutivi. In questo senso la pianificazione forestale è parte integrante della pianificazione territoriale e assume primaria importanza nell'area collinare e montana. Peraltro, poiché è l'arte del miglior compromesso possibile, la pianificazione attenua i conflitti, sempre presenti in simili casi. La difesa della pianura comincia in montagna, si dice. In questo quadro, l'intervento forestale ha pari rilevanza di quello idraulico. E insieme forse diventano risolutivi.

La conservazione del suolo è un problema che per sua natura può trovare soluzione solo se sarà oggetto di una politica di interventi continui e di sistematico finanziamento. Raramente giovano interventi improvvisati, presi sotto la spinta emotiva di eventi catastrofici. Una politica forestale che preveda un insieme equilibrato di interventi idraulici e forestali consentirà di ottenere risultati di notevole valore, dando tranquillità, occupazione e certezza alle popolazioni montane. Tutto ciò ha un prezzo. I costi sono elevati. Occorrono energia, lavoro, capitali e, soprattutto, costanza e tempo.

In conclusione, si può affermare che il bosco deve essere considerato parte di un sistema articolato di fattori che intervengono nella conservazione del suolo. L'entità della superficie boscata di un bacino idrografico e lo stato

di efficienza dei boschi esprimono il livello di efficacia. Su entrambi i fattori è possibile e necessario intervenire. Sul primo in un discorso più vasto di pianificazione territoriale, sul secondo attraverso una gestione mirata a valorizzare al massimo livello i sistemi forestali, considerati soggetti di tutela ambientale. In estrema sintesi, gestendo il bosco si attua la conservazione del suolo. I forestali non possono non sottolineare questo aspetto.



FOTO 1. — Bacino del Trionto (CS): versanti completamente denudati con evidenti e diffusi fenomeni erosivi. Anno 1954 inizio della preparazione del suolo a gradoni (Foto ESAC).



FOTO 1a. — In profondità gli stessi versanti rimboschiti (Anno 1992) - (Foto ESAC).



FOTO 2. — Bacino dell'Arente (CS): 1958 — Preparazione del suolo al rimboschimento di versanti fortemente erosi (Foto ESAC).



FOTO 2a. — In secondo piano gli stessi versanti rimboschiti (Anno 1990) - (Foto ESAC).



Foto 3. — Alto bacino dell'Arcate (CS) 1957 — Versanti in preda ad intensi fenomeni di erosione (Foto ESAC).



Foto 3a. — In profondità gli stessi versanti rimboschiti (Anno 1992) - (Foto ESAC).



FOTO 4. — Bosco Galluzzo (CS) completamente distrutto da tagli di rapina e incendi (Anno 1956) - (Foto ESAC).



FOTO 4a. — Panoramica della stessa zona a distanza di 36 anni dall'intervento di rimboschimento (Foto ESAC).



## Alluvioni e uso del territorio

Le numerose gravi alluvioni di questi ultimi anni che hanno colpito varie regioni italiane — tra cui la Toscana in modo particolare (1) — e che si sono ripetute sistematicamente ad ogni autunno per quattro anni consecutivi, hanno riproposto un problema mai risolto (meglio sarebbe dire: mai affrontato): «Come influisce la gestione del territorio sul regime idraulico dei corsi d'acqua»; in modo più specifico sull'entità delle piene.

Gli effetti causati da quegli eventi alluvionali: allagamenti, vittime, danni a beni pubblici e privati (difficilmente quantificabili ma certamente dell'ordine delle decine e forse centinaia di miliardi di lire), devono essere messi in relazione alle condizioni attuali del territorio, derivate da trasformazioni avvenute in epoca recente; in molti casi è risultata chiara la relazione di causa ed effetto tra il peggioramento del regime idraulico ed i cambiamenti indotti da improprie direttive e imprevidenze di piani urbanistici, da sottovalutazione, o meglio, da errata valutazione delle conseguenze indotte dalle trasformazioni avvenute anche a seguito di processi socio-economici di ampia portata in assenza di provvedimenti idonei a fronteggiare le variate condizioni d'uso dei territori; da mancata opera di prevenzione dei dissesti e di difesa del suolo; tutti elementi che hanno sicuramente fatto incrementare i deflussi dai bacini imbriferi fino a rendere intollerabili anche quelli derivanti da piogge non più elevate della norma.

\* Dipartimento di Ingegneria Agraria e Forestale, Università di Firenze.

(1) Si possono citare, a memoria, le piene e le inondazioni verificatesi in Lunigiana, in Garfagnana, nella Lucchesia, in Casentino, nell'Arno Valdarnese, nella val d'Ambra, nel Mugello-Sieve, nel pistoiese, nel pesciatino, val d'Era e d'Egola, ecc.

Non a caso si constata con sempre maggiore frequenza che allagamenti estesi e prolungati interessano zone che sono state urbanizzate nel più recente passato e tutt'oggi in via di espansione: si tratta sempre di insediamenti abitativi e produttivi localizzati in aree di naturale espansione dei corsi d'acqua per cui non ci deve meravigliare se ogni tanto l'acqua vi esonda. La ricerca affannosa di aree da destinare allo sviluppo ha fatto spesso trascurare la presenza di gravi condizionamenti idraulici; a volte si è costruito addirittura in golena o in analoghe pertinenze di corsi d'acqua o a fianco di un argine di fiume, o in una pianura bonificata, tutti luoghi pericolosi e sofferenti di difficoltà di scolo. Visti gli effetti lamentati nei più recenti anni non si può che affermare che è stato solo evidenziato uno stato di cose che è sfuggito a chi ha eseguito la scelta, e che prima o poi si sarebbero manifestati.

Certo poteva apparire quanto mai favorevole la costruzione di un fabbricato in una zona pianeggiante, magari nell'immediata periferia di centri dove non esistono più spazi di espansione, ma la realtà è che raramente ci si è posta al momento della scelta una semplice domanda: Perché queste aree sono rimaste finora libere da insediamenti e adibite ad attività agricole?

Il fenomeno non riguarda solo le pianure ma si estende alle aree declivi: non è infrequente che venga trasformato in modo profondo l'assetto sistematorio di un appezzamento o di una pendice per avviare un ordinamento colturale che sarebbe disturbato, o addirittura reso impossibile, da un'eccessiva suddivisione delle aree per realizzare, ad esempio, delle fosse di raccolta e conduzione dell'acqua di scolo: questa è sembrata in certi casi un'operazione non redditizia e un ostacolo alla coltivazione, ma senza queste piccole, modeste opere, non è possibile mantenere inalterati equilibri raggiunti a seguito di esperienze secolari.

Dopo l'abbandono dell'agricoltura collinare e la ricerca di altre forme di conduzione agricola non si è ancora trovata (se mai si troverà) una connessa nuova tipologia sistematoria: e si finisce, il più delle volte, per trascurare proprio la regimazione delle acque con la conseguenza di attivare frane, erosioni, ed altri più complessi dissesti.

È il caso di ricordare che molte pianure alluvionali sono state oggetto di interventi di bonifica per destinarli ad un'attività agricola produttiva: è assolutamente sbagliato ritenere che esse siano disponibili anche per insediamenti e per attività commerciali e industriali, non essendovi le condizioni idraulicamente idonee.

Per semplificare quanto detto, valgono alcuni esempi. Nell'ambito territoriale della pianura ad ovest di Firenze, fino a Pistoia, nella corsa avvenuta per la sua conquista urbanistica, non è stata sufficiente per indurre ad una

maggior prudenza l'esperienza dell'alluvione del '66: la vastità di quegli allagamenti fu forse talmente grande e il disastro così grave da indurre a ritenere che un evento del genere fosse difficile da ripetersi; ma se un evento è raro non significa che non si potrebbe verificare anche a breve scadenza e inoltre se ne potrebbero verificare altri minori, meno rari, ma ugualmente disastrosi. Quasi tutta la pianura tra Firenze e Pistoia venne allagata nel '66 in modo più o meno grave: e ciò fu dovuto alla rottura di argini dei fiumi e solo in minima parte alla temporanea difficoltà o impossibilità per le acque di defluire. In anni recenti, si sono ripetuti in quelle zone esondazioni dei corsi d'acqua ed allagamenti: ed i danni più gravi hanno riguardato ogni volta le zone di più recente urbanizzazione. Si sono avute rotte arginali del Bisenzio, dell'Ombrone Pistoiese e di altri corsi d'acqua e collettori di bonifica: inoltre con elevata frequenza si sono avuti prolungati ristagni d'acqua a causa del ritardo del deflusso per le insite difficoltà di scolo dovute alle modeste pendenze del terreno e al perdurare di alti livelli di piena nei fiumi riceventi.

Questa situazione costituzionale, non è facile da eliminare se non a costo di investimenti e di spese di gestione elevatissime e, forse, insostenibili, non soltanto in questo particolare momento economico del Paese. Chi ha ritenuto di poter favorire lo sviluppo edilizio in zone ad alto «rischio idraulico» ha fatto una scelta che peserà notevolmente sulla comunità per chissà quanto tempo ancora.

Le piogge degli ultimi quattro autunni lo stanno a dimostrare, e non si è trattato nemmeno, come già accennato, di eventi eccezionali, in quanto si discostano poco, dalla normalità: ben più elevate e più intense sono state le precipitazioni registrate in altre occasioni nel passato con conseguenti allagamenti senza che si registrassero particolari problemi, in quanto non venivano allagate case, magazzini, opifici per il semplice motivo che non ve n'erano ancora.

Nel pesciatino — altro esempio da meditare — l'intensificarsi dell'attività vivaistica e floricola ha stimolato la costruzione di un grande numero di impianti coperti, di notevole superficie singola e complessiva (Fig. 1); nei terreni dove si praticava in passato un'agricoltura di pieno campo con connesse opere di sistemazione idraulico-agrarie per la regimazione delle acque, si sono realizzate serre, tendoni, gallerie, con corredo di strade, piazzali ed altri servizi: congiuntamente anche gli edifici ad uso abitativo si sono moltiplicati. Si è resa in tal modo letteralmente impermeabile una notevole frazione di quei terreni, bacini di corsi d'acqua le cui caratteristiche di sezione, pendenze, sono però rimaste inalterate e quindi sono diventate insufficienti al contenimento delle portate fortemente aumentate.



FIG. 1. — Nella pianura pesciatina si sono di recente diffuse strutture coperte per il vivaismo e la floricoltura in serra che hanno resa impermeabile una forte percentuale di territorio agricolo.

La trasformazione avvenuta ha comportato una riduzione della capacità d'invaso, delle aree, una riduzione dei tempi di corrivazione, con conseguente aumento del coefficiente di deflusso. L'effetto combinato di tali alterazioni idrologiche ha avuto quindi per conseguenza che la rete idraulica di raccolta e conduzione dell'acqua, non è più adeguata alle necessità e quindi con insolita frequenza si hanno esondazioni e prolungati ed estesi allagamenti, con danno di quegli stessi impianti moltiplicatisi in modo eccessivo. È da osservare che anche in questo caso si tratta inoltre di zone bonificate, aventi pendenze minime, canalizzazioni dimensionate in rapporto all'utilizzazione agricola alle cui esigenze la bonifica si rivolgeva. Per il caso citato si può affermare che la riduzione avvenuta di circa il 20% del terreno destinato a coltivazioni di pieno campo (e quindi oggi occupato da impianti coperti) ha comportato un aumento delle portate superiore al 50%.

Un altro esempio di imprevidente destinazione di aree con soggezioni idrauliche ad alto rischio, può essere fatto per gli insediamenti che hanno interessato zone golenali, dove il fiume che le ha formate con la deposizione di alluvioni periodicamente esonda perché si trovano a quote inferiori ai

livelli di piena: esse producono effetti regimanti di notevole importanza per le zone a valle, e la loro riduzione o eliminazione comporta effetti fortemente negativi.

Molte volte i nuovi insediamenti urbani risultano separati dal fiume da arginature: ma un argine non è un manufatto indistruttibile, né sempre sufficiente a contenere le piene. E quando un argine in terra è sormontato dalla corrente si apre rapidamente e le acque escono dall'alveo con grande violenza, distruggendo tutto ciò che incontrano sulla loro strada. Successivamente è anche difficile far rientrare l'acqua nell'alveo.

È ormai comune constatare che in molte di tali zone si è andata sviluppando un'attività edilizia senza molte limitazioni e soprattutto senza regole costruttive che potrebbero ridurre i danni prodotti dagli allagamenti.

Quando inesorabilmente le acque esondano chi viene danneggiato pretende di essere indennizzato, acquistando quasi un diritto di risarcimento permanente; ma il cittadino contribuente non può essere chiamato a sostenere in perpetuo questi oneri, che derivano solo dall'imprevidenza e dalla superficialità di amministratori che hanno voluto uno sviluppo urbano in aree che non avevano caratteristiche di idoneità per le soggezioni idrauliche esistenti e che non è facile eliminare, neanche a costo di ingenti spese.

Analoghe osservazioni si potrebbero fare se ci si sposta ad esaminare quanto è avvenuto sulle aree collinari.

L'abbandono dell'agricoltura in quelle aree ha portato inevitabilmente ad alterazioni idrauliche. La diminuita efficacia delle opere di sistemazione idraulico-agraria, perché non più mantenute per l'assenza degli agricoltori, non è stato il solo elemento che ha determinato il peggioramento delle condizioni idrauliche (Fig. 2): le nuove attività, non più legate a schemi rigidi e permanenti per le esigenze di un'agricoltura più economica e redditizia oppure, ancor peggio, le direttive che inducono alla rinuncia a coltivare destinando i terreni al set-aside ma che richiedono che venga mantenuta la loro fertilità, stanno producendo danni di tale entità da chiedersi se chi ha stabilito certe regole aveva pensato alle conseguenze che avrebbero provocate.

Quali sono infine gli effetti sui deflussi delle pendici montane di attività di utilizzazione e trasformazione forestale?

Per affrontare in modo concreto il problema, sia pure limitatamente ad un tipo di copertura forestale, è stata organizzata da parte della Sezione di Idronomia del Dipartimento di Ingegneria agraria e forestale dell'Università di Firenze, una sperimentazione specifica con prove condotte per circa 20 anni in un ceduo di faggio nella Foresta Demaniale dell'Acquerino (PT).

Sono state appositamente attrezzate tre parcelle di forma rettangolare

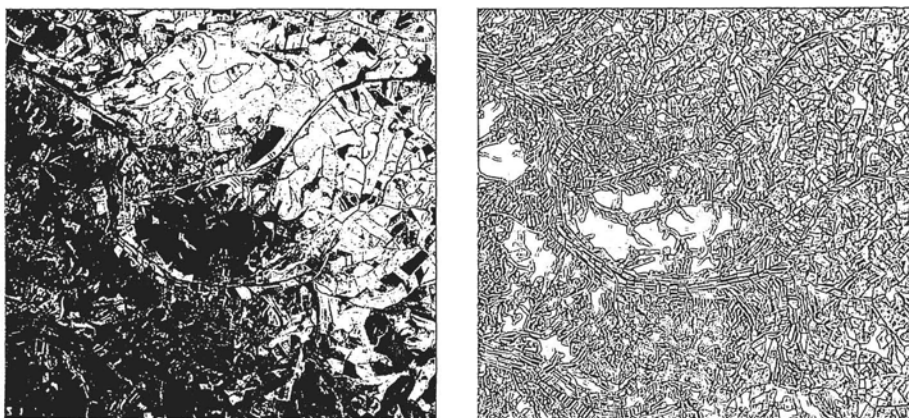


FIG. 2. — Foto aeree di una zona collinare del Valdarno inferiore: la fitta rete sistematoria agraria del 1954 non esiste praticamente più nel 1990.

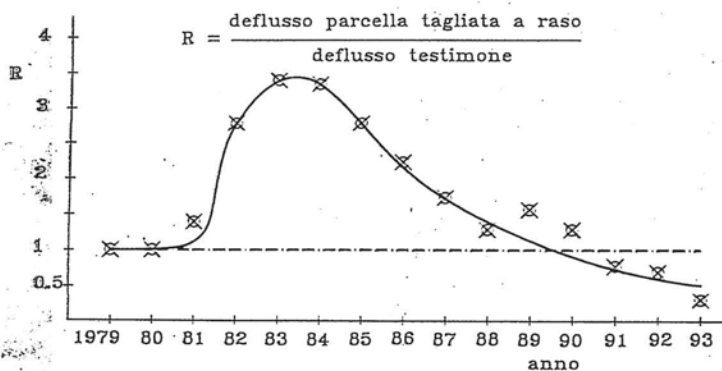


FIG. 3. — Rapporto fra i deflussi integrali annui da una parcella di bosco ceduo di faggio sottoposta a taglio a raso nel 1981 e quelli della parcella «testimone».

della lunghezza di metri 100 nel senso della massima pendenza e della larghezza di m 18, affiancate e distanziate l'una dall'altra di m 3 ed idraulicamente isolate lungo l'intero perimetro.

Le osservazioni hanno avuto inizio nel 1977 e, dopo un periodo di monitoraggio sono stati eseguiti nel 1981 i seguenti trattamenti selvicolturali: taglio di ceduzione a raso con rilascio di matricine nella prima parcella, taglio di avviamento ad alto fusto nella seconda; la terza è stata lasciata invariata come testimone.

Sono stati misurati i deflussi integrali annui fra il 1981 e l'anno in corso (Fig. 3): come si rileva dal grafico il rapporto fra i deflussi derivanti dalla parcella tagliata a raso e quelli della parcella testimone, sono rapidamente aumentati dopo il taglio fino a raggiungere un rapporto massimo di circa 3,5 a 1 nel 1984, dopodiché è iniziata una fase di decrescita con il ritorno alla pratica uguaglianza dei deflussi dopo 9-10 anni; in seguito il rapporto è sceso al di sotto dell'unità mostrando un sensibile miglioramento della tenuta idrologica dell'area: la tendenza alla riduzione del coefficiente di deflusso sembra proseguire.

A commento e interpretazione delle misure fatte si può dire che se l'effetto di incremento dei deflussi dopo il taglio era scontato e in chiave con quanto si afferma generalmente e si è constatato in altre ricerche, non altrettanto si può dire dell'aumento dell'effetto regolante manifestatosi quando ancora il bosco non è tornato alle sue condizioni iniziali.

Tutto ciò non può certo essere direttamente e indiscriminatamente estendibile a tipi diversi di bosco e ad aree più ampie, ma le prove hanno messo in evidenza che l'operazione di taglio non è da considerare in assoluto una pratica negativa, anche se è da ritenere che non si debbano mai raggiungere limiti spaziali troppo ampi nell'intervento ed eventualmente operare su settori da gestire in modo differito nel tempo.



## **COMUNICAZIONI PROGRAMMATE**



## I dissesti - Situazione attuale e problemi di mitigazione

### 1 — Premessa

Il problema dei dissesti è assai complesso sotto molteplici punti di vista. Essi comprendono non soltanto l'erosione, ossia quello più studiato ed analizzato ma anche un'altra serie di fenomeni, apparentemente meno gravi, ma che «alla lunga» possono produrre effetti non facilmente modificabili. Questi dissesti riguardano la contaminazione delle acque di falda per intrusione di acque marine, la salinizzazione dei suoli con uso di acque salmastre, l'inquinamento dei suoli con metalli pesanti di varia provenienza, il consumo dei suoli con l'urbanizzazione ed infrastrutture relative, l'effetto degli incendi, la distruzione della copertura naturale, la riforestazione non idonea all'ambiente, ecc. A questi problemi non viene data spesso la giusta importanza per la lentezza con cui appaiono gli effetti o le conseguenze, per cui vengono frequentemente ignorati.

Tuttavia all'insieme di questi problemi sono stati dedicati numerosi studi nell'ambito di progetti finalizzati, progetti speciali, ricerche nell'ambito universitario, uffici di studio e sperimentazione delle regioni, progetti internazionali della Comunità Europea. Fra questi assume particolare importanza il progetto «MEDALUS» (Mediterranean Desertification and Land Use) finalizzato allo studio della desertificazione e alla sua mitigazione.

La legislazione italiana in questa materia è sempre stata carente. Soltanto con la legge 183/1989 e successivi aggiornamenti, anche se in modo incompleto, sono stati individuati i problemi e le vie di risanamento.

\* Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Cagliari.

Vediamo ora di trattare i più importanti dissesti e la loro importanza nel contesto territoriale italiano e mediterraneo.

## 2 — Principali dissesti e fenomeni di degrado

I dissesti sono numerosi e diversi a seconda del tipo di gestione del territorio o delle caratteristiche ambientali.

a) L'erosione è senza dubbio il più importante e grave fenomeno di dissesto in gran parte del mondo. È il più spettacolare in quanto talvolta comporta problemi di trasporto solido di notevole rilevanza con conseguenze gravi sia a monte che a valle. L'erosione sulle formazioni argillose del Pliocene diffuse nell'Appennino Tosco-Romagnolo, in Calabria, Basilicata e Sicilia, è quella più appariscente e probabilmente quella maggiormente conosciuta e studiata.

L'Accademia dei Georgofili nella sua lunga vita ha dedicato numerose sedute e volumi per far conoscere la fenomenologia e gli interventi per mitigare questi fenomeni. L'Istituto Sperimentale per lo studio e la difesa del suolo, sin dal suo nascere per merito di G. Passerini, illustre membro di questa Accademia, ha dedicato una parte delle sue ricerche a questo problema ed alla sistemazione dei versanti. Il C.N.R., soprattutto attraverso il Progetto Finalizzato alla Conservazione del suolo ha raccolto numerose esperienze in tutto il territorio nazionale. La Facoltà di Agraria nell'ambito dell'attività dell'Istituto di Agronomia e Geologia Applicata hanno contribuito non poco alla conoscenza di questi fenomeni.

Su questo argomento ed in questa sede hanno riferito i colleghi ed amici, Chisci, Rodolfi e Torri, sia pure sotto punti di vista differenti: agronomici e fisici.

In Italia non mi pare sia stata ampiamente studiata l'erosione meno spettacolare a carico di altre tipologie pedologiche, e cioè in quelle condizioni ove la pedogenesi è estremamente lenta e dove i substrati sono scarsamente alterabili. Ci si riferisce in questo caso a substrati litardi quali quarziti, arenarie, dolomie, graniti, basalti, trachiti, lipariti ecc.

Spesso i suoli derivati da queste rocce hanno un debole spessore, talvolta a tessitura tendenzialmente franco-sabbiosa, scarsa aggregazione, spesso con bassa saturazione in basi e fertilità modesta.

Tali suoli in condizioni naturali risultano abbastanza stabili se esistono situazioni di equilibrio con la copertura vegetale (pascolo naturale, macchia, bosco). Il contenuto in sostanza organica, in questi casi, rappresenta la com-

ponente fondamentale della stabilità della struttura, del suolo contro l'erosione ed è il regolatore fondamentale e insostituibile della regimazione dei deflussi. In lunghi anni di indagini e ricerche, ove tali ecosistemi sono ben conservati, si è osservato che non si verificano fenomeni erosivi, piene, esondazioni, sedimentazioni anche in occasione di grandi eventi di piogge critiche considerati eccezionali.

Intanto occorre riesaminare se veramente si tratta sempre di eventi eccezionali in quanto la maggior parte di quelli considerati tali sono normali e ricorrenti come dimostrano i dati delle serie storiche per tutto il territorio nazionale.

Gli ultimi eventi verificatisi nell'Italia del Nord (Piemonte e Lombardia) hanno dimostrato ampiamente, che i danni derivano non solo dall'eccezionalità dell'evento a causa dell'irrazionale uso del territorio, come vedremo successivamente.

Infatti i tempi di ritorno di simili eventi comprendono un numero esiguo di anni senza una periodicità: i problemi nascono soprattutto ove gli ecosistemi suolo-pianta-clima subiscono modificazioni per l'alterazione di un componente.

Le cause di tale alterazione sono in generale di origine antropica come dimostrano le esperienze effettuate nell'ambito del Mediterraneo.

La sedimentazione nel contempo rappresenta la conseguenza più grave in quanto determina i veri disastri nelle aree di pianura ove più intensa è l'antropizzazione.

### 3 — Gli incendi

Gli incendi sono diffusi in tutto il Paese ma soprattutto nelle aree più mediterranee ed in particolare lungo le coste e nelle isole. Essi si manifestano principalmente a carico dei boschi e dei pascoli e subordinatamente sulle colture agrarie.

L'impatto degli incendi sul suolo e come causa predisponente all'erosione, ossia ai dissesti, è stato più volte affrontato da vari studiosi e particolarmente in Sardegna. Nell'ambito del progetto «Conservazione del suolo» furono rilevati con una ricerca quinquennale i risultati sulla vegetazione e sui suoli (A. Aru, I. Camarda) a livello di bacino, e ricerche puntuali (G. Giovannini) sull'azione dei prodotti degli incendi sul suolo e sull'erosione.

I cambiamenti della vegetazione sono stati affrontati da I. Camarda, per varie parti della Sardegna.

Nell'ambito del progetto MEDALUS della CEE, questi problemi sono stati ripresi, per verificare l'influenza che essi hanno sulla desertificazione, le cause degli incendi ed eventuali rimedi.

Una sintesi sull'entità e distribuzione degli incendi in Sardegna è rappresentata dalla tabella seguente.

Tabella 1 - Statistica generale degli incendi recenti in Sardegna  
(Fonte: Assessorato Difesa Ambiente - R.A.S.)

Anno	Numero di incendi	Superfici (Ha)			Totale
		Boschi	Pascoli	Altro	
1984	2.155	1.563	n.d.	n.d.	17.327
1985	4.895	9.121	45.227	2.635	56.983
1986	3.282	4.229	31.035	6.133	41.397
1987	3.809	7.607	27.141	1.001	35.749
1988	3.239	9.433	40.417	3.925	53.775
1989	1.770	6.883	18.006	1.125	26.014
1990	2.911	6.309	26.823	939	34.071
1991	4.382	5.462	37.859	5.572	48.893
1992	4.937	5.775	25.686	1.711	33.172
1993	4.558	24.378	50.162	4.678	79.218
1994	3.857	17.064	48.208	5.907	71.176

Il numero degli incendi tende ad aumentare nel tempo sia a carico dei boschi che a carico dei pascoli. Dalla tabella risulta che a livello di superficie, l'incendio, colpisce soprattutto le aree destinate al pascolo. Questo aspetto deriva dal fatto che molti pascoli si trasformano nel tempo in una macchia bassa, che impedisce lo sviluppo della flora pabulare. In questi casi l'incendio resta la forma più «a buon prezzo» e «tradizionale» per il recupero delle aree a pascolo.

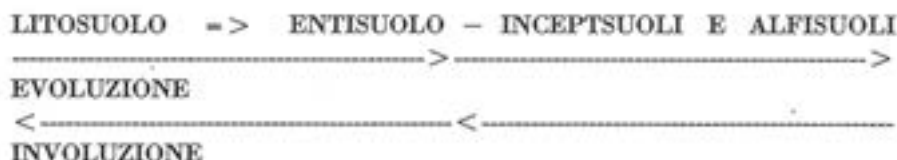
L'incendio dei boschi, nella maggioranza dei casi ha avuto come scopo l'ampliamento delle superfici pascolive ed in misura minore concorre il dolo o cause accidentali.

Fra queste nel 1994 si segnala l'incendio dell'area del Montiferru, aree comprese nella provincia di Nuoro ed Oristano e che ha attraversato circa 17000 ettari di bosco in una giornata.

Il dissesto susseguente all'incendio è facilmente prevedibile: erosioni intense nelle varie forme, problemi di sedimentazione a valle, peggioramento della regimazione delle acque, difficoltà di ricostituzione della copertura vegetale ecc.

L'aspetto più grave rimane comunque l'erosione, che, col ripetersi degli incendi in un certo numero di anni fa scomparire il suolo.

Nei boschi del Mediterraneo l'evoluzione ed involuzione del suolo è rappresentato dal seguente schema.



In questo quadro è evidente il ruolo che ha la copertura vegetale e la sostanza organica nei suoli. Tale ruolo è estremamente differente sulle varie tipologie pedologiche e sui diversi substrati. Lo studio sull'erosione e sui dissesti sarebbe privo di significato se non si tenesse conto dei differenti ambienti nel loro complesso. Fra questi si vuole ricordare la gravità del dissesto nelle aree coperte da sughere a causa di incendi, sovrappascolamenti e coltivazioni.

L'utilizzazione di queste aree con sistemi agricoli, con arature e coltivazione di erbai, e con gli incendi, sta determinando la scomparsa da queste formazioni che sono peculiari del Mediterraneo.

Un ecosistema forestale non può essere trasformato in un sistema agricolo, pena la sua scomparsa.

Il sughero è ormai un prodotto strategico, il cui trend di produzione tende a diminuire col tempo.

Gli incendi colpiscono ugualmente i boschi impiantati artificialmente, quali Eucaliptus, Pini, ecc. Nei casi di boschi monospecifici, il problema del dissesto appare ancora più grave rispetto agli altri. Mancano infatti le varie componenti del bosco, che determinano una miglior copertura, un maggior accumulo di sostanza organica elemento fondamentale della stabilità e quindi la possibilità di ricostituzione.

#### 4 — I rimboschimenti con specie esotiche

A partire dagli anni '50 in Italia, come in altri Paesi comunitari si è avuta un'esplosione di rimboschimenti monospecifici con specie esotiche e soprattutto con Pini di differenti specie, Eucaliptus ed altre.

La tecnica degli impianti viene effettuata prevalentemente o con arature andanti, o con apertura di gradoni, o buche nelle peggiori condizioni eliminando nella maggioranza dei casi, tutta la vegetazione naturale.

Ciò che appare grave è che tali impianti, in fase di progettazione non sono supportati da uno studio di fattibilità che derivi da un'indagine di suscettività, ossia dal confronto tra esigenze d'uso e qualità del territorio.

Su alcune aree campione in Sicilia (Dazzi e Raimondi, 1993) ed in Sardegna (A. Aru, P. Baldaccini, A. Vacca, 1993-94) sono state effettuate analisi di suscettività sulla base delle esigenze delle varie specie e le caratteristiche ambientali. Nella maggioranza dei casi le aree rimboschite non sono idonee per queste specie. Gli accrescimenti sono infatti assai modesti e molto al di sotto dei minimi marginali sotto l'aspetto economico.

Su alcune specie, quali appunto il *Pinus radiata* a causa delle difficoltà ambientali, oltre allo scarso incremento corrente, si associa una debolezza delle piante da renderle così facilmente preda di malattie o di attacchi parassitari e determinarne la morte. Molti di questi rimboschimenti, hanno dato un risultato assai modesto ed in taluni casi sono scomparsi per malattie, incendi, sovrappascolamenti, eccesso di umidità.

In molti casi, a causa dei dissesti verificatisi con gli interventi o dopo gli incendi, attualmente non esiste più suolo che consenta o un reimpianto o la ricostituzione naturale.

## 5 — L'attività di cava in alveo e lungo le alluvioni recenti

Fra le maggiori cause di dissesti nel nostro paese, sono da ricordare le attività di cava per estrazione di inerti per usi ingegneristici, nelle alluvioni recenti e negli alvei.

Tale attività determina dei gravi dissesti sia a livello di erosione ed inondazione sia a livello dei consumi di suoli.

La modificazione del profilo di equilibrio è spesso causa di gravi dissesti in tutto il territorio nazionale.

Nell'ambito del progetto MEDALUS è stata esaminata l'attività di cava nel bacino del Rio S. Lucia, nella Sardegna Meridionale. L'indagine si è svolta esclusivamente nella parte meridionale del bacino.

Nella tabella seguente (Tab. 2 e Fig. 1) viene indicato il consumo di ettari e metri cubi limitatamente alla parte bassa della valle, del Rio S. Lucia. Le unità di paesaggio sono state inserite in classi di capacità d'uso per evidenziare l'importanza dei suoli nell'attività di cava. Dalla tabella risulta infatti che i suoli appartenenti alla I e II classe sono interessati dall'attività estrattiva per il 95%.

Nella figura n. 1 può vedersi con maggior precisione quali sono i suoli maggiormente interessati dall'attività di cava (Typic Xerofluventes e Fluventic Xerochrepts). Tutte le alluvioni recenti sono soggette a sfruttamenti di questo tipo con conseguenti dissesti, inondazioni, erosione di fondo ecc.

Tabella 2 - Consumo dei suoli dovuto all'attività estrattiva di cava nella piana alluvionale del Rio Santa Lucia (Puddu e Lai, 1993)

Classi di capacità d'uso	Consumo parziale delle singole unità			
	Ha	% relativa	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> Ha <sup>-1</sup>
VII-VI	8.40	3.24	25.200	3.000
III-IV	2.60	1.04	19.500	7.500
II-I	248.00	95.75	1.860.000	7.500

La causa delle inondazioni in molte parti d'Italia è da correlarsi spesso a questo fenomeno.

## 6 — L'intrusione di acque marine e la salinizzazione delle falde

Fra i dissesti di maggior entità nelle aree costiere di tutto il bacino del Mediterraneo, la contaminazione delle falde ha assunto una gravità notevole.

La causa va ricercata nella sovrautilizzazione delle falde con prelievo in quantità maggiori rispetto alla ricarica.

Spesso i progetti di sviluppo (agricolo, turismo, industria, urbanizzazione, ecc.) non tengono conto della limitatezza della risorsa né dei rischi. Questo fatto ha portato alla salinizzazione di suoli su vaste superfici agricole soprattutto nelle pianure alluvionali più vicine al mare, con elevate perdite di prodotti e redditi.

Alcuni insediamenti turistici, versano in gravi difficoltà di gestione o per la mancanza d'acqua o per l'eccesso di salinità.

Le industrie più vicine alle coste (es. raffinerie) sono talvolta costrette ad acquistare l'acqua e trasportarla in navi-cisterna.

## 7 — Inquinamento di metalli pesanti

Un fenomeno assai diffuso, ma nello stesso tempo circoscritto alle aree industriali e minerarie è rappresentato dall'inquinamento dei metalli pesanti.

L'entità del dissesto in certi casi arriva a valori così elevati tali da considerare certe aree come desertificate in quanto hanno perso qualsiasi possibilità di sostenere la vita biologica.

Un esempio è dato dalle aree minerarie della Sardegna ove, dopo l'abbandono ha portato ad un'erosione e crolli delle discariche di fanghi degli impianti di flottazione.

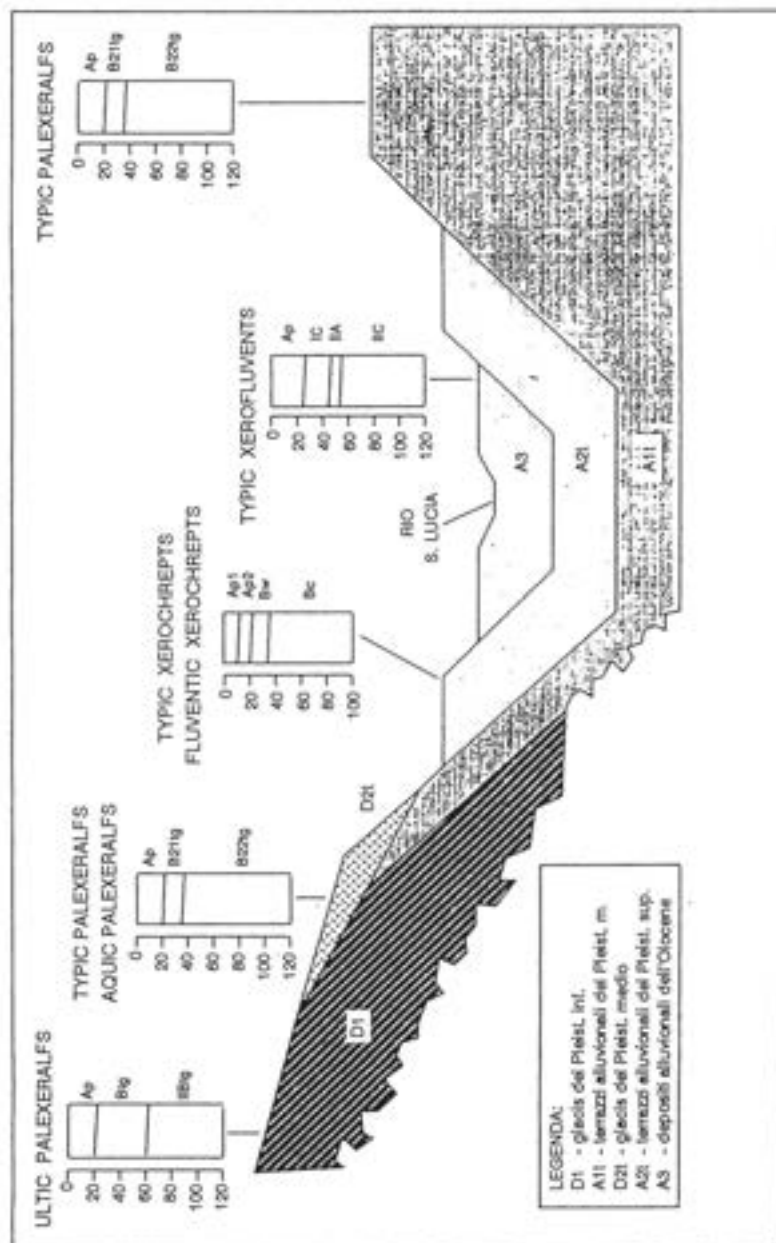


FIG. 1. — Schema dei suoli presenti nella piana del Rio Santa Lucia (Capoterra).

Tali fanghi ricchi di metalli si riversano nei fiumi, sui suoli, nelle falde, nelle lagune ed in mare. Difficile appare calcolare la quantità stimata in molte decine di milioni di metri cubi.

Sui suoli lungo le alluvioni del Rio Sitzzerri a valle della miniera di Montevicchio (in provincia di Oristano) presentano i seguenti valori.

Tabella 3 - Valori totali di metalli pesanti presenti negli orizzonti superficiali di un suolo rappresentativo della piana del Rio Sitzzerri (Sardegna centro-meridionale)  
(Fonte: Aru et Al., 1994)

Orizzonte	Profondità cm	As Tot. (ppm)	Cd Tot. (ppm)	Cr Tot. (ppm)	Fe Tot. (ppm)	Pb Tot. (ppm)	Zn Tot. (ppm)	Cu Tot. (ppm)	Mn Tot. (ppm)	Hg Tot. (ppm)
A1	0-10	37	37,5	28,5	58,8	3950	5750	288	3500	2,1
A2	10-20	33	40,0	42,5	66,5	7625	5750	358	3500	2,2

## 8 — L'urbanizzazione

Fra le cause che hanno determinato e determinano i maggiori dissesti in Italia ed in tutto il Mediterraneo, l'urbanizzazione non pianificata è certamente una fra le più gravi.

In questo contesto nello sviluppo urbano è compreso sia lo sviluppo delle città, sia le aree destinate all'uso industriale, commerciale e turistico.

Questo aspetto è stato messo in evidenza nel Progetto Finalizzato alla «Conservazione del Suolo» con uno studio sui consumi dei suoli nel Comune di Cagliari e Hinterland. Da tale indagine risulta che il consumo più elevato è a carico dei suoli a maggior capacità d'uso, mentre assai scarso è quello relativo ai suoli a bassa idoneità per l'agricoltura.

Tabella 4 - Consumo di aree agricole in seguito all'espansione urbana ed industriale nell'hinterland di Cagliari (Fonte: Aru et Al., 1983)

Classi di capacità d'uso	Consumo percentuale dal 1954 al 1977
I	37,19%
II	23,07%
III	52,06%
IV	6,62%
VIII	35,12%

Un'indagine anche superficiale in tutte le aree pianeggianti e costiere del Paese dimostra l'entità e la gravità dell'espansione urbanistica spontanea ed incontrollata. Parte delle piante più importanti sono state urbanizzate.

Le città lineari si sono sviluppate lungo le coste anche in aree inondabili con elevata frequenza, villaggi turistici sono stati costruiti in suoli ad elevata capacità produttiva per l'agricoltura.

A queste situazioni si collegano problemi di inondazioni e sedimentazioni nei nuclei abitativi, di distruzione di industrie e agglomerati commerciali, danni alle popolazioni quasi sempre con conseguenze catastrofiche.

Questi fenomeni sono messi ancor più in evidenza dagli ultimi eventi considerati eccezionali ma che tali non sono.

Come detto in precedenza gli eventi critici si ripetono nel nostro clima con una normale periodicità.

L'esempio della Regione Campania ove aree fertilissime sono state totalmente o parzialmente distrutte è uno fra quelli più evidenti di consumo di risorse pedologiche di elevatissimo valore.

Altro esempio la Conca d'Oro di Palermo e la piana di Gioia Tauro.

A questi danni si sommano spesso quelli relativi alla sovrautilizzazione delle falde con diffusi fenomeni di salinizzazione ed inquinamento.

## 9 — La legislazione a livello nazionale

La legislazione relativa alla difesa del suolo nel passato ha avuto un carattere soprattutto di tipo idraulico, difesa dei corsi d'acqua, delle opere idrauliche e dei versanti. La legge 183/89 indica le norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo, in un senso ampio del termine. In questo quadro generale tuttavia la legge vede ancora nella difesa delle acque il maggior interesse della difesa del territorio.

La legge tuttavia porta delle notevoli novità che consistono in:

- istituzione Direzione generale della difesa del suolo;
- istituzione dei Servizi tecnici nazionali presso la Presidenza del Consiglio;
- l'attribuzione di funzioni alle regioni e all'autorità di bacino;
- l'istituzione del piano di bacino di livello nazionale, interregionale e regionale.

Alla legge sono seguite numerose modifiche e miglioramenti con diversi decreti legge:

- decreto legge 13 giugno 1989 - n. 227 che vara i provvedimenti urgenti per la lotta all'eutrofizzazione delle acque costiere del mare Adriatico e per eliminarne gli effetti;
- legge 28 agosto 1989 n. 305 - Programmazione triennale per la tutela dell'ambiente;

- legge 7 agosto 1990 n. 253 - Disposizioni integrative della legge 18 maggio 1989 n. 183, recante norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo;
- decreti vari sulla costituzione delle autorità di bacino di interesse nazionale e l'attuazione della legge 18 maggio 1989 - n. 183, ha avuto un avvio molto interessante, con ampie discussioni in seno al Comitato Nazionale, nell'ambito del quale sono state insediate le varie sottocommissioni. Queste hanno diversi compiti, dagli studi alla pianificazione.

La 1<sup>a</sup> Commissione, a cui partecipa chi scrive, ha elaborato, ad es., i «criteri per la redazione dei piani di bacino», approvati dal Comitato Nazionale da oltre un anno, ma non ancora pubblicati in G.U.

Tali direttive sono così articolate:

- 1 — Ricerca sullo stato delle conoscenze
  - Descrizione dell'ambiente fisiografico
    - individuazione del bacino;
    - morfologia, geologia, pedologia ed idrologia del bacino ed uso del suolo;
    - climatologia ed idrologia;
    - sedimentologia e trasporto solido.
  - Normative e caratterizzazione delle ripartizioni amministrative
  - Descrizione dell'ambiente antropico;
  - Utilizzo delle acque;
  - Censimento degli scarichi nei corpi idrici;
  - Censimento delle opere di difesa;
  - Stato di manutenzione e di efficienza delle opere.
- 2 — Individuazione degli squilibri
  - Risorsa idrica
  - Risorsa suolo
  - Risorse dell'ambiente acquatico
  - Attività estrattive
  - Attività insediative
  - Situazione a rischio idraulico, geologico e sismico
  - Caratterizzazione degli squilibri
- 3 — Azioni propositive
  - Obiettivi
  - Elaborato di piano

- I piani di bacino e gli altri strumenti di pianificazione
- Rapporti di intervento e priorità
- Formulazione del catalogo nazionale.

Purtroppo come spesso accade le buone leggi hanno una vita difficile. Di fronte all'entusiasmo iniziale, c'è oggi, un rallentamento in tutto soprattutto all'interno del Min. dei LL.PP.

## 10 — Conclusioni

Ognuno dei dissesti indicati meriterebbe una trattazione a se stante, data l'importanza del fenomeno. Comunque da questa breve descrizione appare evidente come i dissesti nel nostro Paese siano diversi. Di questi alcuni sono noti da tempo, altri non sono stati mai affrontati. Alcuni fra loro sono fortemente collegati ed interdipendenti, per cui occorre affrontarli in modo globale.

Esiste pertanto una necessità di continuare le ricerche al fine di individuare i mezzi per mitigare i fenomeni di degradazione e desertificazione.

Resta in tutti i casi molto chiaro il concetto che senza una pianificazione effettuata sulla base delle conoscenze, il degrado continuerà sino al deserto.

RICCARDO BUTI

## Comunicazione della A.N.E.G.R.I.

Desideriamo ringraziare l'Accademia dei Georgofili e l'Accademia di Scienze Forestali per averci concesso la possibilità di portare il nostro contributo a questa Giornata di Studio.

Esattamente un mese fa, il 7 novembre 1994, si è costituita l'Associazione Nazionale Esperti Gestione Risorse Idriche (A.N.E.G.R.I.). La fondazione di questa associazione, che cade in un momento in cui particolarmente è sentita l'esigenza di riordino del settore idrologico, è il frutto di un lungo iter. Infatti in questa Associazione si sono riuniti un gruppo di Liberi Professionisti e di personale del pubblico impiego che la Regione Toscana ha voluto preparare attraverso un Corso di Formazione Professionale quali tecnici della gestione della risorsa idrica, dell'irrigazione e del drenaggio. Questi tecnici hanno voluto che le capacità professionali acquisite non venissero disperse, ma potessero essere ampliate e valorizzate.

Il problema della gestione della risorsa idrica infatti è divenuto nel nostro territorio particolarmente difficile: infatti se nella stagione estiva spesso registriamo carenza di acqua, per contro nella stagione autunno-invernale abbiamo problemi di regimazione con alluvioni e straripamenti. A ciò si possono aggiungere la salinizzazione delle falde in certe zone e l'inquinamento.

Strettamente connessa alla gestione delle acque si colloca la difesa del suolo, infatti il problema si pone nel suo complesso come dissesto idrogeologico.

Per ovviare a questi problemi concordiamo che la Pianificazione Territoriale sia lo strumento preventivo da privilegiare.

Per quanto concerne la realizzazione degli interventi sul territorio, la Regione Toscana ha individuato con propria Legge, la n. 34 del 5.5.1994,

i Consorzi di Bonifica quali enti gestori della manutenzione dello stesso, in particolare assegnandogli la competenza di redigere i «Piani Generali di Bonifica», in cui sono delineate sia le linee di intervento (art. 8), sia le specifiche opere di bonifica da realizzare (art. 9).

Queste competenze sono proprie anche delle Comunità Montane sia nelle funzioni esercitate come Consorzi di Bonifica (competenza specifica attribuitagli dalla Legge 34/94 art. 53) sia per ordinamento giuridico proprio (Legge Regionale del 18/8/1992 «Riforma e riordino delle Comunità Montane» art. 3).

Affiancati a questi non si deve dimenticare l'opera del Genio Civile e di tutti gli altri Enti, ognuno per i propri settori di intervento.

Ai Consorzi di Bonifica sono poi demandate competenze relative all'utilizzo delle risorse irrigue sia dalla legislazione regionale (Legge Regionale 34/94 art. 54), sia dalle Leggi Nazionali (Legge 36 del 5/1/1994 art. 27, meglio conosciuta come Legge Gallo). In particolare proprio nell'uso irriguo viene indicata una delle cause dello spreco della risorsa idrica.

A questo punto è necessario chiedersi quali devono essere i criteri per la redazione prima e per la realizzazione poi dei progetti.

Sul territorio e sull'ambiente in generale grava una troppo complessa legislazione in cui si accavallano vincoli, norme, ecc. trascurando in molti casi l'elemento prettamente tecnico, quando invece proprio quest'ultimo dovrebbe essere il fattore determinante sulla scelta dell'intervento. Spesso si progetta più seguendo gli aspetti giuridici che non quelli tecnici.

A nostro avviso, occorrerebbe quindi in primo luogo rivalutare l'elemento tecnico come elemento guida di qualsiasi scelta, e ciò è possibile esclusivamente quando sono coinvolti staff di tecnici che possano dare risposte totalmente esaustive alla complessità dei problemi trattati. In tali gruppi di lavoro occorreranno pertanto le competenze di Ingegneri, Geologi, Architetti e Geometri, ma anche quelle specifiche dei Dottori Agronomi e Forestali, in particolare per quanto concerne la redazione di progetti inerenti alla canalizzazione della rete scolante e le opere di regimazione dei corsi d'acqua, gli impianti di sollevamento delle acque, le opere di captazione, provvista, adduzione e distribuzione delle acque utilizzate a prevalenti fini agricoli e quelle intese a tutelarne la qualità, le opere per la sistemazione funzionale delle pendici e dei versanti, le opere per il contenimento del dilavamento e dell'erosione dei terreni, le opere per la sistemazione idraulico-agraria e per la moderazione delle piene, le infrastrutture di supporto per la realizzazione e la gestione di tutte le opere predette, interventi specificatamente elencati nella citata Legge Regionale n. 34/94.

Troppe volte si sono avute sterili quanto vuote polemiche fra le varie

categorie professionali su conflitti di competenza o quanto meno di priorità; in realtà quando il problema è così vasto occorre che tutte le figure professionali siano presenti, ognuno curando l'aspetto più specifico, questo soprattutto per motivi di impostazione culturale.

Riteniamo infatti che sia estremamente controproducente entrare in conflitto fra le varie professionalità, anzi per una migliore predisposizione degli interventi sul territorio ognuno deve apportare il proprio contributo. E quindi è del tutto ovvio che la predisposizione per la realizzazione delle grandi opere sia appannaggio di Ingegneri, così come ai Geologi spetti lo studio di fattibilità e di intervento in ordine a questioni geotecniche; inoltre che siano competenza dell'Architetto le valutazioni sulle interazioni fra le aree urbane e non, mentre insostituibile è la capacità operativa del Geometra. Ma certe considerazioni di ordine economico, biologico e tecnico possono essere esplicate al meglio da Dottori Agronomi e Forestali.

Infatti un territorio può vivere esclusivamente se riusciamo a garantirvi un certo grado di attività della popolazione, e ciò si verifica solo se si realizzano certe condizioni. Infatti basti pensare alle numerose aree marginali di cui la Toscana è ricca ed in cui si è verificato l'abbandono soprattutto per cause economiche. Queste sono quelle aree che sono andate maggiormente incontro al dissesto idrogeologico con i problemi che tutti possono vedere. Aree che potrebbero essere risistemate e recuperate a funzioni produttive alternative tali da consentire il proprio automantenimento. Ad esempio aree da destinare all'agriturismo, all'arboricoltura da legno, alla castanicoltura, alla produzione di carni alternative, all'attività faunistico venatoria, alla tartuficoltura e così via. Al di là del mero vantaggio economico conseguibile si avrebbe un territorio salvaguardato dai rischi idrogeologici, senza peraltro tralasciare la funzione sociale, ricreativa, paesaggistica che verrebbe ad acquisire.

Nella predisposizione degli interventi, affinché questi siano realizzati con successo, è necessario fare valutazioni di ordine economico, botanico, tecnico in cui i Dottori Agronomi e Forestali devono dare il proprio contributo.

In un paese in cui la cura del patrimonio ambientale è così malamente gestita, in cui ci si lamenta che il personale tecnico qualificato sia scarso, che bassa sia la percentuale di laureati soprattutto in materie scientifiche, è poco comprensibile che quelle professionalità che già ci sono non si riesca a trovare il modo di utilizzarle.

Se si perdona il paragone sportivo, in una squadra ben assortita occorre che tutti i ruoli siano coperti, dal portiere, al regista fino all'attaccante, paragone sportivo che non è fatto a caso, se si pensa al monumento nazionale

di assenza di collaborazione fra le varie figure professionali: lo Stadio di San Siro. Uno stadio in cui non ci si avvale all'inizio delle competenze tecniche dei Dottori Agronomi e Forestali, con i risultati che tutti oggi conosciamo: partite di calcio fra le squadre più forti del mondo che si trasformano in battaglie nel fango.

Pertanto a conclusione della presente esposizione chiediamo: agli accademici di continuare a studiare con lo stesso impegno profuso i termini dei problemi e ai pubblici amministratori poche e chiare regole che permettano di poter disporre in modo chiaro gli interventi sul territorio in modo che ogni professionalità possa apportare la propria specifica competenza di cui deve assumersi le proprie responsabilità.

## Considerazioni conclusive

La regimazione delle acque nella sua più ampia accezione, è un problema permanente che riflette la rapida dinamica dei fenomeni naturali e la plurimillennaria pressione antropica e che va affrontato con approccio integrato, cioè con una stretta e continua collaborazione interdisciplinare.

Le attività agro-silvo-pastorali, quali parte di un sistema produttivo e sociale articolato, sono fattori essenziali per l'equilibrio dell'ambiente.

La situazione odierna, particolarmente precaria in molte plaghe, è dovuta anche a errori ed omissioni ad ogni livello, a ritardi ed inefficienze, a concessioni imprudenti e pericolose.

Vi è assoluta esigenza di attenti e continuati controlli su tutto il territorio, anche per valutare le variazioni della pressione antropica e gli effetti dei «cambiamenti» climatici globali registrati a livello planetario, attraverso servizi univoci in grado di raccordare le acquisizioni scientifiche con le applicazioni tecniche.

Sono necessari nuovi lavori, ma anche una buona e tempestiva manutenzione di quanto è già stato realizzato. Per fare questo occorreranno finanziamenti adeguati e soprattutto ininterrotti.

Le varie competenze dovranno essere coordinate fra loro, cosa che sinora nel nostro Paese è parsa difficile. Le esperienze e le forze per fare tutto questo non mancano, occorre però una politica d'intervento che consenta di dare tranquillità, occupazione e certezze, anche se nell'immediato potrebbe essere considerata apparentemente «poco produttiva».



## Bibliografia

- ALLEN B.D., ANDERSON R.Y. (1993), *Evidence from Western North America of rapid shifts in climate during last glacial maximum*, «Science», 260, 1920-1922.
- ALMACIÀ R. (1907), *Studi geografici sopra le frane in Italia*, «Mem. R. Soc. Geogr. It.», 13 (342 p.), 14 (431 p.).
- ALMACIÀ R. (1910), *Studi geografici sulle frane in Italia*, vol. II, Roma.
- ANKENBRAND E., SCHWERTMANN U. (1989), *The land consolidation project of Freinhausen, Bavaria*, in U. Schwertmann, R.J. Rickson (Eds.), *Soil erosion protection measures in Europe*, «Soil technology», series 1, 167-173.
- AUSSENAC G., BOULAUCEAT C. (1980), *Interception des précipitations et évapotranspiration réelle dans des peuplements de feuillus (Fagus silvatica L.) et de résineux (Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco)*, «Annales des Sciences Forestières», 37.
- AUSSENAC G., GRANIER A., NAND R. (1982), *Influence d'une éclaircie sur la croissance et le bilan hydrique d'un jeune peuplement de Douglas (Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco)*, «Can. J. For. Res.», 12.
- AUTORITÀ DEL BACINO DEL PO (1993), *Alluvione del settembre 1993 - analisi del fenomeno e programmi di intervento*, Notiziario n. 4, anno II.
- BONDESAN M. (1989), *Geomorphological hazards in the Po delta and adjacent areas*, in EMBLETON, FEDERICI & RODOLFI (eds), *Geomorphological Hazards*, «Suppl. Geogr. Fis. Din. Quat.», 2.
- BORGHETTI M. (1992), *Relazioni idriche: dall'albero alla foresta*, Pubblicazioni dell'Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze.
- BORK H.R. (1989), *The history of soil erosion in Southern Lower Saxony*, in H. Rohdenburg *Memorial Symposium: Abstracts and excursion guide*, «Braunschweig», 30 agosto-2 settembre 1989, 135-164.
- BRANDT C.J. (1989), *The size distribution of throughfall drops under vegetation canopies*, «Cattena», 16, 507-524.
- BRANDT C.J. (1990), *Simulation of the size distribution and erosivity of raindrops and throughfall drops*, «Earth Surface Processes and Landforms», 15, 687-698.
- BURCH G.J., BATH R.K., MOORE I.D., OLOUGHLEN E.M. (1987), *Comparative hydrological behaviour of forested and cleared catchments in Southeastern Australia*, «Journal of Hydrology», 90.

- BUTTAFUOCO G. (1993), *Bilan de la production d'érosion des marnes noires dans le bassin versant du Brusquet*, Rapport de stage, CEMAGREF - Division protection contre les érosions, Grenoble.
- CALAMINI G., FALCIAI M., GIACOMINI A., GRAZI S. (1987), *Misura delle influenze di un bosco ceduo sui parametri idrologici (III Rapporto)*, Atti del Convegno *Dinamica dell'acqua nel terreno e bilancio idrologico nei bacini agro-forestali*, Associazione Italiana del Genio Rurale, Padova.
- CANUTI P., GARZONIO C.A. & RODOLFI G. (1979), *Dinamica morfologica di un ambiente soggetto a fenomeni franosi e ad intensa attività agricola*, «Annali Ist. Sper. Studio e Difesa Suolo», 10, 81-102.
- CANUTI P. & PRANZINI E. (a cura di) (1988), *La gestione delle aree franose*, «Amministrare l'Urbanistica», 28, Ed. Autonomie, Roma, 325 p.
- CANUTI P. (in stampa), *I fenomeni franosi ed i centri abitati instabili in Italia*, Relazione Auletta Deputati Montecitorio, Roma, 1992.
- CAPUTO C., D'ALESSANDRO G., LA MONICA G.B., LANDINI B. & LUPA PALMIERI E. (1991), *Present erosion and dynamics of Italian beaches*, Z. Geomorph. N.F., Suppl. Bd. 81.
- CATTENACCI V. (1992), *Il dissesto geologico e geoambientale in Italia dal dopoguerra al 1990*, «Mem. Carta Geol. Ital.», 67.
- CHIARUCCI A., DE DOMINICIS V., RISTORI J., CALZOLARI C. (in stampa), *Plant communities of biancana badlands in relation to morphology and soil in central Italy*, «Phytology», accettato per la pubblicazione.
- CHIESCI G. (1979), *Considerazioni sulle trasformazioni dei sistemi di agricoltura collinare in relazione al regime idrologico e al dissesto dei versanti*, «Geologia applicata e idrogeologia», Vol. XIV, parte III, Bari, 225-249.
- CHIESCI G. (1980), *Physical soil degradation due to hydrological phenomena in relation to change of agricultural systems in Italy*, «Ann. Ist. Sper. Studio e difesa del suolo», Vol. XI, Firenze, 271-283.
- CHIESCI G. (1986), *Influence of change in land use and management on acceleration of land degradation phenomena in Apennines hilly area*, in G. Chiesci, R.P.C. Morgan (Eds.), *Soil erosion in the European Community*, «Balkema», Rotterdam, 3-16.
- CHIESCI G. (1988), *Pratiche agricole e instabilità dei versanti*, in P. Canuti, E. Pranzini (Ed.), *La gestione delle aree franose*, «Edizioni delle autonomie», 28, 84-105.
- CHIESCI G. (1989), *Measures for runoff and erosion control on clayey soils: a review of trials carried out in the Apennines hilly area*, in U. Schwertmann, R.J. Rickson (Eds.), *Soil erosion protection measures in Europe*, «Soil technology», series 1, 53-71.
- CHIESCI G. (1990), *Ecosistemi forestali ed erosione del suolo*, in *Ambientare lo sviluppo sviluppare l'ambiente*, Seminario Internazionale su *I problemi della difesa del suolo in Italia, parte II: Il bosco e la conservazione del suolo*, Ministero dell'Ambiente, Accademia Italiana di Scienze Forestali, Roma.
- CHIESCI G. (1991), *Regime idrico ed erosione nei «terreni argillosi»*, in R. Mazzanti (Ed.), *La gestione delle aree collinari argillose e sabbiose*, «Edizioni delle autonomie», 30, 93-120.
- CHIESCI G. (1993a), *Interventi tecnici e strategie operative per la difesa del suolo sui versanti in ambiente declive mediterraneo*, in *La difesa del suolo in ambiente mediterraneo*, «ER-SAT», Cagliari, 94-115.
- CHIESCI G., MARTINEZ V. (1993b), *Environmental impact of soil erosion under different cover and management systems*, «Soil technology», Vol. 6, 239-249.
- CIANCIO O. (1981), *I massimi sistemi in selvicoltura*, «Annali dell'Accademia Italiana di Scienze Forestali», vol. XXX: 113-142, Firenze.
- CIANCIO O. (1983), *Considerazioni sul problema ceduo: obiettivi e ipotesi di sviluppo*, «L'Italia Agricola», 120 (4): 87-102.

- GLANCIO O. (1986), *Diradamenti: criteri generali, problemi e tecniche*, «Monti e Boschi», n. 6, 19-22.
- GLANCIO O. (1987), *Interventi selvicolturali nelle aree protette*, Atti del convegno «Parchi e riserve naturali nella gestione territoriale», Viterbo.
- GLANCIO O. (1988), *Il bosco bene di interesse pubblico*, «L'Italia Forestale e Montana», anno XLIII, Fasc. n. 4, 267-270.
- GLANCIO O. (1990), *La gestione del bosco ceduo: analisi e prospettive*, «L'Italia Forestale e Montana», anno XLV, Fasc. n. 1, 5-10.
- GLANCIO O. (1991), *La gestione dei querceti di Macchia Grande di Mansiana: la teoria del sistema modulare*, «Cellulosa e Carta», anno XLII, n. 1, 31-34.
- GLANCIO O., MERCURIO R., NOCENTINI S. (1981), *Le specie forestali esotiche e le relazioni tra arboricoltura da legno e Selvicoltura*, «Annali dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura», vol. XII, 1-103, Arezzo.
- GLANCIO O., ECCHER A., MERCURIO R., NOCENTINI S. (1983), *Tecniche di miglioramento e metodi di conversione e trasformazione*, «L'Italia Agricola», 120 (4), 77-86.
- C.N.R. PROGETTO FINALIZZATO CONSERVAZIONE DEL SUOLO, Atti del congresso conclusivo, Roma, 1982, 403.
- DEL NOCE G. (1849), *Trattato istorico, scientifico ed economico delle macchie e foreste del Granducato Toscano*, Firenze.
- DE PHILIPPIS A. (1970), *La copertura forestale e la difesa del suolo*, «Istituto di Tecnica e Propaganda Agraria», Roma.
- DE PLOKY J., SAYAT J. (1968), *Contribution à l'étude de l'érosion par le splash*, «Z. Geomorph.», 2, 174-193.
- DE PLOKY J. (1989), *Erosional system and perspectives of erosion control in european loess areas*, in U. Schwertmann, R.J. Rickson (Eds.), *Soil erosion protection measures in Europe*, «Soil technology», series 1, 93-102.
- EMBLETON C., FEDERICI P.R. & RODOLFI G. (1989), *Geomorphological hazards: characteristics and human response*, «Suppl. Geogr. Fis. Din. Quat.», (2), 1-3.
- ENGELS O.G. (1955), *Waterdrop collisions with solid surfaces*, «J. of Research of the National Bureau of Standards», 54 (5), 281-298.
- ENGLER A. (1919), *Untersuchungen über den Einfluss des Waldes auf den Stand der Gewässer*, Zurigo.
- FAO (1962), *Forest Influences*.
- FATTORIELLI S. (1982), *Ricerche idrologiche in tre piccoli bacini delle Valli Giudicarie*, «Quaderni di Idronomia Montana», 1, AIDI, Padova.
- FATTORIELLI S. (1987), *Bilancio idrologico nei bacini forestali*, Atti del Convegno *Dinamica dell'acqua nel terreno e bilancio idrologico nei bacini agro-forestali*, Associazione Italiana di Genio Rurale, Padova.
- FAZZINI P. (1985), *Basi e progressi di Geologia Ambientale in Italia*, Bologna, Patron Ed., 152 p.
- FEDERICI P.R. (1980), *Erosive phenomena and hydrogeological disequilibria*, in AA.VV., «Italy, a geographical survey» (24th Int. Geogr. Congr., Tokyo 1980), Pisa, Pacini Ed.
- FEDERICI P.R. (1988), *Spazio fisico e territorio*, Atti XXIV Congr. Geogr. It., Rel. Generale, Bologna, Patron Ed., 361-387.
- FEDERICI P.R. & RODOLFI G. (in stampa), *Geomorphological Hazards in Italy*, in EMBLETON C. (editor), *A World Survey of Geomorphological Hazards - vol. I Europe*, Amsterdam, Ed. Elsevier.
- GAMBI L. (1978), *Le regioni d'Italia. Calabria*, Torino, UTET.
- GATTO P. & CARBOGNIN L. (1981), *The lagoon of Venice: natural environmental trend and man-induced modifications*, «Hydrol. Sci.», Bull. 26.

- GHADIRI H., PAYNE D. (1988), *The formation and characteristics of splash following raindrop impact on soil*, «J. of Science», 39, 563-575.
- GHERARDELLI L., MARONE V. (1968), *Azione della vegetazione e in particolare del bosco sulle piene dei corsi d'acqua*, Atti del Convegno *Le scienze della natura di fronte agli eventi idrogeologici*, Accademia Nazionale dei Lincei, Roma.
- GIACOMINI A., TRUCCHI P. (1992), *Rainfall interception in a beech coppice (Acquerino, Italy)*, «Journal Forestry», 137.
- GIACOMINI V. (1964), *Equilibri biologici e produttività biologica delle foreste*, «Annali Accademia Italiana di Scienze Forestali», vol. XIII, Firenze, 17-35.
- GIANDOTTI M. (1916), *Boschi e acque*, Roma.
- GOVERS G. (1992), *Evaluation of transporting capacity formulas for overland flow*, in *Overland flow - Hydraulics and erosion mechanics*, a cura di A.J. Parsons e A.D. Abrahams, London, UCL Press, 243-274.
- GRAH R.F., WILSON C.C. (1944), *Some components of rainfall interception*, «Journal Forestry», 42.
- HARLOW F.H., SHANNON J.P. (1967), *The splash of a liquid drop*, «J. of Appl. Phys.», 38 (10), 3855-3866.
- KERR R.A. (1994), *Ancient tropical climates warm San Francisco gathering (meeting briefs)*, «Science», 263, 173-175.
- IOVINO F., PUGLISI S. (1989), *Il bacino strumentato Bonis tributario del torrente Cino nel versante ionico silano (Calabria)*, «Quaderni di Idronomia Montana», 9, AIDI, Padova.
- IOVINO F., PUGLISI S. (1990), *L'aménagement des reboisements de protection. Un cas d'étude*, Nota presentata al X Congresso Forestale Mondiale, Parigi.
- LAKE E.B., SHADY A.M. (1993), *Erosion reaches crisis proportions*, «Agricultural Engineering», nov. 1993, 8-13.
- LYLES L. (1977), *Soil detachment and aggregate disintegration by wind-driven rain*, in *Soil Erosion, Prediction and Control*, Soil Cons. Soc. of Am., Ankeny, Iowa, 152-159.
- MAF - Direzione Generale Economia Montana e Foreste (1985), *Inventario Forestale Nazionale*.
- MAIONE U. (1977), *Appunti di idrologia, 3. Le piene fluviali*, La Goliardica Pavese.
- MANCINI F. (1975), *Qualche parola sull'evoluzione del suolo e la sua conservazione a seguito dei rimboschimenti*, «Informatore Botanico Italiano», 7.
- MANCINI F. (1978), *Caratteristiche e distribuzione dei terreni argillosi in Italia*, in *L'utilizzazione dei terreni argillosi dell'Appennino*, ISEA, Bologna, 318 p.
- MANCINI F. (1990), *Per il buon governo del territorio*, Seminario Internazionale su *I problemi della difesa del suolo in Italia, parte II: il bosco e la conservazione del suolo*, Ministero dell'Ambiente, Accademia Italiana di Scienze Forestali.
- MANCINI F. (1993), *Prefazione al volume: Conservazione del suolo e meccanizzazione nelle attività di rimboschimento*, SAF, Roma.
- MCCARTHY C.J. (1980), *Sediment transport by rainsplash*, Doctoral dissertation, University of Washington.
- NADEN P. (1987), *An erosion criterion for gravel-bed rivers*, «Earth Surface Processes and Landforms», 12, 83-93.
- NEARING M.A. (1991), *A probabilistic model of soil detachment by shallow turbulent flow*, «Transactions of the ASAE», 34 (1), 81-85.
- NETTI F.S. (1910), *Relazione parlamentare su Basilicata e Calabria*, tomo III, parte prima, Roma.
- NIZINSKI J., SAUCHIER B. (1988), *Mesures et modélisation de l'interception net dans une futaie de chêne*, «Acta Oecologica», 9.
- PALMER R.S. (1963), *The influence of a thin water layer on waterdrop impact forces*, «I.A.H.S. publ.», 65, 141-148.

- PANIZZA M. (1987), *Geomorphological Hazard Assessment and the Analysis of Geomorphological Risk*, «Int. Geomorph.», 1, J. Wiley & S., London.
- PARTY F., BOIFFEN J. (1989), *The use of forming systems for the control of runoff and erosion (Example from a given country with talweg erosion)*, in U. Schwertmann, R.J. Rickson (Eds.), *Soil erosion protection measures in Europe*, «Soil technology», series 1, 29-38.
- PAYAN M. (1966), *La natura presenta i conti all'umanità imprevedibile*, Libro bianco Foreste ed Alluvione, Roma.
- POESEN J. (1986), *Field measurements of splash erosion to validate a splash transport model*, «Z. Geomorph. N.F.», Suppl. Bd. 58, 81-91.
- POESEN J., SAVAT J. (1981), *Detachment and transportation of loose sediments by rain-drop splash: part II - detachability and transportability measurements*, «Catena», 8, 19-41.
- POSTPISCHL D., BRANO A., ESPOSITO E.G.I., FERRARI G., MARTURANO A., PORFIDO S., RINALDIS V. & STUCCHI M. (1985), *The Irpinia earthquake of November 23, 1980*, Atlas of Iso-seismal maps of Italian Earthquakes, CNR Prog. Fin. Geodinamica, Bologna.
- PUGLISI S. (1986), *Sistemazione del suolo nel Mezzogiorno*, «Monti e Boschi», 2.
- PUGLISI S., CINNIBELLA S. (1991), *Valutazione degli effetti di interventi sistematori sull'attuazione di eventi idrologici estremi in bacini di torrenti silani con foce allo Ionio*, CNR GNDCL, Rapporto 1989.
- REGONALD J.P., PALMER A.S., LOCKHART J.C., MACGREGOR A.N. (1993), *Soil quality and financial performance of biodynamic and conventional farms in New Zealand*, «Science», 260, 344-349.
- RENALDI G. (1966), *Considerazioni sui problemi delle alluvioni, dei fiumi e delle erosioni del suolo in Italia*, Libro bianco Foreste ed Alluvione, Roma.
- RENALDI G. (1969), *Movimenti franosi in Italia*, «Ministero Lavori Pubblici», Roma, 3-9.
- RENALDI M. & RODOLFI G. (1993), *Risultati della prima fase dello studio degli effetti della diga di Bilancino sull'alveo del Fiume Sieve e sul campo di moto delle falde acquifere adiacenti*, «Quaderni Idron. Mont.», 13, 85-128.
- RODOLFI G. (1988), *Geomorphological mapping applied to land evaluation and soil conservation in agricultural planning: some examples from Tuscany (Italy)*, «Z. Geomorph. N.F.», Suppl. Bd. 68, Berlin, 155-174.
- RODOLFI G. (1991), *Forme di erosione nei sedimenti neogenici e quaternari*, in MAZZANTI R. (a cura di), *La gestione delle aree collinari argillose e sabbiose*, «Amministrare l'urbanistica: esperienze», Roma, Ed. Autonomie, 19-30.
- RODOLFI G. (1993), *Holocene mass movement activity in the Tosco-Romagnolo Apennines*, in «Rapid Mass Movements and Climatic Variations during the Holocene», Workshop of the European Science Foundation, Mainz, 21-22 Oct. 1993 (in stampa).
- RODOLFI G. (1994), *Morfodinamica olocenica ed utilizzazione del suolo in un tipico paesaggio alluvionale interappenninico (Mugello, Firenze)*, Atti Sem. Int. «Sistema Uomo-Ambiente fra Passato e Presente», Eur. Univ. Centre for Cultural Heritage, Ravello, 3-6 giugno (in stampa).
- ROSI & SBRANA A. (a cura di) (1987), *Phlegrean Fields*, Prog. Fin. Geodinamica, Mon. Finali, n. 9, CNR, «Quad. Ric. Scient.», 114.
- SCARASCIA MUGNOZZA G., VALENTINI R., SPINELLI R., GIORDANO E. (1988), *Osservazioni sul ciclo dell'acqua di un bosco ceduo di quercus cerris L.*, «Annali Accademia Italiana di Scienze Forestali», vol. XXXVII, Firenze.
- SCHNEIDER S.H. (1994), *Detecting climatic change signals: are there any «fingerprints»?*, «Science», 263, 341-347.
- SELLI & CIABATTI M. (1977), *L'abbassamento del suolo della zona litoranea ravennate*, «Gior. Geol.», Bologna, 62 (1).

- SERPIERI A. (1931, 1932, 1933, 1934), *La legge sulla bonifica integrale, etc.*, Istituto poligrafico dello Stato, Roma.
- SIDMONI G.C. (1872), *Manuale teorico-pratico d'arte forestale*, Firenze.
- SUSMEL L. (1968), *Sull'azione regimante ed antierosiva della foresta*, Atti del Convegno *Le scienze della natura di fronte agli eventi idrogeologici*, Accademia dei Lincei, Roma.
- SUSMEL L. (1971), *La difesa del suolo*, n. 10, «Italia Nostra», Milano.
- SUSMEL L. (1972), *Vegetazione forestale e caratteri idrofisici del suolo*, Atti del Convegno Internazionale sul tema *Piense: loro previsione e difesa del suolo*, Accademia Nazionale dei Lincei, quaderno 169.
- TAZIOLI G.S. (1982), *Trasporto solido e fenomeni franosi*, Atti Convegno Conclusivo P.F. Conservazione del Suolo, CNR, Roma, 129-134.
- TORRI D., POESEN J. (1992), *The effect of soil surface slope on raindrop detachment*, «Catena», 19, 561-578.
- TORRI D., SFALANGA M., DEL SETTE M. (1987), *Splash detachment: runoff depth and soil cohesion*, «Catena», 14, 149-155.
- TORRI D., BRIANCALANI R., POESEN J. (1990), *Initiation of motion of gravels in concentrated overland flow: cohesive forces and probability of entrainment*, «Catena», Suppl. 17, 79-90.
- TROPEANO D. (1982), *Soil erosion problems in North-Western Italy: a short review*, in A.G. Prendergast (Ed.), *Soil erosion*, «Report EUR8427EN», 36-38.
- VAN LILL W.S., KRUGER F.J., VAN WYK D.B. (1980), *The effect of afforestation with Eucalyptus grandis hill ex Maiden and Pinus patula Schlecht et Cham. on streamflow from experimental catchments at Mokobulaan, Transvaal*, «Journal of Hydrology», 48.
- WARD R.C. (1967), *Principles of Hydrology*.
- WAYNE T. SWANK (1982), *Studi di ecologia e idrologia forestali*, Università di Padova, Istituto di Ecologia e Selvicoltura.
- WISCHMEIER W.H., SMITH D.D. (1978), *Predicting rainfall erosion losses*, «Agriculture Handbook» No. 537, USDA, Washington, D.C.
- YALIN M.S. (1977), *Sediment transport*, Pergamon Press, Oxford.
- YU XINLIANG (1991), *Forest hydrology research in China*, «Journal of Hydrology», 122.
- ZACHAR D. (1982), *Soil Erosion*, Elsevier, Amsterdam.
- ZOLI L. (1967), *Dissesto idrogeologico e alluvioni*, Atti della XLIX Riunione della S.I.P.S., Siena.

Finito di stampare in Firenze  
nella Nuova Stamperia Parenti  
nel mese di giugno 1995

ISSN. 0367/4134

---

Direttore responsabile: Prof. SERGIO ORSI  
Autorizzazione del Tribunale di Firenze n. 1056 del 30 aprile 1956





LE PIANTE, LA RECONSTITUZIONE DELLE ACQUE E I DISSESTI GEOLOGICI