



Unione Europea



Ministero per le Politiche
Agricole e Forestali



Regione Calabria
Assessorato Agricoltura
Caccia e Pesca



CNR - IRPI
Consiglio Nazionale
delle Ricerche



ARSSA
Agenzia Regionale per lo Sviluppo
e per i Servizi in Agricoltura

Programma Agricoltura - Qualità - Misura 5

CARTA DEL RISCHIO DI EROSIONE ATTUALE E POTENZIALE della Regione Calabria

scala 1:250.000

Monografia Divulgativa 2005

ARSSA -Programma Interregionale Agricoltura-Qualità Misura 5
Interventi nel settore pedologico

Coordinamento: Settore Servizi Tecnici di Supporto - *Francesco Longo*

Realizzazione: Servizio Agropedologia - *Manlio Coglitore*

Responsabile Tecnico: *Giovanni Aramini*

Gruppo di coordinamento tecnico: *Giovanni Aramini, Caterina Colloca, Anna Maria Corea, Raffaele Paone*

Progettazione ed impostazione metodologica: *G. Aramini, C. Colloca, A.M. Corea, R. Paone*

Tematica Erosione dei suoli

Gruppo di lavoro

ARSSA - Agenzia Regionale per lo Sviluppo e per i Servizi in Agricoltura

*Giovanni Aramini
Caterina Colloca
Anna Maria Corea
Raffaele Paone*

Con il contributo di *Antonella Costa**, *Antonio Amato** e *Chiara Bonapace**
Hanno collaborato: *Maria Vergata***, *Claudia Bruno***, *Cristian Federico***

* *Contrattisti a tempo determinato c/o Servizio Agropedologia*

** *Borsisti c/o Servizio Agropedologia*

Il capitolo “Erosione e tecniche agronomiche” è stato curato da *Silvano Molfese*

CNR - IRPI Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica

*Oreste Terranova
Loredana Antronico
Roberto Coscarelli
Pasquale Iaquinta*

2005 by Agenzia Regionale per lo Sviluppo e per i Servizi in Agricoltura
Il materiale può essere utilizzato o riprodotto citando la fonte

Indice

<i>Presentazione</i>	5
<i>Premessa</i>	7
Obiettivi	9
Cap. 1 - Il rischio erosivo	11
1.1 Aspetti generali	11
1.2 Forme di erosione.....	12
1.3 Fattori di erosione	14
Cap. 2 - Valutazione del rischio erosivo.....	16
2.1 I modelli empirici o quantitativi	17
2.2 I modelli semiquantitativi	22
2.3 I modelli qualitativi o geomorfologici	25
Cap. 3 - Inquadramento ambientale.....	34
3.1 Territorio e orografia della Calabria	34
3.2 Idrografia	36
3.3 Clima	37
3.3.1 Temperatura	40
3.3.2 Precipitazioni	41
3.4 Geologia della Calabria	43
3.5 I suoli della Calabria	47
Cap. 4 - Metodologia utilizzata	55
4.1 Applicazione del modello RUSLE	56
4.2 Applicazione della metodologia CORINE	66
Cap. 5 - Risultati	70
Cap. 6 - Conclusioni.....	74
<i>Allegati</i>	75
Produttività dei suoli ed erosione: l'esempio del grano duro	76
Erosione e tecniche agronomiche.....	87
<i>Bibliografia</i>	102



Presentazione

Il riconoscimento del ruolo multifunzionale dell'agricoltura è ormai contemplato negli strumenti di Politica agricola. I Programmi agroambientali del Reg. 2078/92, prima, e quelli più recenti del Reg. 1257/99, nonché le indicazioni della nuova Pac (Reg. 1782/03) ne sono la principale conferma. L'agricoltura, fruendo di risorse naturali limitate, può esercitare una pressione sull'ambiente; una equilibrata attività agricola contribuisce alla conservazione della complessità del paesaggio e della biodiversità, di contro una gestione non appropriata può esserne la principale causa di degrado.

La diversificazione delle scelte tecniche sulla base della variabilità ambientale costituisce un elemento basilare. Le Politiche di salvaguardia ambientale comportano in primo luogo il monitoraggio e la conoscenza delle risorse naturali, suolo e clima innanzitutto.

Al suolo, in particolare, sono riconosciute fondamentali funzioni di carattere ambientale, economico e sociale. La produzione di biomassa dipende quasi esclusivamente dal suolo; il suolo agisce da barriera filtrante verso potenziali inquinanti e limita i rischi di degrado dei corpi idrici; una quantità enorme di organismi trova il proprio habitat naturale nel suolo che in tal senso risulta fondamentale per la protezione della biodiversità. Il suolo è soggetto, d'altra parte, a molteplici cause di degrado le quali ne compromettono, spesso in maniera irreversibile, le sue funzioni peculiari, prima fra tutte l'erosione.

Allo scopo di disporre di un quadro organico di conoscenze sui suoli, coerente con le iniziative della Commissione Europea, è stata attivata, a livello nazionale, una specifica iniziativa (misura 5) nell'ambito del Programma Interregionale Agricoltura-Qualità, promossa dal Ministero per le Politiche Agricole e Forestali.

L'obiettivo di tale iniziativa è rappresentato dalla Carta dei suoli d'Italia in scala 1:250.000 la quale è destinata a coprire un grande vuoto di conoscenze in questo settore, giacché l'unica carta pedologica esistente a livello nazionale risale agli anni '60 ed è in scala molto piccola (1:1.000.000) per le esigenze di pianificazione territoriale.

L'Agenzia Regionale per lo Sviluppo e per i Servizi in Agricoltura della Regione Calabria ha aderito a tale iniziativa ed ha contribuito per la parte relativa al proprio territorio.

La Carta dei Suoli al 250.000 della Regione Calabria, pubblicata nel dicembre 2003 fornisce, da una parte, un primo inventario dei principali tipi di suolo e della loro distribuzione nello spazio e costituisce, dall'altra, la base per complesse valutazioni territoriali che diano risposta ad importanti problematiche agroambientali.

Nello specifico sono stati previsti approfondimenti tematici sulla "vulnerabilità da nitrati di origine agricola" (un primo elaborato è già stato pubblicato), sul "rischio di erosione", sulla "corretta gestione della risorsa idrica", sull'"attitudine dei suoli allo spargimento dei reflui oleari".

L'erosione viene, in particolare, riconosciuta come la principale causa di degrado dei suoli a livello regionale. Allo scopo di acquisire conoscenze sui vari aspetti del fenomeno e di definire strategie di intervento finalizzate alla gestione sostenibile della risorsa suolo, è stato attivato uno specifico sottoprogetto. In tale ambito è stata concretizzata una collaborazione scientifica con il CNR IRPI di Cosenza che in una prima fase ha consentito la validazione di diversi modelli di calcolo del rischio di erosione nell'area campione "Assi - Guardavalle".

I risultati acquisiti in questa prima fase sono stati posti alla base della valutazione del rischio di erosione a livello regionale, oggetto del presente lavoro.

Il Presidente dell'ARSSA
Prof. Valerio Donato

*L'Assessore Regionale
all'Agricoltura*
On. Mario Pirillo

Premessa

La perdita di funzionalità produttiva dei suoli agrari e forestali costituisce il più grave problema ambientale a livello planetario. Quando il fenomeno raggiunge livelli non sostenibili con significativa degradazione del suolo si parla di "desertificazione". L'erosione, provocando la perdita dello strato fertile del suolo, rappresenta senza dubbio la principale causa di degrado delle terre.

Il termine erosione del suolo, in genere, viene riferito alla distruzione del suolo a causa dell'azione dell'acqua, della neve, del ghiaccio, del vento, degli animali e dell'uomo. In natura però raramente tali fattori agiscono isolatamente, molto spesso infatti le forme tipiche dell'erosione presenti sulla superficie terrestre, derivano da una loro differente combinazione.

L'erosione del suolo nel più vasto senso del termine può essere classificata come:

- erosione naturale intesa come processo naturale che avviene a differente velocità, a cui sono sottoposti tutti gli ambienti e che porta, nel tempo, al modellamento delle terre emerse;

- erosione accelerata riferita a processi erosivi innescati o accelerati da un cambiamento climatico, dall'impatto dell'uomo, etc.

A livello mondiale, quasi un terzo del suolo arabile è stato perduto a causa del processo di erosione con un tasso medio di 10 milioni di ettari all'anno negli ultimi quarant'anni. Con riferimento alla sola produzione agricola alcuni autori stimano una perdita di 5-7 milioni di ettari/anno e per i tre continenti Asia, Africa ed America Latina stimano in circa 600 milioni gli ettari affetti da degrado ed erosione.

Dagli studi del progetto LIFE (European Conservation Agriculture Federation, 1999) risulta che molti paesi della UE sono interessati dal problema della degradazione del suolo causata dai processi di erosione. Il fenomeno infatti interessa il 12% della totale superficie europea, per una estensione di circa 17 milioni di ettari. Il tasso medio annuo di erosione del suolo supera quello medio di formazione (17 tonnellate per ettaro per anno di suolo eroso a fronte di 1 tonnellata per ettaro per anno formato). A livello europeo è stato stimato che i danni diretti ed indiretti causati dall'erosione del suolo raggiungono 85 Euro per ettaro e per anno.

In particolare, nei paesi appartenenti al Bacino del Mediterraneo, la problematica ha acquisito una notevole importanza a causa della progressiva riduzione del rapporto fra risorse e popolazione e delle modificazioni ambientali che ne derivano. Nell'area Mediterranea ben il 70% della superficie agricola coltivata è interessata da

processi erosivi del suolo.

Le percentuali delle aree ad elevato rischio potenziale di erosione nei Paesi del Mediterraneo sono però alquanto disomogenee: si va da 9% della Francia mediterranea, al 68% del Portogallo e al 70% della Turchia. In Spagna oltre il 50% del terreno agrario è classificato ad alto rischio di erosione e nella parte meridionale la superficie ad alto rischio di erosione raggiunge il 70%.

Un notevole contributo allo studio dei fenomeni di erosione è stato fornito dal programma CORINE (COOrdination de l'INformation sur l'Environnement), varato dal Consiglio della Comunità Europea nel 1985. Questo programma si prefiggeva lo scopo di verificare dinamicamente lo stato dell'ambiente nell'area comunitaria, al fine di orientare le politiche comuni, controllarne gli effetti e proporre eventuali correttivi.

Nel caso dell'Italia, l'area interessata da rischio potenziale elevato di erosione è stata stimata, nell'ambito del programma europeo CORINE, all'incirca pari al 27%, corrispondente a circa 82.000 Km².

Il territorio della regione Calabria è fortemente interessato da questa problematica a causa di condizioni geomorfologiche, pedologiche e climatiche particolarmente predisponenti. Diventa prioritario, pertanto, definire validi modelli conoscitivi da porre alla base delle politiche finalizzate alla tutela della risorsa suolo.

*Il Responsabile del Settore
Servizi Tecnici di Supporto
Francesco Longo*

*Il Direttore Generale
Giovanni Marzullo*

Obiettivi

L'importanza della protezione del suolo è riconosciuta a livello internazionale. Al vertice di Rio, nel 1992, i Governi di 110 Paesi, tra cui l'Italia, hanno firmato una Convenzione per combattere la desertificazione, prevenire e ridurre il degrado delle terre. L'obiettivo del Sesto Programma d'Azione in materia di ambiente, pubblicato dalla Commissione Europea nel 2001, è proteggere il suolo da erosione e inquinamento.

La Comunicazione della Commissione Europea al Parlamento "Verso una strategia tematica per la protezione del suolo" (Comunicazione n.179 del 2002) pone l'erosione al primo posto fra le minacce per il suolo nell'Unione Europea.

Nell'ambito della riforma di Agenda 2000, sia il primo che il secondo pilastro della PAC, rispettivamente "mercato" e "sviluppo rurale", hanno introdotto requisiti di protezione ambientale in base ai quali gli Stati membri e quindi le Istituzioni regionali devono introdurre misure atte alla protezione del suolo. Si evidenzia, a riguardo, che alcuni Stati membri hanno incluso pratiche antierosive quali le lavorazioni lungo le curve di livello ed il divieto di bruciatura delle stoppie.

Il Reg. CEE 1782/2003, che costi-

tuisce la base della nuova PAC, sottolinea all'art. 5 la necessità di definire a livello nazionale e regionale i requisiti minimi per le buone condizioni agronomiche ed ambientali e, nell'allegato IV, pone la protezione del suolo dall'erosione fra gli obiettivi prioritari.

E' in questo quadro generale che si inserisce il presente lavoro la cui finalità principale può essere identificata nella necessità di acquisire informazioni sul degrado dei suoli per erosione in ambito regionale e al contempo fornire strumenti cartografici idonei ad orientare le scelte funzionali alla gestione sostenibile del territorio. La valutazione del rischio potenziale ed attuale di erosione, effettuata seguendo diversi approcci metodologici al fine di comprendere meglio una problematica così complessa, costituisce la base per definire la strategia di intervento e per individuare le azioni più efficaci nelle diverse situazioni ambientali.

E' evidente, infatti, che le specifiche misure di intervento devono essere coerenti con il livello di vulnerabilità del territorio che risulta fortemente variabile in ambito regionale.

Questo lavoro si propone, pertanto, come strumento fondamentale per il recepimento puntuale delle indicazioni di politica agricola comunitaria.

Suoli ed erosione



*Serre Catanzaresi: erosione incanalata
in prossimità di impluvi naturali*

1. Il rischio erosivo

1.1 Aspetti generali

Il suolo, inteso come sistema complesso capace di ospitare un consorzio vegetale, è il risultato di un equilibrio dinamico fra due contrapposti processi. Infatti alla *pedogenesi*, che porta ad un progressivo aumento dello spessore del suolo a spese del substrato geologico, si contrappone *l'erosione* che, nei suoi molteplici aspetti, conduce ad asportazione di materiale pedogenizzato.

Seppur con grande approssimazione i valori estremi di formazione del suolo variano da 0.1 a 13.4 t/ha/anno corrispondenti ad una crescita di circa 0.01 e 0.9 mm/anno rispettivamente, viceversa in condizioni di erosione normali si calcola che vengono asportati da 0.25 ad 1.5 t/ha/anno di suolo

(Persicani, 1989).

La situazione di equilibrio tra pedogenesi ed asportazione può essere alterata sia da eventi naturali con caratteri di eccezionalità (precipitazioni particolarmente intense, movimenti di massa, etc) che da attività antropiche (disboscamenti, eliminazione della rete idraulico-agraaria per estensivizzazione delle colture, etc), (fig. 1.1).

Secondo un moderno approccio è importante considerare la massima perdita annua di suolo compatibile con un uso sostenibile della risorsa. Infatti i processi erosivi hanno una diversa incisività in funzione della velocità di formazione e dello spessore del suolo. Ad esempio la pedogenesi è molto meno

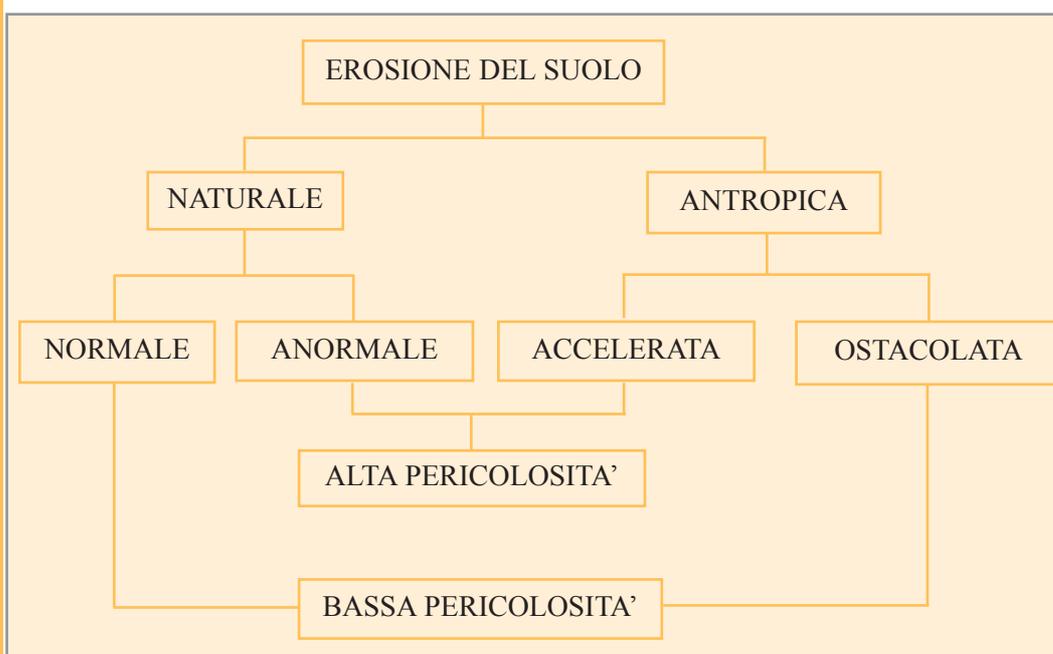


Fig.1.1 - Schema dei vari aspetti del processo erosivo in relazione alle cause che lo determinano e al grado di pericolosità. (AA.VV. Il suolo, 1991).



L'assottigliamento degli orizzonti fertili si riflette sullo sviluppo vegetazionale. Giovane oliveto nella Media Valle del Crati.

spinta su rocce granitiche rispetto ad un substrato costituito da rocce tenere; ne consegue che una intensità erosiva in grado di denudare il primo substrato potrebbe risultare sopportabile nella seconda situazione.

Le conseguenze ambientali ed economiche dell'erosione possono essere ricondotte alla scomparsa della lettiera e degli orizzonti superficiali che svolgono un ruolo essenziale nella nutrizione vegetale, alla riduzione della capacità di ritenuta idrica, alla riduzione dello

spessore esplorabile dalle radici. Oltre alla perdita di suolo, l'erosione crea notevoli problemi ambientali legati all'aumento della portata solida dei corsi d'acqua ed ai conseguenti rischi di inondazione. Anche gli ecosistemi acquatici di fiumi e mari possono essere compromessi dai fertilizzanti e pesticidi che vengono asportati con le particelle del suolo a seguito dei fenomeni erosivi.

1.2 Forme di erosione

L'erosione del suolo causata dall'acqua (erosione idrometeorica) rappresenta il tema principale nella più generale disciplina dell'erosione del suolo;

infatti la maggior parte dei lavori presenti nella letteratura mondiale che affronta tale problematica riguarda questo tipo di erosione.

Tralasciando, pertanto, i movimenti di massa e l'erosione eolica, le forme di erosione che più frequentemente interessano il suolo possono essere riassunte in:

- erosione da impatto (rainsplash erosion);
- erosione laminare (overland flow);
- erosione per rigagnoli (rill erosion);
- erosione per fossi (gully erosion).

L'erosione da impatto è legata all'azione battente della pioggia che provoca il distacco delle particelle, quest'ultime, lanciate in aria, ricadono a qualche centimetro di distanza. Il fenomeno, che apparentemente potrebbe sembrare di modesta entità, risulta determinante. Infatti prove sperimentali eseguite su

parcelle di suolo nudo, coperte con una rete a maglia di 0,8 - 1 mm, ad una altezza di 25 cm dalla superficie che separa l'effetto splash dall'erosione per scorrimento, dimostrano che mediamente le perdite di suolo diminuiscono del 91% (Zanchi, 1983).

La percentuale di acqua di precipitazione che resta in superficie scorre verso il basso con flusso laminare asportando particelle di suolo e depositandole alla base del versante. In questo caso si tratta di un flusso laminare di spessore millimetrico. In alcuni casi, il flusso si concentra in vie preferenziali ed aumentando il proprio potere erosivo dà luogo all'erosione per rigagnoli ed in casi estremi all'erosione per fossi.



Le operazioni di livellamento portano spesso in superficie il substrato improduttivo. Comprensorio di produzione del vino Greco di Bianco.

1.3 Fattori di erosione

Nel complesso i fenomeni erosivi sono il risultato di una serie di fattori:

1) Fattori del suolo (Soil factor)

- Tessitura;
- Struttura;
- Profondità;
- Contenuto in sostanza organica;
- Pietrosità

2) Clima (Climate factor)

- erosività della pioggia;
- erosività del vento;
- distribuzione stagionale della pioggia

3) Fattori morfologici

- Pendenza;
- Lunghezza del versante;
- Esposizione

4) Copertura vegetale (Plant cover).

Per quanto riguarda le caratteristiche intrinseche del suolo, la tessitura assume un ruolo fondamentale. Le classi a tessitura fine (argillosa, argilloso-sabbiosa, argilloso-limosa) sono considerate scarsamente erodibili a causa del loro carattere fortemente coesivo. Le classi franco-limosa e limosa sono giudicate particolarmente erodibili per la

loro mancanza di coesione e la loro bassa stabilità strutturale. Infine, le classi franco-sabbioso-argillosa, franco-limoso-argillosa, franca, franco-sabbiosa e sabbiosa sono caratterizzate da una moderata resistenza all'erosione poiché presentano una certa stabilità strutturale e/o una buona permeabilità.

Anche la struttura, influenzata dal contenuto in sostanza organica, dai colloidali minerali, dai cationi flocculanti, nonché da fattori agronomici, influisce positivamente (suolo ben strutturato) o negativamente (cattiva struttura) sui fenomeni erosivi.

Le caratteristiche idrologiche del suolo, in particolare la capacità di infiltrazione e la riserva idrica, influenzando l'intensità del ruscellamento, risultano determinanti nel limitare od incrementare i processi erosivi.

La pietrosità, in linea di massima, svolge un ruolo di protezione attenuando l'energia cinetica delle piogge.

L'erosività della pioggia è legata all'intensità ed alla durata dell'evento, al diametro ed alla velocità di impatto



Interrimento del lago di Tarsia causato dal trasporto solido degli impluvi.

delle gocce di pioggia. Inoltre la distribuzione stagionale degli eventi piovosi può agire come causa predisponente ai fenomeni erosivi determinando, attraverso periodi di prolungata siccità, una riduzione della copertura vegetale.

La suscettività del rilievo all'erosione cresce all'aumentare della pendenza e della lunghezza del versante inteso come superficie di scorrimento ininterrotta. Questi due fattori agiscono rispettivamente sulla velocità e sulla portata del flusso.

La copertura vegetale, influenzata dalle precipitazioni, dall'esposizione, dall'attività antropica, etc, assume un ruolo fondamentale ai fini protettivi. A

questo proposito, come si evince dal grafico riportato in figura 1.2 i maggiori livelli di erosione si verificano con valori medi di piovosità (700-1000 mm/anno).

Quindi, se da una parte le precipitazioni innescano fenomeni erosivi dall'altra, favorendo lo sviluppo di una buona copertura vegetale, li attenuano.

Infine i processi erosivi possono risultare incrementati da alcune pratiche antropiche quali ad esempio taglio indiscriminato della vegetazione, incendi di boschi, diffusione della monocoltura.

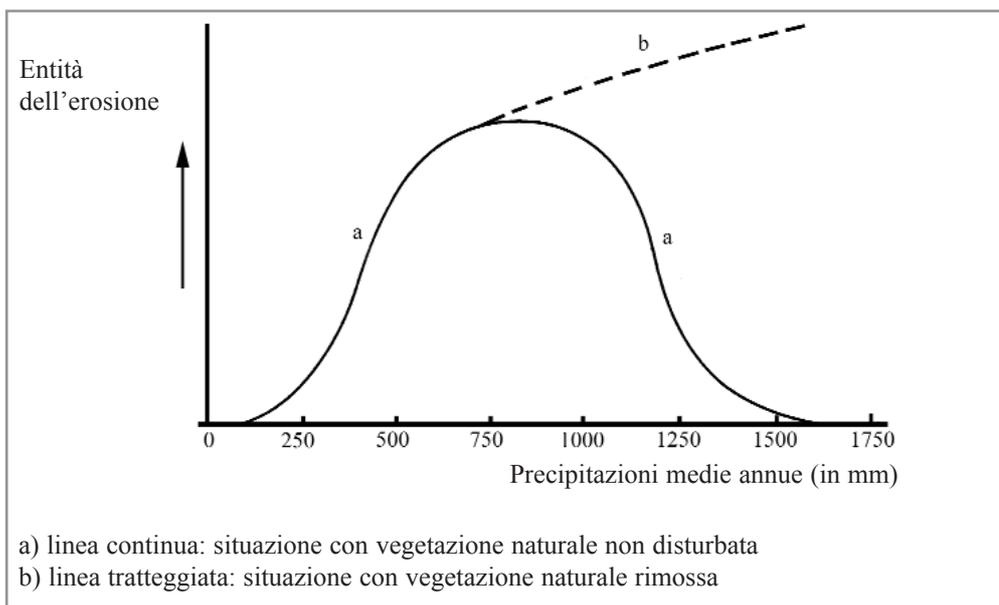


Fig. 1.2 - Relazione tra piovosità media annua ed erosione del suolo. (AA.VV. Il suolo, 1991).

2. Valutazione del rischio erosivo

Tradizionalmente i danni imputati all'erosione sono stati quasi unicamente ascritti alla perdita di produttività dei terreni usati a scopi agricoli. La visione più complessiva dei problemi riguardanti il "bene ambiente" ha imposto un approccio multidisciplinare in relazione a tutte le componenti e a tutti i processi fisici e socio-economici che lo riguardano. Il contesto di studio si inquadra quindi in un ambito spaziale più ampio.

Anche gli orizzonti temporali, interessando prospettive per le generazioni future, diventano più lunghi. La problematica deve essere affrontata, quindi, puntando verso la tutela del territorio, prospettando gli scenari corrispondenti a diverse condizioni d'attività umana

(diversi utilizzi del territorio con differenti pratiche agricole) e quindi predisponendo gli strumenti conoscitivi ed applicativi necessari per una pianificazione territoriale integrata.

Notevoli difficoltà sono insite nella valutazione dei gradi di rischio. Complesse sono anche le procedure per una valutazione quantitativa del rischio, che superi il concetto di "tempo di ritorno dell'evento dannoso in una data area", e tenga conto della "vulnerabilità", determinata dalle condizioni predisponenti proprie del sito e del valore economico e sociale dei beni sottoposti agli eventuali danni. I danni sono generalmente poco evidenti, ma estremamente diffusi e pertanto notevoli; una



Rilievi collinari argillosi della media Valle del Crati. Le variazioni cromatiche esprimono differente intensità dei processi erosivi.

prima idea della vastità delle aree interessate si può avere pensando che i terreni agrari sono soggetti ad erosione apprezzabile già per pendenze superiori al 2-3%.

I modelli proposti in letteratura per lo studio dei processi erosivi si possono

dividere in tre categorie: i modelli empirici o concentrati (approccio quantitativo); i modelli semiempirici o semiquantitativi ed i modelli qualitativi o geomorfologici.



Il modellamento dei versanti altera l'idrologia superficiale causando spesso fenomeni di erosione incanalata

2.1 I modelli empirici o quantitativi

L'approccio quantitativo riconduce la valutazione dell'erosione all'applicazione di una sola equazione ricavata empiricamente per sovrapposizione degli effetti.

A questa categoria appartengono quelle metodologie basate sulla parametrizzazione di vari fattori, che risultano tanto più articolate quanto più ne è elevato il numero e complessa la natura di ogni singolo fattore. Fra dette proce-

dure, una delle più utilizzate è l'Equazione Universale per il Calcolo della Perdita di Suolo (USLE - Universal Soil Loss Equation), ricavata empiricamente sulla base di migliaia di dati sperimentali raccolti dal Soil Conservation Service e dall'Agricultural Research Service degli U.S.A.

La relazione di base è quella formulata da Wischmeier & Smith (1965, 1978)

A=R K L S C P in cui:

A: perdita specifica di suolo media annua [t/ha/anno]

R: indice di aggressività della pioggia [MJ mm/ha ora anno], che si valuta considerando le altezze di precipitazione non inferiori a 13 mm (in particolare, Wischmeier & Smith indicano come eventi piovosi distinti quelli intervallati da almeno 6 ore di tempo asciutto e tra questi come eventi erosivi quelli aventi

materiale grossolano (0,1 - 2 mm), di materia organica, e della permeabilità del suolo;

L: fattore topografico [adimensionale], ricavabile con una formula sperimentale funzione del valore della lunghezza libera del pendio;

S: fattore topografico [adimensionale], ricavabile con una formula sperimentale funzione del valore della pendenza;

C: fattore culturale [adimensionale]

legato al tipo di coltivazione e di copertura vegetale, di non facile valutazione.

Per il calcolo di C occorre far riferimento al manuale applicativo dell'USLE che raccoglie i rapporti adimensionali fra la perdita di suolo nelle diverse fasi del ciclo vegetativo delle più differenti colture e quella relativa al maggese di riferimento. L'uso recente di dati telerilevati e la relativa produzione di carte tematiche di copertura



Versante ionico del catanzarese. L'eliminazione meccanica di solchi erosivi (rill o gully erosion) è di scarsa efficacia senza adeguate tecniche di gestione dei suoli.

un'altezza di pioggia totale non inferiore a 13 mm);

K: fattore pedologico che esprime l'erosibilità del suolo [t h/MJ mm], ricavabile tramite abachi sulla base delle percentuali di materiale fino (<0,1 mm), di

vegetale possono rendere più agevole la determinazione del parametro C;

P: fattore di pratica antierosiva, tabellato in funzione del valore della pendenza (s) e del tipo di pratica adottata (in assenza di pratiche antierosive P=1).

In particolare, il prodotto RK [t/ha anno] esprime la potenziale erosione, dipendente sia dal clima che dal tipo di suolo, che si ha su una parcella "standard" di lunghezza pari a 22,13 m, pendenza del 9%, tenuta permanentemente a maggese, lavorata a rittochino.

I prodotti LS e CP sono invece dei coefficienti correttivi del prodotto RK che ne amplificano o ne riducono il valore a seconda del discostamento dalle condizioni "standard".

Per quanto concerne i settori di applicabilità della USLE, lo stesso Wischmeier (1976) asserisce che detta formula può essere usata convenientemente per:

- prevedere la perdita media annua di suolo per erosione di un tratto di versante soggetto a una specifica utilizzazione;
- orientare la scelta dei sistemi di gestione e di coltivazione, nonché delle opere sistematorie più adatte;
- prevedere variazioni nelle perdite di suolo in seguito a variazioni dei sistemi di agricoltura o delle pratiche conservative;
- determinare le condizioni di applicazione delle pratiche conservative in previsione di una intensificazione delle colture;
- valutare le perdite di suolo derivanti anche da un'utilizzazione extra-agricola del territorio;
- fornire ai pianificatori i valori

delle perdite di suolo da utilizzare nella scelta delle opere sistematorie.

Bazzoffi (1984) attribuisce al modello di Wischmeier una tendenza alla sottostima dell'erosione reale, soprattutto dove i processi di erosione incanalata sono secondari o comunque contrastati (per esempio, dalla copertura boschiva), rispetto alle altre forme di erosione. In questo caso, al modello USLE viene riconosciuta comunque l'utilità almeno nella stima comparativa del rischio di erosione ovvero nell'individuazione delle variazioni nello spazio e nel tempo dei fattori responsabili dell'erosione stessa.

In generale si può affermare che, anche se di gran lunga utilizzata, la USLE presenta limiti evidenti, riassumibili nella complessità della procedura e nel fatto che i livelli di dettaglio per i vari fattori sono squilibrati in quanto alcuni sono stimati con meticolosità ed altri con approssimazione. Inoltre i margini di soggettività nella scelta di alcuni fattori sono notevoli ed i numerosi aggiustamenti proposti nel tempo hanno contribuito a generare grande incertezza nelle applicazioni pratiche.

Pur tuttavia la procedura USLE, se correttamente applicata, può dare indicazioni utili, anche se quantitativamente approssimate, circa la diversa propensione all'erosione di aree con diverse caratteristiche climatiche, pedologiche, topografiche e culturali. E' da evidenzia-

re, inoltre, che la USLE tiene conto dell'erosione areale ed incanalata ma non considera tutti i fenomeni di accumulo e di ritardo nel trasporto dei sedimenti che si verificano nel reticolo idrografico. Di conseguenza non può essere utilizzata direttamente per valutare la quantità di materiale solido che transita in un determinato periodo temporale in una sezione di un corso d'acqua.

Moore e Burch (1986) hanno proposto una USLE modificata (Revised USLE - RUSLE), basata su un approccio distribuito, che suddivide il bacino in unità morfologiche (celle), tenendo

così conto del fatto che i sedimenti, in realtà, vengono prodotti da differenti "sorgenti" variamente distribuite all'interno del bacino. Sebbene la struttura di base sia coincidente con la USLE, sono stati modificati con la RUSLE, in modo significativo, i metodi e gli algoritmi per calcolare i fattori che compongono la USLE.

Sia la USLE che la RUSLE sono modelli in grado solo di valutare la perdita media di suolo all'anno ma non permettono di fare previsioni sul deposito dei sedimenti, sulle loro dimensioni e distribuzione spaziale.



Le fallanze nel giovane oliveto sono conseguenza delle operazioni di livellamento.

Nel 1975 Williams ha proposto un modello empirico diretto, denominato MUSLE (Modified USLE), ottenuto sostituendo nell'equazione universale il fattore di energia di deflusso R_d al posto dell'indice di aggressività della pioggia

$$Y = R_d K L S C P$$

Il fattore R_d può essere stimato con una procedura analoga a quella utilizzata per R , considerando, però, al posto delle piogge, gli eventi di piena, con valutazione, per ogni evento, della portata di massima piena e del volume.



Modellamento di un versante nel Marchesato di Crotona.

2.2 I modelli semiquantitativi

I modelli semiempirici o semiquantitativi sono modelli semplici e applicabili nei casi di particolare complessità climatica e quando sono insufficienti le informazioni di base sui fattori che determinano un fenomeno erosivo. In questa categoria può essere incluso il P.S.I.A.C., messo a punto nel 1968 dal Water Management Subcommittee della U.S. Pacific Southwest Interagency Committee, che, a differen-

za della USLE, è particolarmente indicato per le aree caratterizzate da una notevole energia di rilievo e da densa copertura forestale.

Nell'intenzione degli Autori tale modello dovrebbe servire per stabilire dei confini fra aree a produzione differenziata di sedimenti, estrapolando ad altre aree i dati di misura diretta disponibili per determinate zone campione.

I fattori che vengono presi in consi-



derazione sono: **a** = litologia dei substrati; **b** = caratterizzazione dei suoli; **c** = caratteristiche del clima; **d** = regime dei deflussi; **e** = caratteristiche morfometriche o topografiche; **f** = copertura vegetale; **g** = uso del suolo; **h** = erosione del suolo; **i** = erosione incanalata.

Ad ogni fattore viene assegnato un valore; per i fattori **a**, **b**, **c**, **d** compreso tra 0 e 10; tra 0 e 20 per il fattore **e**; tra -10 e +10 per i fattori **f** e **g** (la copertura vegetale e l'utilizzazione agricola possono ridurre il processo erosivo ed addirittura

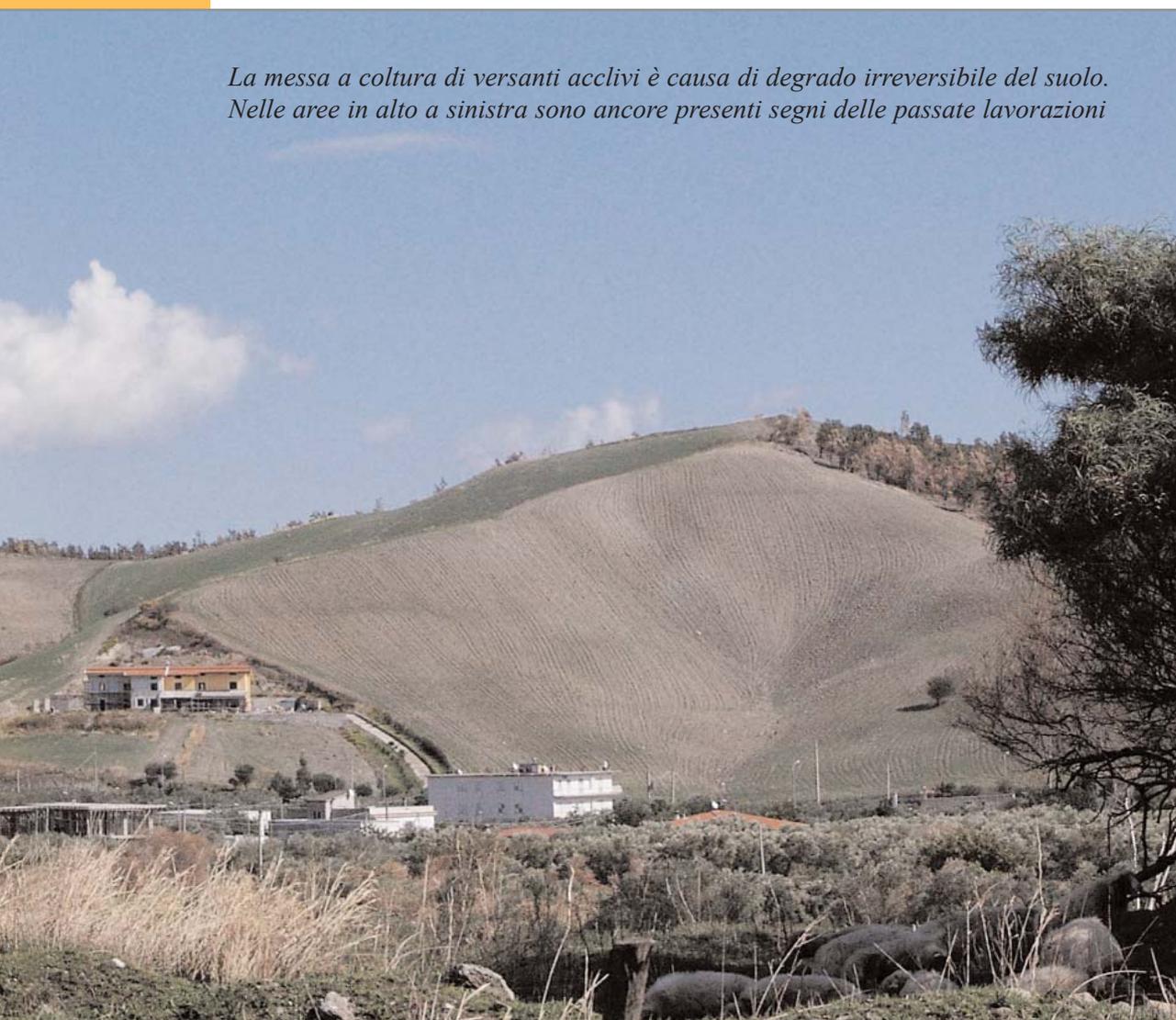
causare la rideposizione di sedimenti prodotti in zone più a monte); tra 0 e 25 per i fattori **h** e **i**.

Sommando i valori assegnati a ciascun fattore si ricava un valore finale tramite il quale viene classificato il bacino.

In letteratura vengono proposte cinque classi, caratterizzate da intervalli di valori di volumi di sedimento (m^3/ha) come riportato nella tabella 2.1.

Il modello si intende correttamente applicato quando la somma dei valori dei fattori compresi tra **a** e **g** è più o

La messa a coltura di versanti acclivi è causa di degrado irreversibile del suolo. Nelle aree in alto a sinistra sono ancora presenti segni delle passate lavorazioni



Tab. 2.1 - Classi di erosione netta media annua secondo il modello P.S.I.A.C

<i>Somma fattori</i>	<i>classe</i>	<i>Erosione netta annua (m³/ha)</i>
>100	1	> 14,29
75- 100	2	4,76- 14,29
50 - 75	3	2,38 - 4,76
5 - 50	4	0,95 - 2,38
0 - 25	5	< 0,95



Comprensorio di Cirò

meno eguale a quella dei valori dei fattori **h** ed **i**, che vanno quindi valutati per primi. Deve cioè esistere un certo accordo fra cause potenziali di erosione (**a-g**) e gli effetti riscontrabili in campagna. Non sempre i due totali collimano, per cui spesso è necessario procedere a una nuova valutazione dei fattori da **a** a **g**, oppure considerare la differenza come effetto di un processo erosivo “particolare” e puntuale che deve però essere individuato e valutato.

Il punto più delicato nell'applicazione del modello P.S.I.A.C. consiste

nell'attribuzione del valore di stima per ciascun fattore; ciò rende necessaria una conoscenza approfondita del ruolo che ciascun fattore svolge nel processo erosivo. Quando i fattori sono stimati con adeguata accuratezza il modello P.S.I.A.C. si avvicina ai valori reali di perdita del suolo con maggiore precisione della USLE (Bazzoffi, 1984).

2.3 I modelli qualitativi o geomorfologici

In questa categoria possono rientrare tutte quelle metodologie basate sull'osservazione diretta dei fenomeni di degradazione del suolo come le tecniche di telerilevamento e fotointerpretazione, e sulla costruzione di carte geomorfologiche, che permettono di analizzare le forme di erosione e di accumulo prodotte da processi morfogenetici particolari.

Questo approccio consente di definire le diverse classi di rischio, assumendo interessi per la comparazione fra diversi contesti areali ma non fornisce indicazioni sulla quantità/ha/anno di suolo asportato.

L.A. Manrique (1988) ha proposto un modello semplificato che può essere utilizzato per una prima stima orientati-

va del rischio potenziale di erosione. In particolare, Manrique valuta il rischio di erosione sulla base delle combinazioni delle classi dei seguenti tre fattori:

a) erosività delle piogge (R): valutata con l'indice di Fournier modificato (IF) calcolato come sommatoria da 1 a 12 del rapporto tra il quadrato della precipitazione media mensile (p) ed il totale della precipitazione annua (P)

$$(IF = \sum p^2 / P)$$

L'Autore distingue cinque classi di erosività della pioggia in base al valore di IF (tab. 2.2).

b) erodilità del suolo (K): calcolata per mezzo di abachi, conoscendo i valori percentuali di sabbia, di limo e sabbia molto fine, di sostanza organica (valori più precisi di K possono ricavarsi cono-



Accumulo dei sedimenti erosi alla base dei versanti

Tab. 2.2 - Classi di erosività secondo il modello Manrique

Molto bassa (R1)	$IF < 50$
Bassa (R2)	$50 < IF < 100$
Moderata (R3)	$100 < IF < 200$
Alta (R4)	$200 < IF < 300$
Molto alta (R5)	$IF > 300$

scendo anche le caratteristiche di permeabilità e di struttura). In questo caso vengono distinte sei classi di erodibilità del suolo (tab. 2.3)

Tab. 2.3 Classi di erodibilità del suolo secondo il modello di Manrique

Molto bassa (K1)	$K < 0.1$
Bassa (K2)	$0.1 < K < 0.2$
Moderata (K3)	$0.2 < K < 0.3$
Moderatamente alta (K4)	$0.3 < K < 0.4$
Alta (K5)	$0.4 < K < 0.5$
Molto alta (K6)	$K > 0.5$

c) fattore topografico (LS): viene valutato mediante un apposito diagram-

ma che permette di leggerne il valore in base alla lunghezza del pendio ed alla pendenza media del versante.

Il fattore prevede quattro classi riportate in tabella 2.4.

Tab. 2.4 - Classi di valori per il fattore topografico secondo il modello di Manrique

Bassa (S1)	$LS < 2$
Moderata (S2)	$2 < LS < 4$
Alta (S3)	$4 < LS < 6$
Molto alta (S4)	$LS > 6$

Le combinazioni delle classi dei tre fattori sopra elencati possono essere al massimo 111. Un'analisi di queste classi ha condotto l'Autore a raggrupparle in 5 gruppi cui corrisponde un rischio di erosione crescente come riportato in tabella 2.5.



Tab. 2.5 - Raggruppamento classi per la determinazione del rischio

Rischio (E)	Caratteristiche	Fattore topografico	Erosività delle piogge	Erodibilità del suolo
Basso (E1)	Aree altamente idonee all'utilizzo agricolo e che richiedono un minimo di pratiche di conservazione	S1	R1-R3	K1-K3
Moderato (E2)	Aree adatte all'utilizzo agricolo ma che richiedono moderate pratiche di conservazione	S1	R1-R3	K4-K6
		S1	R4-R5	K1-K3
		S2	R1-R3	K1-K3
Alto (E3)	Aree che possono essere utilizzate solo mettendo in atto speciali pratiche di conservazione	S1	R4-R5	K4-K6
		S2	R4-R5	K1-K3
		S2	R1-R3	K4-K6
		S3	R1-R3	K1-K3
Molto alto (E4)	Aree nelle quali l'utilizzo agricolo comporta un rischio di erosione del suolo molto elevato	S2	R4-R5	K4-K6
		S3	R4-R5	K1-K3
		S3	R1-R3	K4-K6
		S4	R1-R3	K1-K3
Estremamente alto (E5)	Aree tendenzialmente non adatte ad alcun tipo di utilizzo produttivo	S3	R4-R5	K4-K6
		S4	R4-R5	K1-K6

La metodologia proposta da Giordano et al. (1991) ed applicata nell'ambito del Programma CORINE (COoRdination INformation Environment) rappresenta una prima approssimazione del problema dell'erosione dei suoli evidenziando gli ambienti a maggiore rischio. Tale metodologia che considera soltanto l'erosione idrica è basata sulla stima della erosività delle piogge (indice di Fournier e indice di aridità Bagnouls e Gausson), dell'erodibilità del suolo (tessitura, profondità, pietrosità) nonché su valutazioni relative alla pendenza ed alla copertura vegetale. Essendo questa metodologia applicata in ambito regionale verrà più esaurientemente trattata nei capitoli successivi.

Riguardo all'utilizzo di foto aeree per la valutazione qualitativa dell'erosione e facendo riferimento a studi effettuati in Calabria, Sorriso-Valvo et al., nel 1990 hanno condotto una ricerca per testare l'utilità delle pratiche sistematorie e studiare l'evoluzione dei fenomeni erosivi di tipo calanchivo in una zona lungo la costa ionica meridionale. Mediante l'osservazione di foto aeree scattate in diversi periodi e indagini di campagna è stato osservato che i fenomeni erosivi erano in regressione in termini di incidenza areale grazie alle opere di riforestazione. Però è stato anche notato lo sviluppo, nella stessa zona, di fenomeni di erosione sotterranea (piping), causati probabilmente



Il passaggio da colorazioni brune a colorazioni bruno-giallastro chiare è espressione di affioramento del substrato. Comprensorio del catanzarese.

dalle pratiche sistematiche.

Ritornando ai modelli qualitativi, sono qui brevemente descritte alcune proposte e considerazioni di base che hanno permesso il successivo sviluppo di più modelli che fanno uso di tecniche più attuali e di un maggior numero di osservazioni. Nell'ambito di questa categoria possono essere inseriti anche quei modelli che, permettendo di calcolare il trasporto torbido in un dato bacino, attraverso la determinazione di alcuni parametri geomorfici, sono in grado di fornire valide indicazioni quantitative indirette sull'entità dei pro-

cessi erosivi.

Un parametro geomorfometrico particolarmente adatto a misurare l'intensità dei processi erosivi è dato dal rapporto di rilievo, usualmente espresso in piedi/miglia, che viene ottenuto dal rapporto fra la massima differenza di quota nel bacino e la lunghezza dello stesso, misurata parallelamente all'asta principale. L'ottima correlazione che esiste tra il rapporto di rilievo da un lato e le caratteristiche litologiche e la produzione di sedimenti dei bacini dall'altro, è stata individuata (Schumm, 1954) usando i dati di un gruppo di piccoli bacini del

Colorado sotto forma di grafico.

Langbein & Schumm (1958), sulla base dei dati di 265 bacini degli USA, appartenenti a differenti ambiti climatici, mettono in risalto l'influenza predominante del regime delle precipitazioni sul trasporto torbido e, al contempo, la non linearità di questa influenza.

Fournier (1960) propone la relazione $\log D_s = 2.65 \log p^2/P + 0.461 \log H/S - 1.56$ cui D_s rappresenta il trasporto torbido, p la precipitazione del mese più piovoso, P la precipitazione annua, H l'altitudine media del bacino ed S la superficie dello stesso. La relazione proposta da Fournier, sulla base dei dati di 96 bacini appartenenti a differenti siti del globo terrestre, tiene quindi contemporaneamente conto del regime delle precipitazioni e della situazione orografica. Fournier desume l'entità dell'erosione dal trasporto torbido permettendo

così di costruire una possibile mappa dell'erosione a scala mondiale.

Con riferimento al territorio italiano, Gazzolo & Bassi (1961) propongono una classificazione dei terreni in base al grado di erodibilità. Quindi, con riferimento ai sedimenti erosi che producono trasporto torbido ed in base ai dati di 70 stazioni torbiometriche, propongono una mappa ad isolinee di eguale erosione media.

Successivamente gli Autori (1964) prendono in considerazione i rapporti fra il trasporto torbido e le condizioni fisiografiche maggiormente influenti sui processi erosivi. Fra le grandezze prese in considerazione ne sono però presenti sia di quantitative (quali le precipitazioni, la pendenza dell'asta fluviale, ecc.) sia di qualitative (quali la copertura boschiva, un fattore geologico e lo stesso grado di erodibilità). E'



Cerealicoltura del comprensorio di S. Anna

perciò alto il grado di soggettività insito nelle valutazioni.

Cavazza (1962) utilizza i dati di bacini del territorio calabrese e lucano per identificare una relazione fra trasporto torbido da un lato e pioggia media annua, massima pioggia di durata 30 minuti, acclività media del bacino, percentuale di bacino soggetto ad aratura e percentuale di terreni erodibili dall'altro. La relazione proposta risulta da un'analisi di regressione multipla e prende in considerazione i fattori più influenti. Anche in questa relazione sono presenti elementi di soggettività ed inoltre l'elevata correlazione "spuria" fra percentuale di terreni arabili e percentuale di terreni erodibili ne riduce la presunta bontà.

Il meccanismo di trasformazione operato dal bacino sulle precipitazioni

viene considerato nel suo complesso quale indice della influenza dei fattori geologici e litologici da Capozza (1963) che, sulla base di un solo anno di osservazioni sul fiume Agri a monte della diga del Pertusillo, propone la relazione fra i valori giornalieri del trasporto torbido T_s , in kg/m^3 , e delle portate liquide Q , in m^3/s :

$$\log T_s = 2.98 + 2.05 \log Q$$

I dati di trasporto torbido di 13 bacini italiani permettono a Ciccacci et al. (1980) di evidenziare l'influenza di varie grandezze geomorfologiche (gradiente medio di pendio dei segmenti fluviali, densità di drenaggio, indice e densità di anomalia gerarchica) e climatiche (p^2/P , $P \cdot \sigma$, con P precipitazione media annua e σ deviazione standard dalla media delle precipitazioni mensili p) sul trasporto torbido e di condurre le



Danni alla rete viaria causati da una cattiva gestione dei suoli

analisi di regressione multipla che conducono alle migliori bontà di adattamento alle osservazioni.

Infine sono da mettere in risalto anche le sperimentazioni con piogge simulate su piccole parcelle attrezzate all'interno di piccoli bacini.

Questa metodologia permette di studiare ed analizzare i diversi fattori coinvolti nei processi erosivi sia separatamente sia globalmen-

te in condizioni controllate e confrontabili ottenendo così una più rapida conoscenza del fenomeno erosivo rispetto alle indagini effettuate con pioggia naturale.

Per quanto riguarda la Calabria, utilizzando tali dispositivi sono stati effettuati, nei pressi di Crotona, all'interno di un bacino inciso in argille, alcuni esperimenti di pioggia simulata con lo scopo di fornire dati puntuali sugli effetti del diverso tipo di copertura vegetale installata con lo scopo di limitare e controllare i fenomeni erosivi molto diffusi in tale zona (Sorriso-Valvo et al., 1995). E' stato osservato

che per una pioggia intensa (maggiore di 25 mm/h) con una durata di 30-40 minuti si hanno differenti valori dell'erosione: nelle parcelle caratterizzate da



Fenomeni di soil slip su colline argillose

una fitta copertura erbosa si sono ottenuti valori trascurabili vicini allo 0, nelle parcelle con la presenza di alberi un valore di 0.05 mm, infine nelle parcelle completamente prive di vegetazione un valore di 0.14 mm. I risultati su esposti mettono in evidenza la grande variabilità nell'entità dell'erosione che esiste anche all'interno di uno stesso bacino a causa dell'influenza del diverso tipo di copertura vegetale.

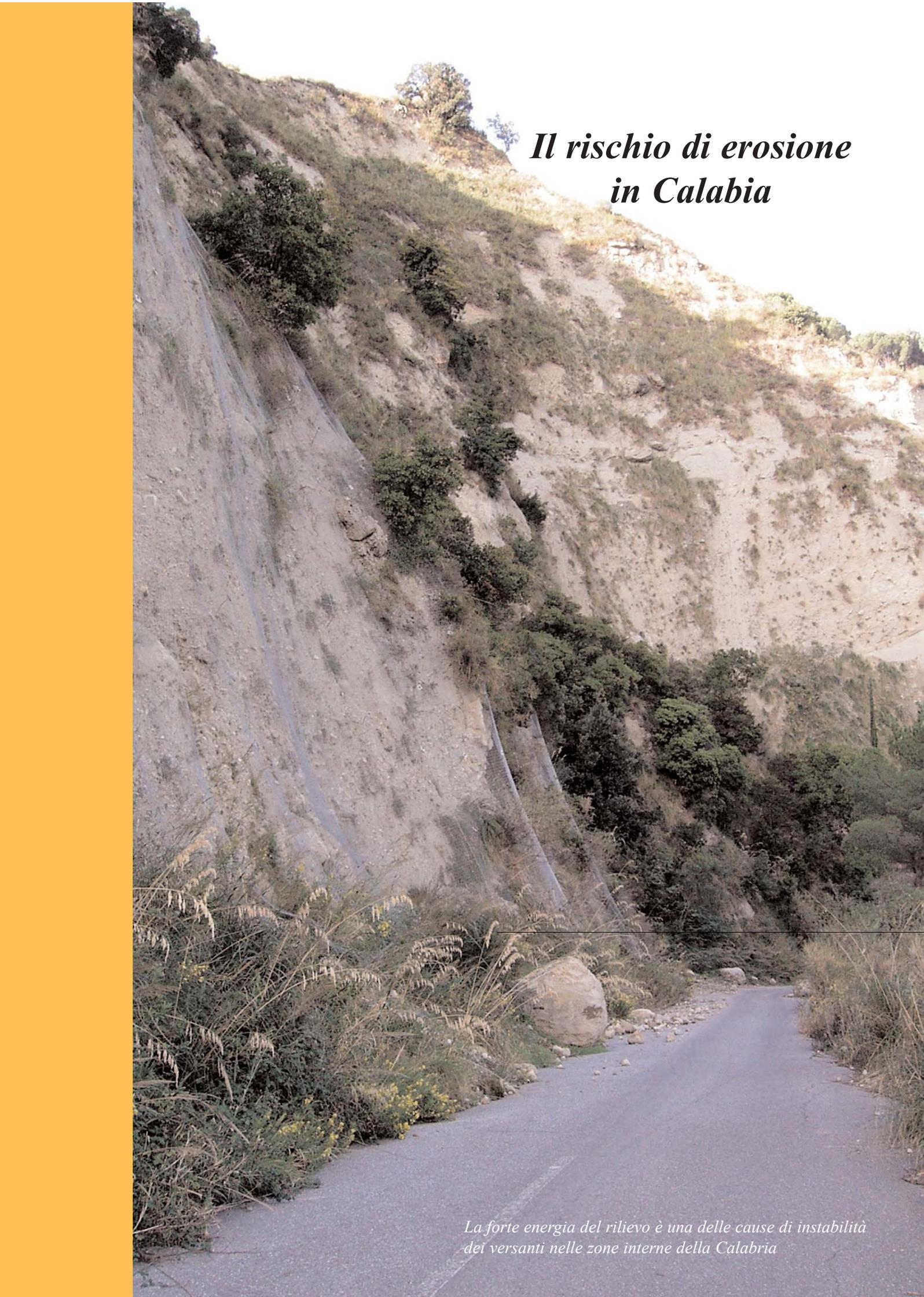
Sperimentazioni di piogge simulate effettuate da Antronico et al., nel 1999, condotte su alcune parcelle rappresentative di versanti in argilla ed in sabbie e conglomerati all'interno del bacino

del T. Turbolo (CS) hanno permesso di studiare la risposta di tali versanti al verificarsi di intensi temporali estivi preceduti da piogge di più bassa intensità (circa 80 mm/h). I risultati, oltre che confermare la crescita dell'erosione all'aumentare della pendenza per entrambe le litologie, evidenziano una maggiore erosione superficiale su sabbie e conglomerati. Ciò è riconducibile ad un maggiore deflusso superficiale che si è instaurato durante le prove su

questa litologia. Sulle argille, di contro, è stata osservata una maggiore permeabilità degli orizzonti più superficiali che ha permesso una importante circolazione idrica sotterranea. Infatti nei versanti in argilla in tale periodo dell'anno (estate), a causa della presenza di una fitta rete di fessure che permette l'infiltrazione dell'acqua, non si ha una cospicua risposta in termini di erosione superficiale anche per piogge particolarmente intense.

Versanti lavorati privi di sistemazioni idraulico-agrarie





Il rischio di erosione in Calabria

*La forte energia del rilievo è una delle cause di instabilità
dei versanti nelle zone interne della Calabria*

3. Inquadramento ambientale

3.1 Territorio e orografia della Calabria

La Calabria ricade fra le latitudini 40°00'N e 38°12'N e fra le longitudini 16°30'E e 17°15'E e forma, penisola anch'essa, l'estrema diramazione della penisola italiana. La regione è delimitata su tre lati dal mare mentre a Nord il confine è nettamente segnato dal massiccio del Pollino.

Il territorio regionale calabrese presenta una forma molto allungata, circa 250 km, e la distanza massima dal mare è ovunque inferiore a 50 km. Procedendo da Nord verso Sud lungo la costa tirrenica, si incontrano il golfo di Sant'Eufemia, il promontorio di Capo Vaticano ed il golfo di Gioia. Oltrepassato lo Stretto di Messina e procedendo lungo la costa ionica verso Nord le principali rientranze sono quelle del golfo di Squillace e del vasto golfo di Taranto.

Il territorio regionale si estende su

una superficie di circa 15.000 km² della quale solo il 9% in pianura, il 49.2% in collina ed il 41.8% in montagna. In figura 3.1 sono riportate la curva ipsografica e la distribuzione delle pendenze sul territorio regionale. In particolare, le aree pianeggianti sono limitate principalmente alle strette fasce litoranee ed alle valli dei maggiori corsi d'acqua. La più vasta area pianeggiante della regione, la piana di Sibari, è affacciata sullo Ionio, è estesa per circa 180 km² ed è formata dalle alluvioni del fiume Crati e del suo affluente Coscile. Le rimanenti aree pianeggianti sono quella di Sant'Eufemia e quella di Gioia, appartenenti al versante tirrenico.

I rilievi della Calabria includono a Nord il versante meridionale del massiccio del Pollino (Serra Dolcedorme, 2271m), con il quale termina l'Appennino lucano; a Sud dell'incisione detta

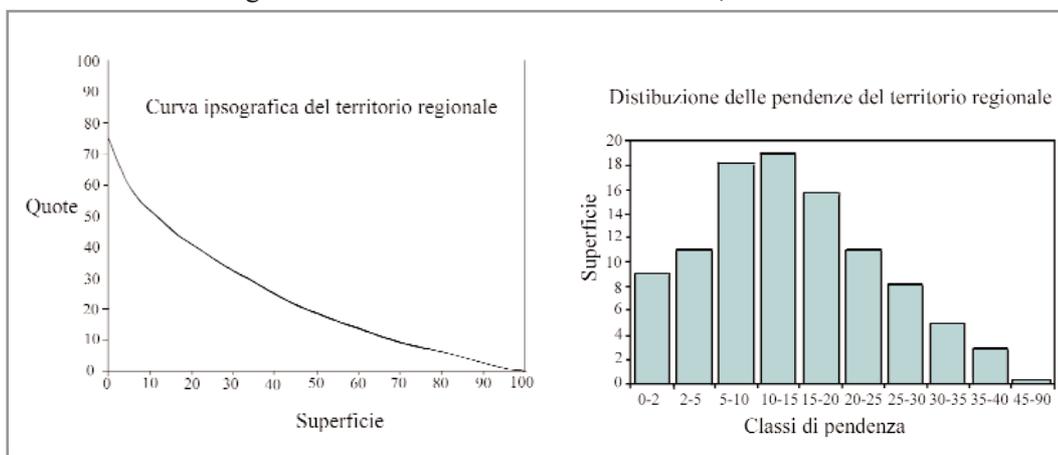


Fig. 3.1 - Curva ipsografica e distribuzione delle pendenze

"del passo dello Scalone" (740 m) inizia l'Appennino calabro della catena Costiera Paolana compresa fra il mar Tirreno ad Ovest e la valle del fiume Crati ad Est. La catena Costiera si sviluppa per circa 70 km presentando quote poco variabili comprese fra 1100-1300 m e culminando a 1544 m con il monte Cocuzzo. Un altro importante massiccio è quello dell'altopiano silano (Sila Grande, Sila Greca e Sila Piccola) che tocca i 1929 m con M. Botte Donato, situato sul lato centro-orientale della penisola calabra. La Sila risulta delimitata a Sud dalla depressione costituita dall'Istmo di Catanzaro tra i golfi di Sant'Eufemia e di Squillace, largo una trentina di chilometri. A Sud dell'Istmo di Catanzaro, sul lato orientale della penisola calabrese, si sviluppa

per circa 50 km la catena delle Serre, che raggiunge i 1423 m con monte Pecoraro, ed è separata dall'Aspromonte dal piano del Limina.

La parte più meridionale della regione è occupata dal massiccio dell'Aspromonte che si eleva fino a 1955 m con M. Montalto. Un ultimo rilievo degno di nota è costituito dal massiccio del monte Poro (710 m) che protendendosi sul mar Tirreno costituisce il promontorio di Capo Vaticano. Come si è visto, alle relativamente elevate quote corrispondono distanze dal mare estremamente ridotte; conseguentemente le aree collinari, interposte fra i rilievi montuosi e le coste, risultano quasi ovunque aspre, caratterizzate da notevoli pendenze e profondamente incise dai corsi d'acqua.



Erosione idrica su suoli evoluti su depositi grossolani del Quaternario. Botricello (CZ).

3.2 Idrografia

La Calabria presenta, a cause delle accennate caratteristiche orografiche, un gran numero di bacini di modesta estensione. I corsi d'acqua si sviluppano generalmente su pendenze elevate e solo per brevissima parte in pianura. La regione può essere suddivisa in un versante tirrenico ed uno ionico. I maggiori corsi d'acqua che sfociano nel Tirreno sono il Lao, il Savuto, l'Amato, il Mesima ed il Petrace. Di questi solo il

regime del Lao, in quanto alimentato dalle sorgenti presenti nelle rocce calcaree del Pollino, e quelli del Mesima, alimentato da numerosi

affluenti, non è di tipo torrentizio. Il regime dei rimanenti tre corsi d'acqua è di tipo torrentizio. Tutti gli altri piccoli corsi d'acqua sono delle vere e proprie fiumare; in particolare quelli che hanno origine nella catena Costiera presentano pendenze molto accentuate. Dal versante ionico settentrionale traggono origine i corsi d'acqua maggiori della regione. Fra questi, il Crati raccoglie i deflussi

dal Pollino, tramite i suoi affluenti Coscile ed Esaro, dalla catena Costiera mediante numerosi torrenti e dalla porzione settentrionale dell'altopiano silano, principalmente attraverso il Mucone. Il Trionto, il Neto, il Tacina, l'Alli ed il Corace drenano la parte orientale e meridionale dell'altopiano silano.

Sulla parte meridionale del versante ionico calabrese il reticolo idrografico è

Paesaggio del crotonese



costituito, eccezion fatta per l'Ancinale, da numerose fiumare che traggono origine dalle Serre e dall'Aspromonte.

Caratteristica comune dei corsi d'acqua calabresi è quella della ridotta estensione e delle accentuate pendenze sia dei versanti che degli alvei. Il loro regime è quindi strettamente correlato a quello delle precipitazioni.

3.3 *Clima*

Il clima della Calabria è caratterizzato da una stagione rigida ed umida, da Ottobre - Marzo, seguita da una calda e asciutta, da Aprile a Settembre, nella quale si verificano mediamente solo il 20-30% del totale annuo delle precipitazioni. Secondo Koeppen il clima regionale può essere classificato come moderatamente umido ma con estate asciutta e piuttosto calda (più di 22° in luglio), infatti ricade nella fascia climatica C dei climi mesotermici umidi (temperatura del mese più freddo compresa fra + 18° e -3°) e presenta una stagione estiva (s) arida. Più sinteticamente è un clima temperato con estate secca denominato "mediterraneo". Questo carattere di mediterraneità è infatti molto evidente; gli inverni sono tiepidi e piovosi sulle coste (anche se frequentemente freddi nelle aree montuose dell'interno), le estati sono caratterizzate da elevate temperature e prolungate siccità. La regione presenta al proprio interno diverse zone che differiscono dal punto di vista climatico. Le differenze sono in genere da attribuirsi all'azione di fattori locali quali l'orografia, la distanza dal mare, la presenza di

laghi o di aree urbanizzate e il tipo di vegetazione.

Nelle aree costiere la temperatura media di gennaio è sui 10 °C, mentre nelle zone interne non supera i 4 °C e, al di sopra dei 1500 metri di quota sulla Sila e dei 1700 metri sull'Aspromonte, frequentemente si registrano valori negativi. Queste differenze si osservano prevalentemente nella stagione invernale mentre d'estate la distribuzione territoriale delle temperature è molto più omogenea con valori che si aggirano sui 24 °C. L'azione mitigatrice del mare influenza in effetti solo le aree costiere data la prossimità dei rilievi al mare: ad esempio la valle del Crati ha temperature estive costantemente molto elevate



Giovane oliveto privo di sistemazioni idraulico-agrarie.

essendo assimilabile ad una conca isolata dai venti.

L'influenza dell'orografia è ancora più marcata nei riguardi delle precipita-

zioni. Infatti nei versanti esposti al vento si generano delle precipitazioni di carattere intenso anche se non violente (effetto stau) e nella valle del versante opposto arriva una massa di aria calda (effetto föhn).

L'orografia è in definitiva determinante sulla circolazione atmosferica. A tale proposito risultano importanti principalmente l'anticiclone delle Azzorre, quello Russo Siberiano e la depressione dell'Islanda. In inverno l'anticiclone delle Azzorre porta tempo sereno con temperature miti e quello Russo-siberiano porta tempo sereno con temperature più rigide. Al ritirarsi degli anticicloni è comunemente dovuto l'arrivo delle perturbazioni dall'Islanda.

Allorché i due anticicloni si uniscono a formare un'unica zona di alta pres-

sione sull'Europa, sul Mediterraneo ed in Calabria possono ingenerarsi depressioni con intense precipitazioni. In Primavera le temperature sono più miti e le piogge meno copiose. La situazione è però più instabile. In Estate l'anticiclone delle Azzorre si estende sul Mediterraneo ed apporta cielo sereno e venti in regime di brezza. Situazioni temporalesche sono ingenerate dalle alte temperature del suolo. In Autunno l'anticiclone Russo-siberiano prevale su quello delle Azzorre, quindi masse di aria fredda giungono da Nord-Est e il maltempo interessa le aree adriatiche e ioniche. Depressioni africane si localizzano sull'Egeo originando precipitazioni molto intense.

Nelle figure 3.2 e 3.3 seguenti sono riportate due situazioni tipiche.



La distruzione della copertura vegetale innesca intensi fenomeni erosivi.

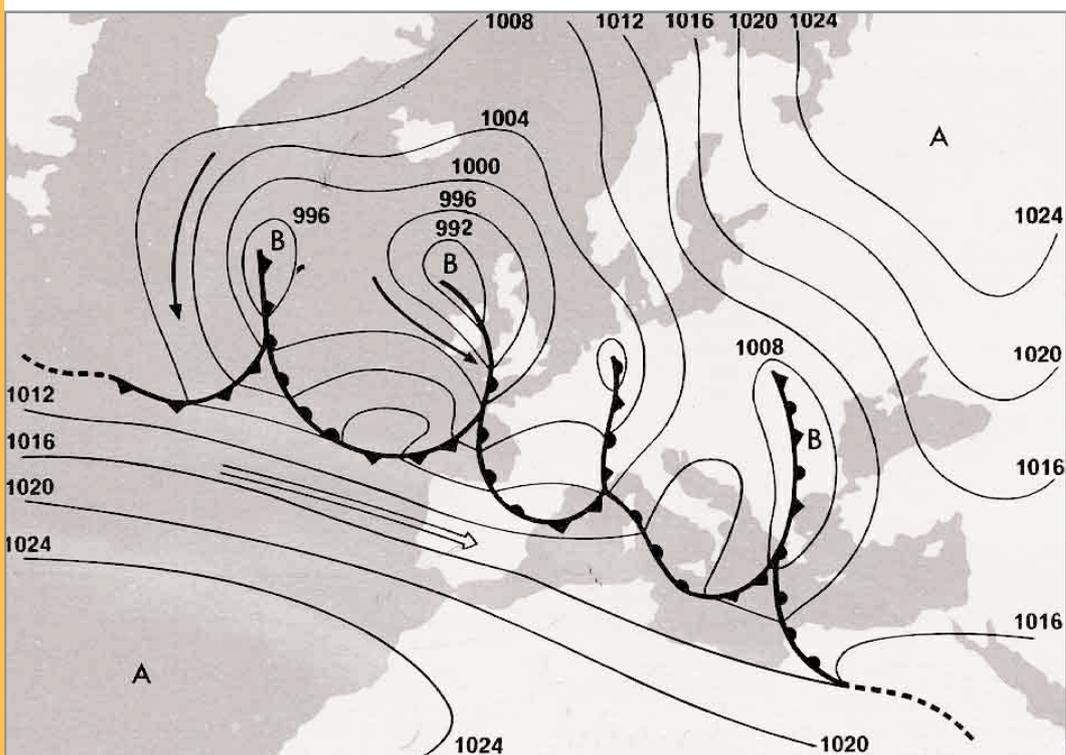


Fig. 3.2 - Famiglia di cicloni sul Nord-Atlantico e sul Nord-Europa in una frequente situazione dell'autunno inverno. Le perturbazioni raggiungono l'Italia attraverso la sella di bassa pressione che taglia diagonalmente l'Europa (Bernacca, 1972).

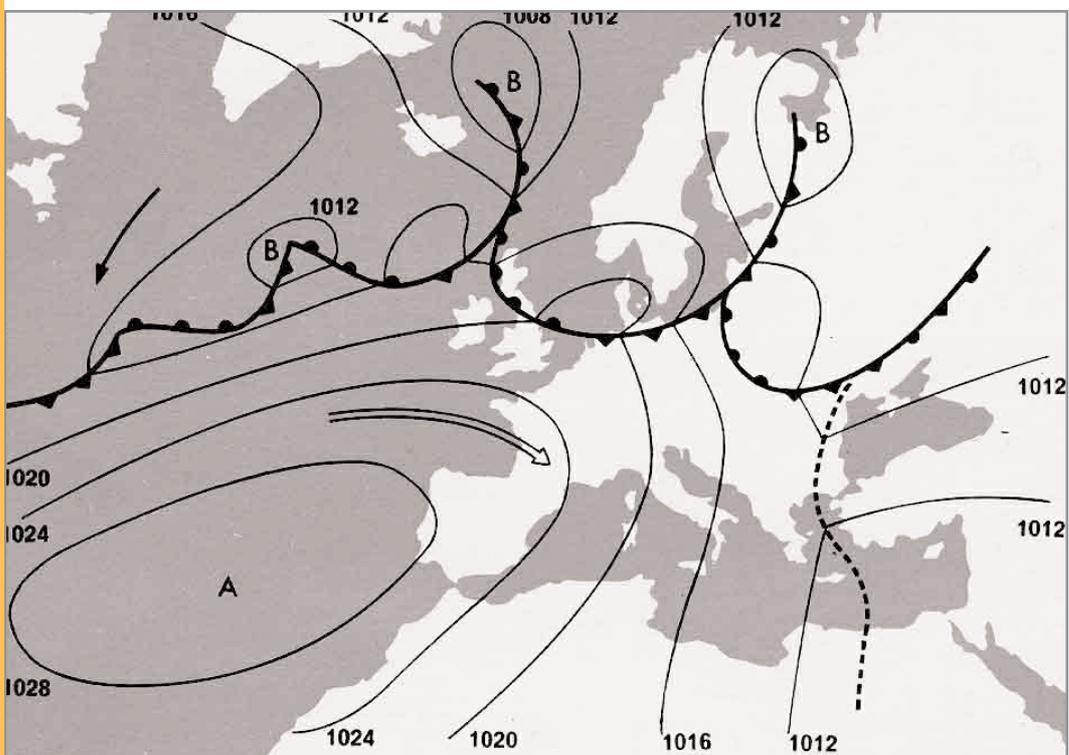


Fig. 3.3 - Famiglia di cicloni sul Nord-Atlantico e sul Nord-Europa nella tipica situazione estiva. Le perturbazioni ruotano al bordo del nucleo di alta pressione delle Azzorre al massimo della sua espansione (Bernacca, 1972).

3.3.1 Temperatura

Sull'intero territorio regionale Gennaio è il mese più rigido e Luglio-Agosto quelli più caldi. I mesi autunnali risultano più caldi di quelli primaverili ed il passaggio dalla stagione calda a quella fredda avviene abbastanza bruscamente.

Le varie aree regionali presentano, in definitiva, andamenti termometrici simili con una variabilità correlata mediante relazioni lineari decrescenti alle quote seguendo il gradiente adiabatico umido.

La temperatura media annua presenta, a livello regionale, un gradiente di circa 0.65°C ogni cento metri di quota. Più precisamente (Catani et al. 1995) per le aree del versante ionico il gradiente è di $-0.748^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ e su quel-

lo tirrenico di $-0.610^{\circ}\text{C}/100\text{m}$.

I valori maggiori vengono quindi raggiunti sulle aree costiere ($17-18^{\circ}\text{C}$) e quelli minori sui rilievi (10°C sui versanti del Pollino della Sila e dell'Aspromonte, 5°C sul Pollino). Per quanto riguarda i valori massimi, le più alte temperature superano spesso i 40°C nelle aree di pianura costiera, soprattutto se circondate da rilievi; le temperature minime sono frequentemente negative sul Pollino, in Sila e sull'Aspromonte, ove peraltro la copertura nevosa permane per lunghi periodi.

Le escursioni termiche variano dai $16-17^{\circ}\text{C}$ delle Serre, dell'Aspromonte e dei versanti occidentali della Catena Costiera, ai 18°C delle aree vallive interne, ai $20-22^{\circ}\text{C}$ dell'altopiano silano.



Solifluzione nel comprensorio di S. Maria di Catanzaro

3.3.2 Precipitazioni

Come già detto il rilievo esercita un influsso significativo sulla piovosità; in modo abbastanza netto si oppongono pianure costiere aride a zone montuose interne con precipitazioni frequente-

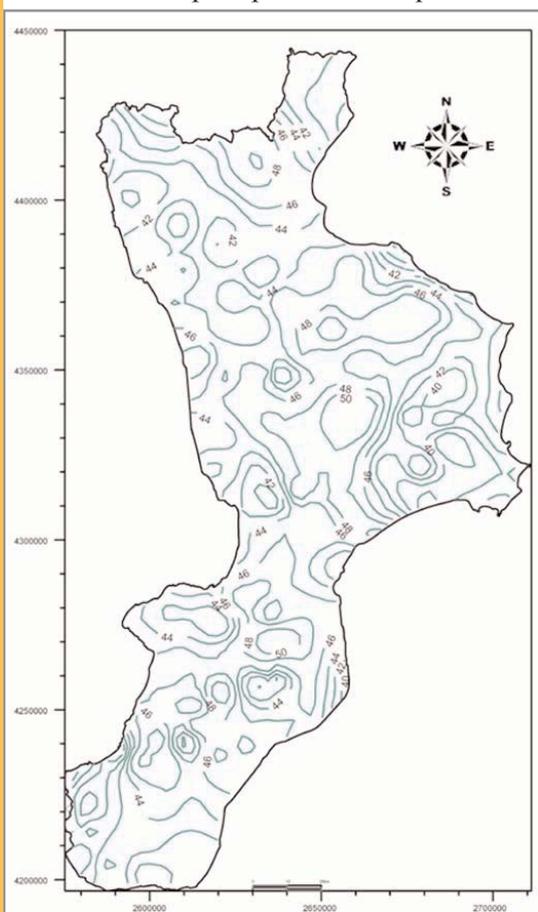


Fig. 3.4 - Numero medio annuo di eventi (Nev0)

mente copiose, e soprattutto un versante, quello occidentale, con piogge tra le più abbondanti dell'Italia peninsulare, in contrasto con quello orientale, più arido. In tutta l'area volta al mar Tirreno i monti esercitano una determinante azione di cattura delle correnti umide di origine atlantica. Nella catena Costiera e nell'Aspromonte si toccano e persino

si possono superare i 2000 mm annui di precipitazioni. Per contro tutta la fascia orientale, ionica, si colloca tra i 600 e i 1000 mm annui, con valori anche più bassi nelle aree pianeggianti, per esempio nella piana di Sibari.

Le zone con le maggiori quantità di precipitazioni sono quelle interne, in ragione delle più elevate quote. Il numero di eventi precipitativi è maggiore sulla fascia della Catena Costiera e minore nelle fasce costiere della piana di Sibari, del Marchesato e dell'estremo versante meridionale dell'Aspromonte, in quanto protette dalle perturbazioni, provenienti in genere da Nord Nord-Ovest in inverno, rispettivamente dal

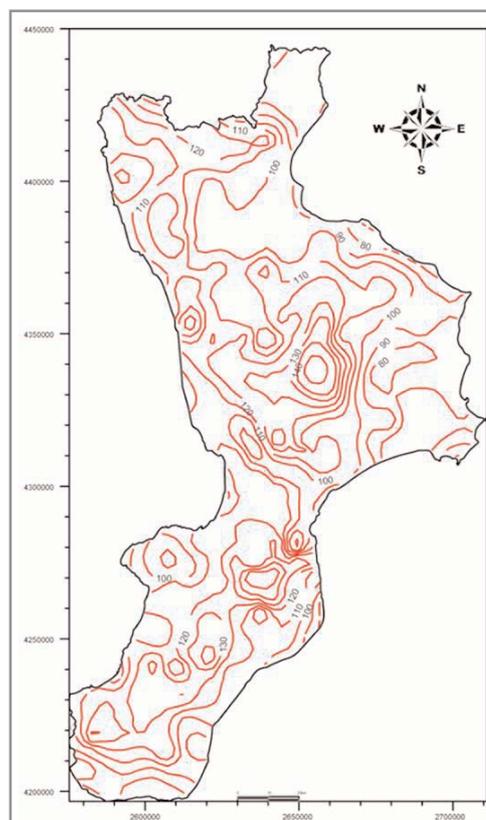
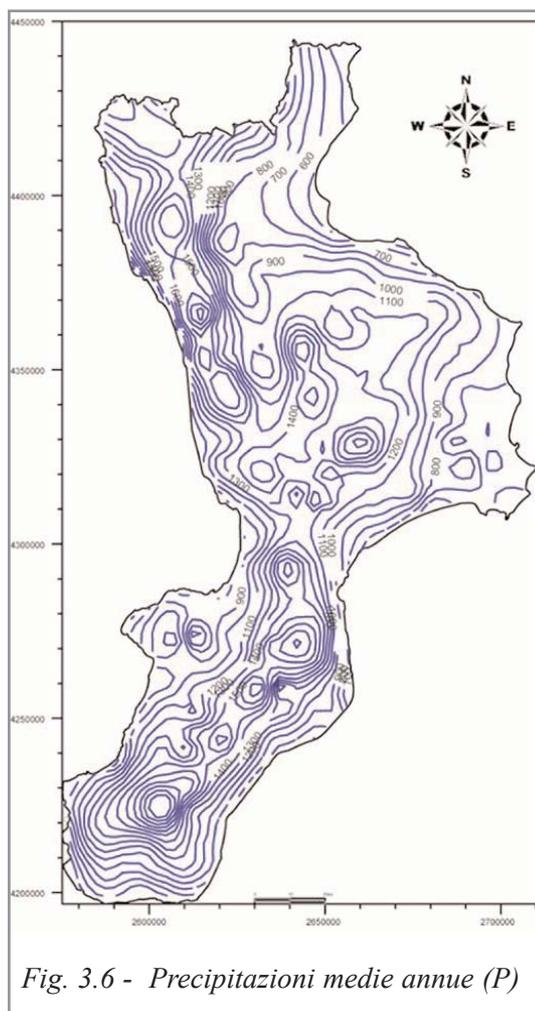


Fig. 3.5 - Numero medio annuo di giorni piovosi (NGP)

massiccio del Pollino, dall'Altopiano silano e dai monti Peloritani della Sicilia. Di questo effetto di protezione risentono solo parzialmente i versanti ionici delle Serre; in questa zona in effetti le precipitazioni autunnali sono maggiori di quelle invernali in quanto le precipitazioni autunnali provengono, come già detto, dall'Egeo .

Nelle figure 3.4, 3.5, 3.6 seguenti sono riportate (Terranova, 2002, 2004 in press) le iso-curve del numero medio annuo di eventi, del numero medio annuo di giorni piovosi e delle precipitazioni medie annue.



Nelle aree maggiormente erose l'emergenza del frumento è quasi assente

3.4 Geologia della Calabria

La complessità geologica che caratterizza la Calabria, che ha da sempre attirato l'attenzione di studiosi di tutto il mondo, deriva dalla tormentata storia tettonica che la regione ha subito durante la sua strutturazione.

La struttura geologica della regione è costituita essenzialmente da una serie di falde cristalline, denominata nell'insieme Arco Calabro, derivante dalla deformazione di crosta oceanica e continentale. Due importanti sistemi strutturali trasversali delimitano le coltri cristalline dell'Arco Calabro rispetto alle catene sud-appenninica e maghrebide: la linea di Sangineto a nord e la linea di Taormina a sud (fig. 3.7)

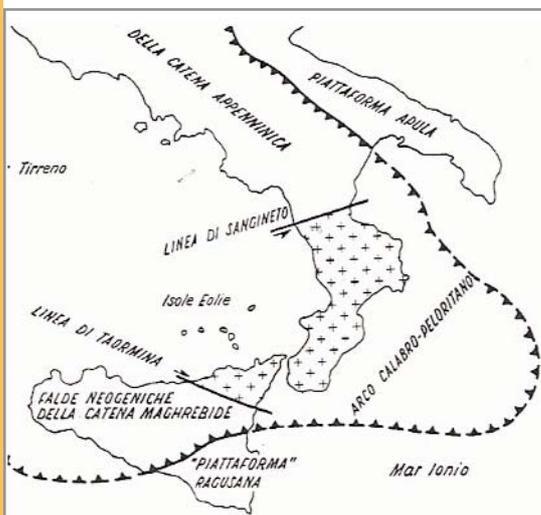


Fig. 3.7 - Schizzo del sistema appenninico-maghrebide (da Amodio-Morelli et al., 1976).

L'Arco Calabro è stato differenziato in due distinti settori che vengono a contatto lungo un allineamento strutturale, poco a sud di Catanzaro, che da

Capo Vaticano, attraverso la Valle del Mesima, si estende fino a Soverato (Bonardi et al., 1982; Tortorici, 1982). I due settori sono caratterizzati da un assetto tettono-stratigrafico e da una storia evolutiva differente che si traduce per il settore meridionale, rispetto al settore settentrionale, nell'assenza di un'unità ofiolitica e di un metamorfismo alpino nelle unità cristalline, nella mancanza delle unità carbonatiche appenniniche sottostanti alle unità cristalline, ed infine nella vergenza meridionale delle falde.

Il settore settentrionale (fig. 3.8) è formato da una serie di falde, costituita da rocce granitiche e da rocce metamorfiche ed ofiolitiche di alto e di basso grado, che presenta piani di accavallamento e strutture caratterizzate da polarità europea. Tali coltri poggiano sulle unità carbonatiche appartenenti alla catena appenninica; queste ultime unità affiorano lungo la Catena Costiera e nel Massiccio del Pollino.

Cinque sono le unità riconosciute e che di seguito vengono sinteticamente descritte nei loro caratteri essenziali. L'unità più profonda è l'Unità del Frido; questa unità affiora un po' su tutto il settore ed è costituita da metasedimenti cui sono associate ofioliti costituite prevalentemente da metabasalti e serpentiniti. Segue l'Unità di Malvito costituita da lave a pillow su cui poggia una

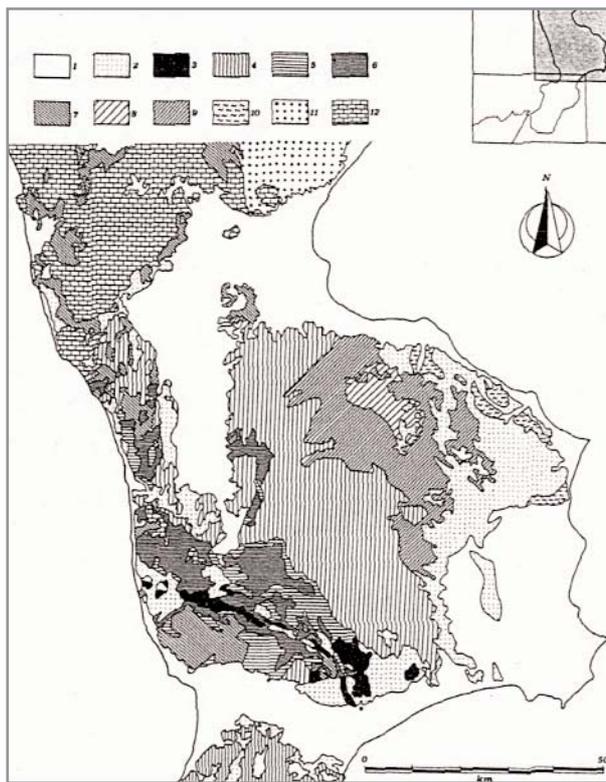


Fig.3.8 - Schema geologico-strutturale del settore settentrionale dell'Arco Calabro-Peloritano. Legenda: 1) sequenze medio-supraplioceniche-pleistoceniche; 2) sequenze tortoniano-infraplioceniche; 3) Unità di Stilo; 4) Unità Polia-Copanello; 5) Unità di Castagna; 6) Unità di Bagni; 7) Unità ofiolitifere (Unità del Frido + Unità ofiolitica superiore); 8) Unità di Longobucco, copertura sedimentaria; 9) Unità di Longobucco, basamento; 10) Unità Sicilidi; 11) Unità del Cilento; 12) unità carbonatiche della catena appenninica (da Tortorici, 1982).

copertura costituita da argilliti silicee, radiolariti, calcari marnosi e quarzoareniti. Si ha poi l'Unità di Bagni costituita da un basamento prevalentemente fil-ladico, con intercalazioni di micascisti, metareniti e porfiroidi, ed una copertura costituita da dolomie, calcari torbiditici e radiolari; l'unità affiora in Sila Piccola e nell'alta Valle del Crati. Segue al di sopra l'Unità di Castagna; questa unità che affiora in Sila Piccola, sul bordo orientale della Valle del Crati e nelle Serre settentrionali, è rappresenta-

ta essenzialmente da micascisti a granato, paragneiss biotitici e gneiss occhiadini. L'unità cristallina tettonicamente più elevata è l'Unità di Polia-Copanello che affiora nel Massiccio Silano; essa è costituita prevalentemente da gneiss kinzigitici con intercalate masse di anfiboliti e metaperidotiti. Nella porzione orientale del Massiccio Silano tali unità ricoprono l'Unità di Longobucco, la quale è costituita da un basamento di fil-ladi e da una copertura terrigena e carbonatica. Trasgressivi su tutto l'edificio a falde poggiano i terreni sedimentari marini e continentali del Tortoniano inferiore-Pliocene inferiore (con intercalati livelli costituiti da sedimenti appartenenti alle Unità Sicilidi) e del Pliocene medio superiore-Pleistocene.

Il settore meridionale (fig. 3.9), che comprende le Serre, l'Aspromonte e proseguendo in Sicilia i Peloritani, è rappresentato da una serie di coltri costituita da rocce granitiche e metamorfiche che si sono sovrapposte con polarità meridionale. Nell'insieme le coltri cristalline della Calabria meridionale e dei Monti Peloritani si sono accavallate sulle unità sedimentarie della catena delle Maghrebidi siciliane.

Di seguito sono sinteticamente descritte nei loro caratteri essenziali le unità che caratterizzano tale settore. L'unità più profonda è l'Unità di Longi-

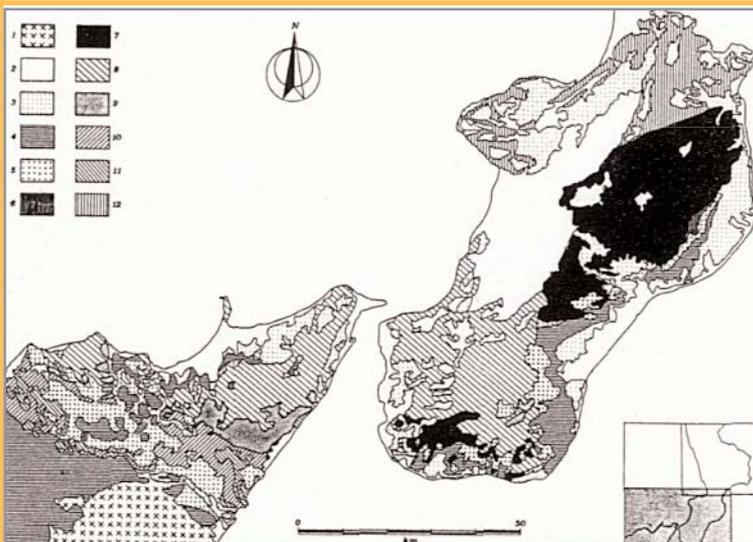


Fig. 3.9 - Schema geologico-strutturale del settore meridionale dell'Arco Calabro-Peloritano. *Legenda: 1) vulcaniti etnee; 2) sequenze medio-supraplioceniche-pleistoceniche; 3) sequenze tortoniano-infraplioceniche; 4) Unità Sicilidi; 5) Formazione di Stilo-Capo d'Orlando; 6) Unità di Stilo, coperture mesozoiche; 7) Unità di Stilo, basamento; 8) Unità dell'Aspromonte; 9) Unità di Mandanici; 10) Unità Longi-Taormina, coperture meso-cenozoiche; 11) Unità Longi-Taormina, basamento; 12) unità cristalline del settore settentrionale dell'Arco Calabro-Peloritano (da Tortorici, 1982).*

Taormina costituita da un basamento e da una copertura sedimentaria terrigena ed affiora lungo il margine meridionale dei Peloritani. Su di essa poggia l'Unità di Mandanici che affiora estesamente nella porzione centrale dei Peloritani e nel settore meridionale dell'Aspromonte; questa unità è costituita da filladi, quarziti, calcescisti e metabasalti ed una copertura sedimentaria. In posizione ancora più elevata si rinviene l'Unità dell'Aspromonte rappresentata da paragneiss, micascisti con intercalazioni di anfiboliti e marmi che affiora estesamente in tutta la parte meridionale dei Peloritani ed in Aspromonte. In posi-

zione apicale si trova l'Unità di Stilo; questa unità che affiora nelle Serre meridionali presenta un basamento costituito da paragneiss, micascisti e filladi ed una copertura costituita da una successione calcareo-dolomitica. Sull'edifi-

cio costituito da tali unità si deposita, tra l'Aquitano ed il Langhiano, la Formazione di Stilo-Capo d'Orlando costituita da una successione di torbiditi arenaceo-conglomeratiche ed arenaceo-pelitiche e coltri di argille variegiate scagliose.

Trasgressive su tutto l'edificio, costituito dall'impilamento di tali unità, poggiano le successioni del Tortoniano, del Pliocene inferiore e del Pliocene superiore-Pleistocene costituiti da rocce sedimentarie evaporitiche e terrigene.

L'Arco Calabro è interpretato come un frammento di una catena alpina Europa-vergente, formato da più falde sovrapposte derivanti dalla litosfera continentale ed oceanica africana, sovrascorse nel Miocene inferiore sulla catena appennino-maghrebide Africa-vergente (Amodio Morelli et al, 1976, Bonardi et al, 1982, Tortorici, 1982).

Durante il Neogene, l'Arco Calabro subisce una serie di fasi tettoniche distensive e trascorrenti collegate all'inizio



dell'apertura del Mar Tirreno. A seguito di tali deformazioni l'Arco Calabro risulta segmentato da importanti siste-

mi di faglie organizzati secondo sistemi longitudinali e trasversali rispetto alle direttrici strutturali della catena calabra, fig. 3.10.

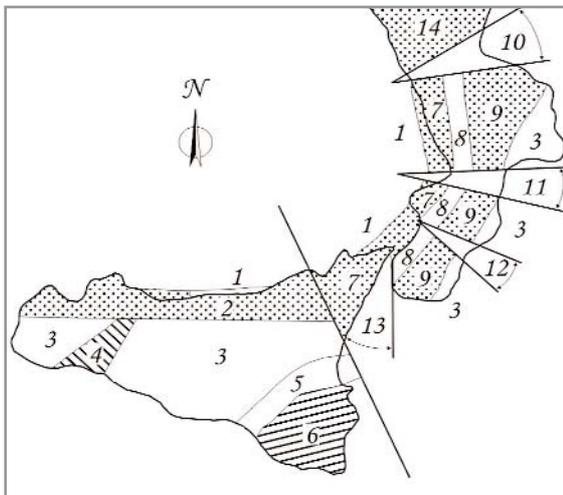


Fig. 3.10 - Schema di segmentazione a blocchi dell'Arco Calabro-Peloritano. 1) bacini peri-tirrenici di Paola, Gioia e Cefalù; 2) Monti Nebrodi, Baronie e Madonne; 3) bacini di Crotone-Capo Spartivento (peri-ionici), e di Caltanissetta-Castelvetrano; 4) Monti Sicani; 5) fossa Catania-Gela; 6) Monti Iblei; 7) Catena Costiera calabra, Capo Vaticano, Monti Peloritani; 8) fosse dell'Alto Crati, del Mesima e di Gioia Tauro; 9) Sila, Serre, Aspromonte; 10) fossa del Basso Crati-Sibari; 11) fossa di Catanzaro; 12) fossa di Siderno; 13) fossa di Messina; 14) gruppo del Pollino (da Ghisetti, 1979, modificata).

I due sistemi di faglie sono i principali responsabili dell'apertura di importanti bacini sedimentari continentali e marini, sia longitudinali (bacino del Crati, del Mesima, di Crotone-Capo Spartivento, di Paola-Gioia) sia trasversali (fossa del basso Crati-Sibari, fossa di Catanzaro, fossa di Siderno).

Durante il Quaternario la catena calabra è caratterizzata da una tettonica estensionale, che determina movimenti normali su tutte le preesistenti strutture. Il sollevamento tettonico è ancora attivo e ciò è testimoniato dall'intensa attività sismica della regione.

3.5 I suoli della Calabria

Il territorio regionale è caratterizzato da una grande variabilità ambientale. Alla diversità del substrato geologico si associano elevate energie del rilievo e sostanziali variazioni climatiche. Dalle rocce ignee e metamorfiche dei rilievi della Sila, delle Serre e dell'Aspromonte (Paleozoico) si passa ai calcari dolomitici del Pollino (Mesozoico), alle formazioni di varia natura litologica del Cenozoico che caratterizzano gran parte dei rilievi collinari, ai depositi del Quaternario che si rinvencono sulle antiche superfici terrazzate ed infine alle alluvioni recenti dei principali corsi d'acqua.

Le quote altimetriche elevate che si raggiungono in brevi distanze (2000 m s.l.m. in poche decine di chilometri) contribuiscono alle forti variazioni climatiche, che vedono coesistere, con riferimento alla classificazione di Thornthwaite il clima da “*subumido a subarido*” o addirittura “*semiarido*” del versante ionico con il clima *perumido* dei rilievi interni.

Queste differenze si riflettono in maniera diretta sui processi pedogenetici e sui suoli che da essi si originano.

La distribuzione nello spazio delle diverse tipologie pedologiche è talmente articolata da renderne difficile una sintesi.

Gli ambiti territoriali sufficiente-

mente omogenei a piccola scala che ci consentono di tracciare, per grandi linee, l'evoluzione dei suoli e gli elementi che li caratterizzano sono: i rilievi interni della Sila, delle Serre e dell'Aspromonte (Soil Region 66.5); il massiccio del Pollino (Soil Region 59.7); le aree collinari attraverso le quali i rilievi interni degradano verso il mare (Soil Region 62.3); i rilievi collinari dell'alto versante ionico (Soil Region 61.1), fig.3.11.

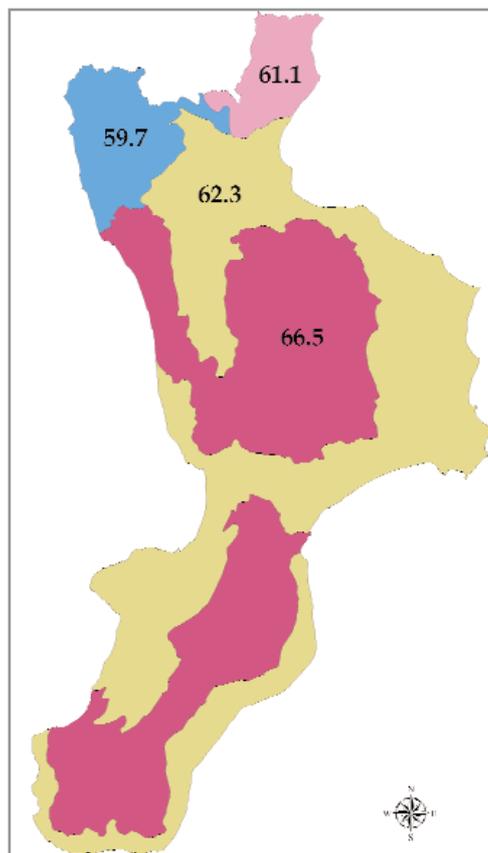


Fig 3.11 - Soil Region

- Rilievi montuosi della Sila, delle Serre e dell'Aspromonte (Soil Region 66.5)

La presenza di un orizzonte di superficie di colore bruno scuro, ricco di sostanza organica, abbastanza soffice e con basso grado di saturazione in basi (epipedon "umbrico") è l'elemento che accomuna i suoli di questa regione pedologica. La differenziazione di questo orizzonte, che prescinde generalmente dalla tipologia di substrato, è da ricondurre al processo di accumulo della sostanza organica, favorito da specifiche condizioni climatiche. Infatti, il regime di umidità dei suoli "udico" garantisce una buona disponibilità di acqua durante il ciclo vegetativo anche nel caso di suoli con bassa riserva idrica. Inoltre, le basse temperature, limitando la mineralizzazione in alcuni periodi dell'anno, contribuiscono all'accumulo di sostanza organica. Lo

spessore dell'epipedon umbrico e più in generale la profondità del suolo, variano in funzione della morfologia locale. Dal punto di vista tassonomico prevale in larga misura il "grande gruppo" dei *Dystrudept* con i "sottogruppi" *Humic* o *Humic pachic* nelle aree subpianeggianti degli altopiani, mentre sui versanti più o meno acclivi prevalgono il *Lithic Dystrudept*. Sui sedimenti fluvio lacustri si evolvono suoli in cui è possibile riconoscere la stratificazione tipica della dinamica fluviale (*Fluventic Humic Dystrudept*).

Sono nel complesso suoli da sottili a profondi, a tessitura moderatamente grossolana, con scheletro comune, che aumenta generalmente nei suoli evoluti su rocce metamorfiche. Presentano un buon drenaggio e si caratterizzano per la reazione acida.

Dal punto di vista ambientale va evidenziato che si tratta di suoli scarsa-



Paesaggio della presila catanzarese



Versanti acclivi del Pollino

mente protettivi nei confronti degli inquinanti che possono essere veicolati con facilità nei corpi idrici superficiali e profondi. I rischi di erosione sono legati quasi esclusivamente all'asportazione della copertura vegetale per attività antropica o a seguito di incendi.

- Massiccio del Pollino (Soil Region 59.7)

La formazione dei suoli in questa regione pedologica è legata alla lenta dissoluzione della roccia calcarea, per azione dell'acido carbonico disciolto nell'acqua e all'accumulo di residui insolubili. Trattandosi di ambienti generalmente acclivi, gran parte del materiale pedogenizzato si accumula per azione gravitativa nelle parti basse di versante o sui pianori. Possiamo, pertanto, distinguere tre situazioni preva-

lenti: aree particolarmente acclivi prive di copertura pedologica; aree in cui si stabilisce un certo equilibrio per pedogenesi ed erosione e si conservano suoli sottili in cui l'orizzonte di superficie poggia direttamente sul substrato dolomitico ed infine, zone di accumulo con suoli profondi e ben strutturati.

Il colore bruno molto scuro e le caratteristiche chimiche di questi suoli derivano dalla combinazione fra le sostanze argillose più o meno ricche di sesquiossidi di ferro ed alluminio che si originano dalla dissoluzione della roccia calcarea e la sostanza organica umificata e stabilizzata dall'eccesso di calcio nel mezzo. Dal punto di vista tassonomico si collocano negli *Hapludolls* (mollisuoli con regime di umidità "udico"), "sottogruppi" *Cumulici* (epi-

pedon spesso più di 50 cm) o *Litici* (contatto con il substrato entro 50 cm).

Presentano nel complesso elevati contenuti in sostanza organica, tessitu-



Suolo sottile su rocce calcaree (Lithic hapludoll)

ra franca; sono molto porosi, ben strutturati, a reazione neutra.

La principale causa di degrado dei suoli, in questi ambienti, può essere identificata nell'asportazione completa della copertura pedologica che, in presenza di un substrato di difficile alterazione, deve essere considerata pressoché irreversibile.

- Aree collinari e pianure costiere e fluviali (Soil Region 62.3)

Nell'ambiente di questa regione pedologica i suoli possono essere ricondotti a tre grandi ambienti: versanti a diversa acclività e substrato, antiche superfici terrazzate e depositi alluvionali recenti.

Sulle formazioni argilloso calcaree che interessano gran parte dei rilievi collinari, i processi di pedogenesi sono identificabili nella lisciviazione dei carbonati, che porta alla differenziazione di un orizzonte sottosuperficiale di accumulo degli stessi definito "*calcico*" e nel dinamismo strutturale che si manifesta con fessurazioni durante la stagione asciutta. Nello stesso ambiente, ma nelle aree più acclivi, sono presenti suoli caratterizzati da una scarsa evoluzione pedologica in cui già a 20-30 cm di profondità è possibile osservare il substrato di origine. Dal punto di vista tassonomico si collocano, nella maggior parte dei casi, nell'ordine degli

Inceptisuoli con regime di umidità *xerico* nelle aree meno rilevate (*Xerepts*) ed *udico* nelle aree più interne (*Udepts*).

Sui rilievi collinari a substrato grossolano si va da suoli sottili a profilo A-R (*Lithic Xerorthents*), a suoli moderatamente profondi sui versanti meno acclivi (*Typic Xeropsammets*).

Sulle antiche superfici terrazzate i suoli si evolvono su tre distinte tipologie di sedimenti: sabbie e conglomerati

bruno rossastri, sedimenti fini e depositi di origine vulcanica. Nel primo caso si rinvergono suoli caratterizzati da forte alterazione biochimica con evidenza di lisciviazione di argilla dagli orizzonti superficiali e differenziazione di un orizzonte "argillico" ben espresso (*Haploxeralfs* o *Hapludalfs*). Si tratta di suoli profondi a tessitura media, non calcarei, da subacidi ad acidi.

Sui ricoprimenti argillosi o argilloso limosi che caratterizzano alcune superfici terrazzate (S. Anna, Briatico) i suoli presentano spiccate caratteristiche "vertiche" (fessurazioni durante la stagione asciutta) che ne consentono la collocazione nell'ordine dei *Vertisuoli* della Soil Taxonomy. Sono suoli profondi o molto profondi, con scheletro scarso, da subalcalini ad alcalini.

Su alcuni terrazzi del Quaternario del basso versante tirrenico i suoli si evolvono su ricoprimenti di origine vulcanica e presentano caratteristiche peculiari. Sono suoli particolarmente soffici, di colore bruno scuro e dall'aspetto polverulento quando asciutti, risultano molto profondi e privi di scheletro, a reazione acida. Per la tassonomia americana si collocano nell'ordine degli *Andisuoli*.

Infine sui depositi alluvionali recenti della pianura costiera o dei principali corsi d'acqua le caratteristiche dei suoli variano in funzione della tipologia dei sedimenti. Si va da suoli a tessitura grossolana, a suoli moderatamente fini, da sottili a profondi, da calcarei a non calcarei, da subacidi ad alcalini.

Queste differenze si riflettono natu-



Erosione incanalata in giovane oliveto

ralmente sulla collocazione tassonomica; infatti si rinvencono, con una certa frequenza, suoli con evidente stratificazione (*Fluentic Haploxerepts*, *Typic Xerofluvents*), suoli con spiccato comportamento "vertico" (*Haploxererts*) ed *Inceptisuoli Tipici* caratterizzati da un orizzonte sottosuperficiale pedogenizzato.

Localmente, nelle pianure costiere sono presenti suoli con elevata salinità.

In questa regione pedologica sono molto intensi i fenomeni di degrado dei suoli per erosione da attribuire, oltre che ad una gestione impropria (es. frumento in monosuccessione), alla forte aggressività delle piogge, tipica di un clima marcatamente mediterraneo ed

alla particolare vulnerabilità dei suoli derivante dal substrato argilloso limoso del Pliocene. Nelle aree di pianura la principale causa di degrado può essere identificata nella cementificazione spinta che, nell'ultimo cinquantennio, ha sottratto al settore primario importanti superfici. Un'indagine condotta per comparazione fra l'uso reale del suolo del 1953 e del 1990, su un'area campione rappresentativa della pianura costiera (Cropani Marina - Steccato di Cutro) ha evidenziato una perdita di superficie utile per il settore agricolo pari a circa il 25% che, rapportato all'intero territorio pianeggiante e subpianeggiante della regione, significa ben 50.000 ha.

Comprensorio di Santa Severina (KR)



- Rilievi collinari dell'alto versante ionico (Soil Region 61.1)

L'ambiente di questa Regione suolo si caratterizza per i frequenti fenomeni di dissesto (soliflussione, frane) innescati dalla scarsa compattezza dei litotipi affioranti nei quali le acque meteoriche, rimanendo in superficie, creano un fronte saturo che favorisce i movimenti gravitativi. Si tratta di frane superficiali che interessano il complesso torbido-tico (flyschoid) arenaceo marnoso.

Sul substrato tendenzialmente più grossolano prevalgono suoli che presentano un orizzonte sottosuperficiale pedogenizzato (*Inceptisuoli*) la cui profondità varia in funzione del fattore morfologico.

Sui substrati più argillosi o argillo-

so siltosi si rinvencono suoli caratterizzati da fenomeni di idromorfia che si manifesta con la formazione di screziature rossastre e grigiastre dovute all'alternanza di condizioni ossido-riducenti (*Typic Endoaquepts*).

Altro processo che si riscontra in alcuni pedotipi di questa regione pedologica è rappresentato dalla lisciviazione parziale dei carbonati, con differenziazione di un orizzonte di accumulo degli stessi (orizzonte "*calcico*").

Nel complesso sono suoli da molto sottili a moderatamente profondi, calcarei, a reazione alcalina.



Zona Pedemontana del Pollino. Civita (Cs).



Comprensorio di Gimigliano (CZ) - Foto aerea del 1954 (IGM)



Stessa area della foto precedente, 1996. E' evidente la forte azione di recupero del territorio legata ai rimboschimenti.

4. Metodologia utilizzata

Per la scelta dei modelli di valutazione del rischio di erosione da utilizzare a livello regionale, sono stati applicati in aree campione, previa disamina dei modelli proposti dalla bibliografia, un modello quantitativo (RUSLE) e due distinti modelli qualitativi (Manrique e Giordano).

Le aree campione interessate ricadono nel comprensorio Cirò-Melissa, nell'Alto Crotonese, e nel bacino idrografico dei torrenti Assi e Guardavalle, nel versante ionico meridionale. Sulla base dei risultati acquisiti nelle aree campione ed in considerazione delle finalità del lavoro, sono stati individuati nei modelli RUSLE e Giordano quelli più rispondenti alla situazione regionale. Il modello Manrique, infatti, nelle specifiche situazioni ambientali attribuisce eccessivo peso al fattore pendenza, mentre sottostima l'influenza della copertura vegetale.

La metodologia RUSLE, basata sull'equazione universale di perdita di suolo, è stata applicata su celle elementari di 80 m di lato. Fornisce una visione molto articolata dell'erosione in ambito regionale e consente di stimare la quantità di sedimento/ha/anno prodotto. Il modello è stato applicato sia

considerando l'attuale uso e gestione del suolo (scenario attuale), sia ipotizzando l'introduzione di tecniche di gestione sostenibile (scenario alternativo). Ciò allo scopo di rendere la cartografia prodotta uno strumento propositivo che evidenzia, verosimilmente, le soluzioni possibili.

L'approccio qualitativo (Giordano, 1991) essendo stato applicato alle unità cartografiche della carta dei suoli della Calabria in scala 1:250.000, fornisce, al contrario, un quadro generale di riferimento. I diversi aspetti dell'applicazione delle due metodiche, che nel complesso sono risultati molto coerenti con la realtà regionale, saranno illustrati di seguito.

Contestualmente all'applicazione dei due metodi di valutazione del rischio di erosione, è stato effettuato uno studio relativo al degrado dei suoli per erosione nel versante ionico, (allegato 1).

Nello specifico è stata valutata la perdita di produttività dei suoli relativamente alla coltura più diffusa nel comprensorio rappresentata dal grano duro.

4.1 Applicazione del modello *RUSLE*

Per la valutazione e l'analisi dei processi erosivi è stata utilizzata la versione modificata della USLE, definita *RUSLE*, già accennata nei paragrafi precedenti. Per la valutazione dei singoli parametri costituenti il modello, sono state utilizzate le metodologie di seguito riportate (fig.4.1).

Il fattore *R* rappresenta l'aggressività delle piogge e viene stimato, nella presente applicazione al territorio calabrese, sulla base del concetto di "iseroendenti" secondo le proposte di D'Asaro e Santoro (1983).

In particolare il concetto di iseroendenti viene adottato utilizzando le relazioni proposte per il territorio calabrese da Sorrentino (2001). Queste ultime, che tra l'altro considerano metodologie

di studio a carattere regionale messe a punto da Versace et al. (1989), sono state definite considerando gli eventi di pioggia con intervallo di discretizzazione di 5 minuti, relativi a 56 stazioni, ben distribuite sul territorio di interesse; l'arco temporale considerato copre il periodo 1997-1999 e sul totale degli eventi di pioggia delle 56 stazioni, sono stati selezionati 3120 eventi erosivi.

Il pur breve periodo di osservazione, il solo disponibile, ha consentito di ricavare delle semplici relazioni fra parametri caratteristici delle piogge di più semplice reperimento ed *R*.

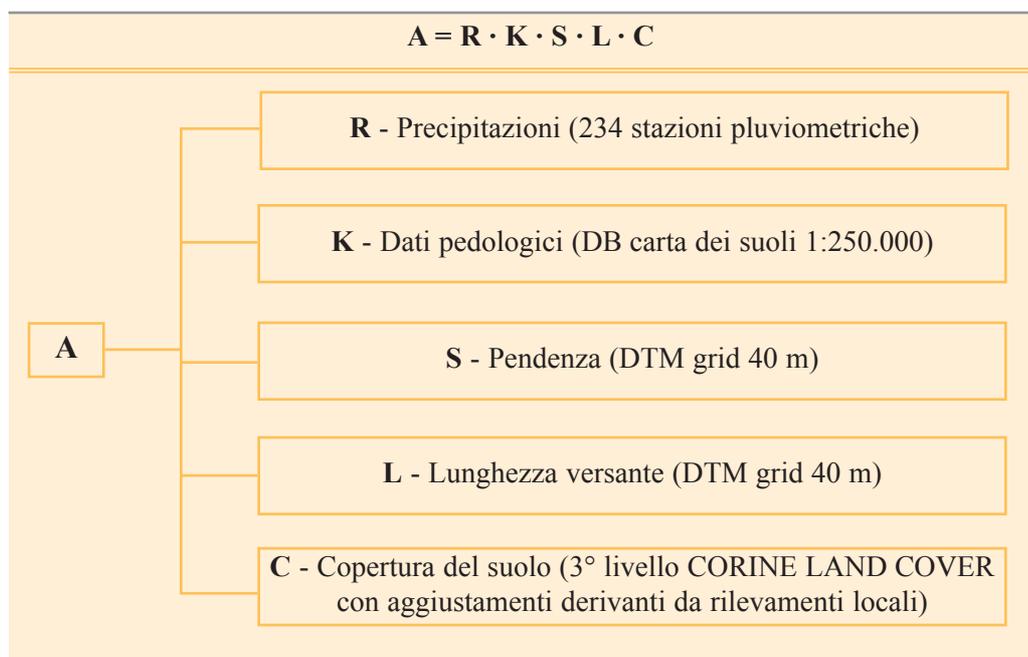


Fig. 4.1 - Schema metodologico dell'Equazione Universale di Perdita del Suolo

Precisamente:

$$R = 1163.45 + 4.9 P - 35.2 \text{ NGP} - 0.8 q$$
$$r = 0.938 \quad (1)$$

$$R = -1137.7 + 49.97 I_1 + 647 I_{24}$$
$$r = 0.767 \quad (2)$$

in cui P rappresenta la pioggia media annua, NGP il numero medio annuo di giorni piovosi, q la quota sul livello del mare, I_1 ed I_{24} i valori medi dei massimi annuali delle intensità di pioggia di durata 1 e 24 ore rispettivamente.

La relazione utilizzata nello studio menzionato è stata la prima, caratterizzata da un più elevato coefficiente di correlazione pari a 0.938, e nella quale compaiono P, NGP e q, che sono di affidabile e certa determinazione. La relazione trovata per il triennio 1997-99 è stata estrapolata dai dati 1921-80 ed ha permesso di valutare in circa il 74% l'aggressività media del triennio rispetto a quella media del periodo 1921-80. Infine lo studio è stato affinato integrando le 56 stazioni utilizzate con altre 44 "ausiliarie" in cui erano disponibili solo i dati P, NGP, q, I_1 ... I_{24} , e non quelli degli eventi a 5 minuti.

Nell'ambito di questo lavoro le relazioni proposte nello studio citato sono state applicate considerando 234 stazioni fra quelle gestite dall'ex Servizio Idrografico, che presentassero almeno 15 annate di osservazione al 2001. Più precisamente sono 226 le stazioni pluviometriche (relazione 1) ed 8

quelle pluviografiche (relazione 2).

In definitiva è stato scelto di adottare una relazione tarata sul territorio di interesse, sulla base dei dati previsti nella formulazione originaria della RUSLE, rispetto alle numerose altre relazioni empiriche, che sono state proposte, spesso in ambiti climatici diversi, in sostituzione di quelle originariamente presenti nella formulazione della RUSLE.

Le relazioni 1 e 2 hanno permesso di ottenere per il territorio calabrese con tecniche di contouring, con l'ausilio del software Ero.CAL in cui è integrato il Package Surfer, la mappa delle isoerodenti medie annue (fig. 4.2).

Per quanto concerne la distribuzione areale del fattore K (fig. 4.3) è utilizzato il metodo basato sulle caratteristiche fisiche del materiale costituente lo strato superficiale. I dati necessari, sono stati ricavati dalla banca dati della carta pedologica in scala 1:250.000 della regione Calabria (ARSSA, 2003).

In particolare, per ciascuna Unità Cartografica della Carta dei suoli è stata scelta la Sottounità Tipologica dominante in caso di "consociazione" (unità cartografica in cui una tipologia pedologica prevale sulle altre), mentre nel caso di "associazione" o "complesso" (unità cartografica in cui più suoli sono presenti senza evidente dominanza di una tipologia sulle altre), è stata scelta la Sottounità Tipologica più vulnerabile

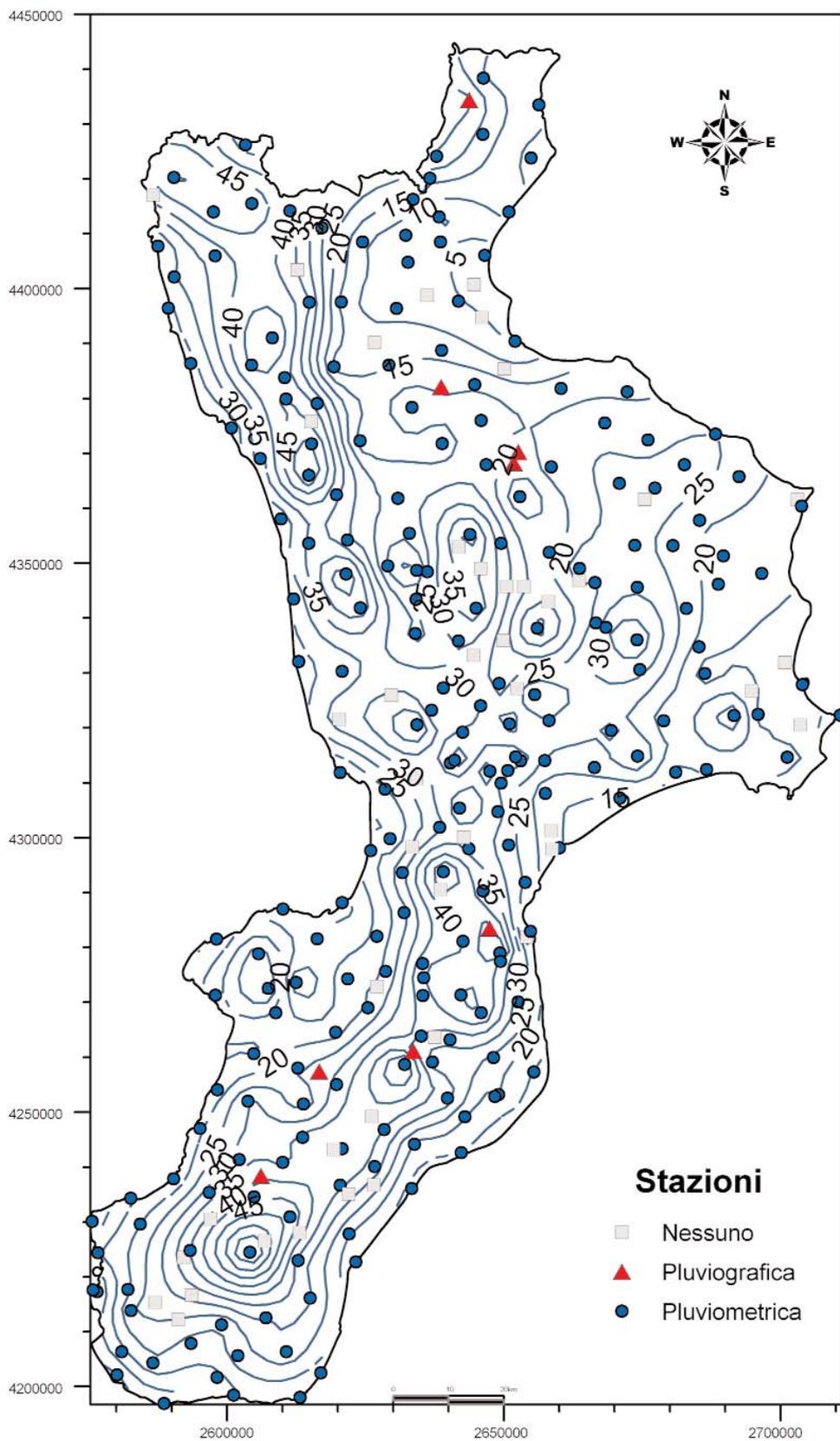
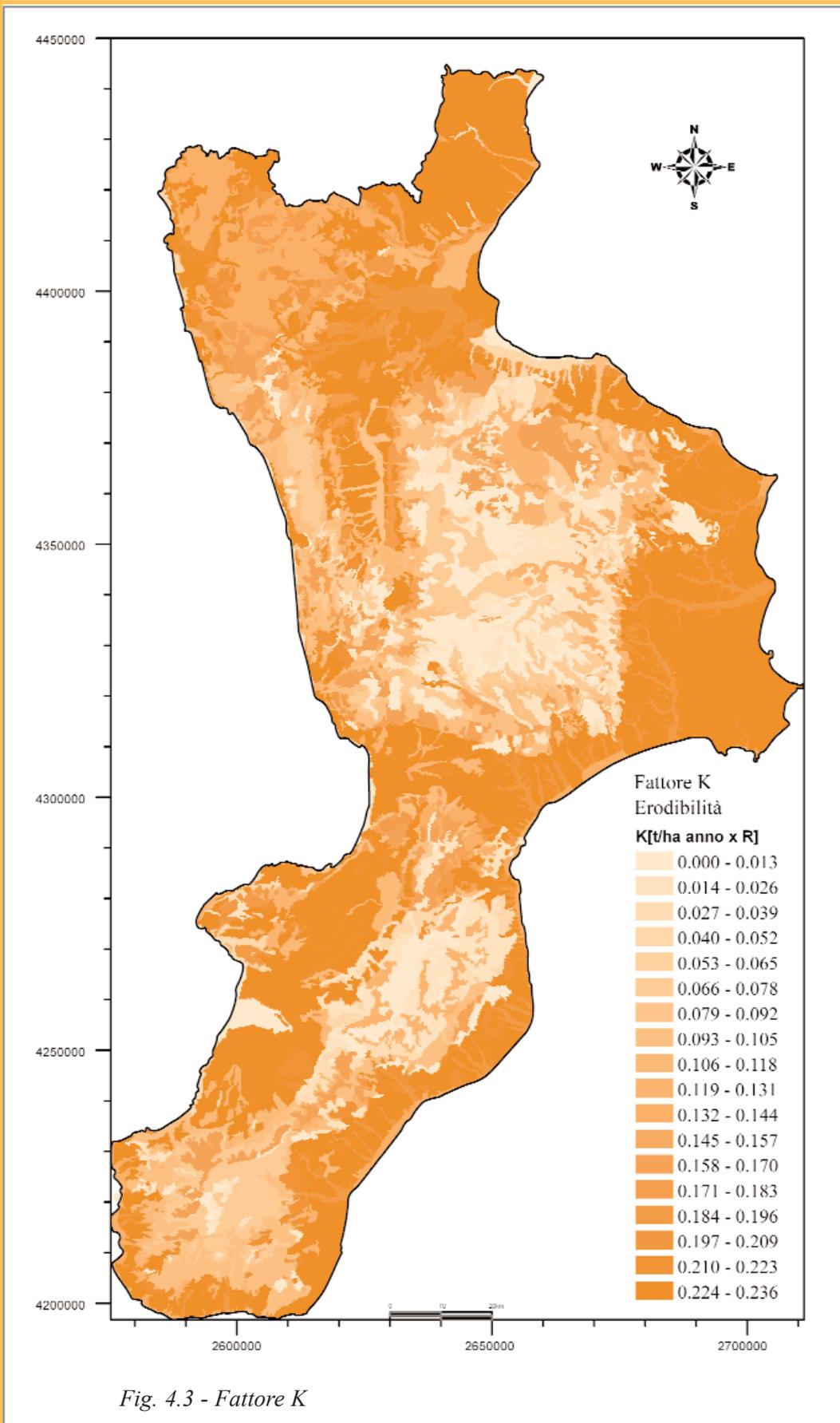


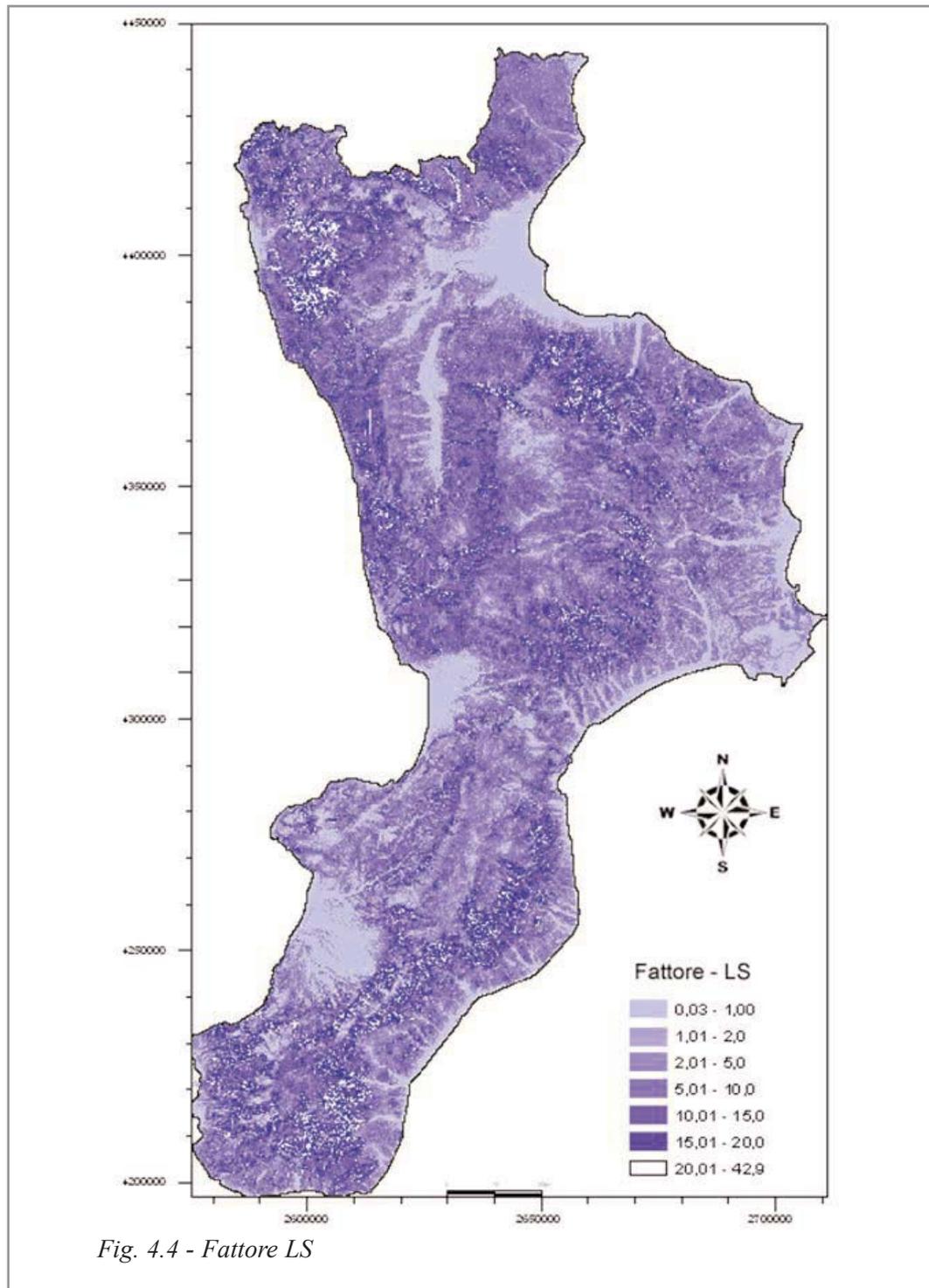
Fig. 4.2 - Isoerodenti (R)



ai fenomeni erosivi, seguendo quindi un approccio prudenziale. I dati necessari per la determinazione del K (tessitura, struttura, sostanza organica e permeabilità) sono stati ricavati per ciascu-

na U.C. ed attribuiti a tutte le celle elementari ricadenti nella unità cartografica stessa.

I fattori S ed L sono stati calcolati in base ad algoritmi di elaborazione pre-



senti nel software ausiliario Surfer (della Golden Software), utilizzando un DTM a maglia 40 metri (fig. 4.4)

Per il fattore C (fig. 4.5) sono state utilizzate le informazioni contenute nel 3° livello del Corine Land Cover aggiornato ed integrato con dati derivanti da rilevamenti locali. Per le singole destinazioni d'uso il coefficiente è stato ricavato dalla bibliografia (Wischmeier e Smith, 1978, ERSO - Emilia Romagna 1995).

Viene di seguito riportata la tabella con le principali tipologie d'uso e il valore corrispondente di C (tab. 4.1).

Per quanto concerne il fattore P è stato adottato, anche in questo caso prudenzialmente, un valore unitario, come solitamente avviene per i versanti natu-

rali, per i quali non sia prevista alcuna pratica di conservazione (fig.4.6).

Per i fattori "C", "P", ed "LS" è stato ipotizzato uno "scenario alternativo" di gestione del suolo.

Per il fattore "C" sono stati considerati alcuni interventi agronomici volti a contenere i fenomeni erosivi che si possono sintetizzare come segue:

- ricorso a lavorazioni minime;
- inerbimento parziale controllato;
- abbandono della pratica della bruciatura delle stoppie;
- abbandono della monosuccessione ed introduzione delle rotazioni colturali;
- incremento della copertura vegetale erbacea ed arbustiva attraverso la lotta agli incendi.

Queste azioni comportano modifi-

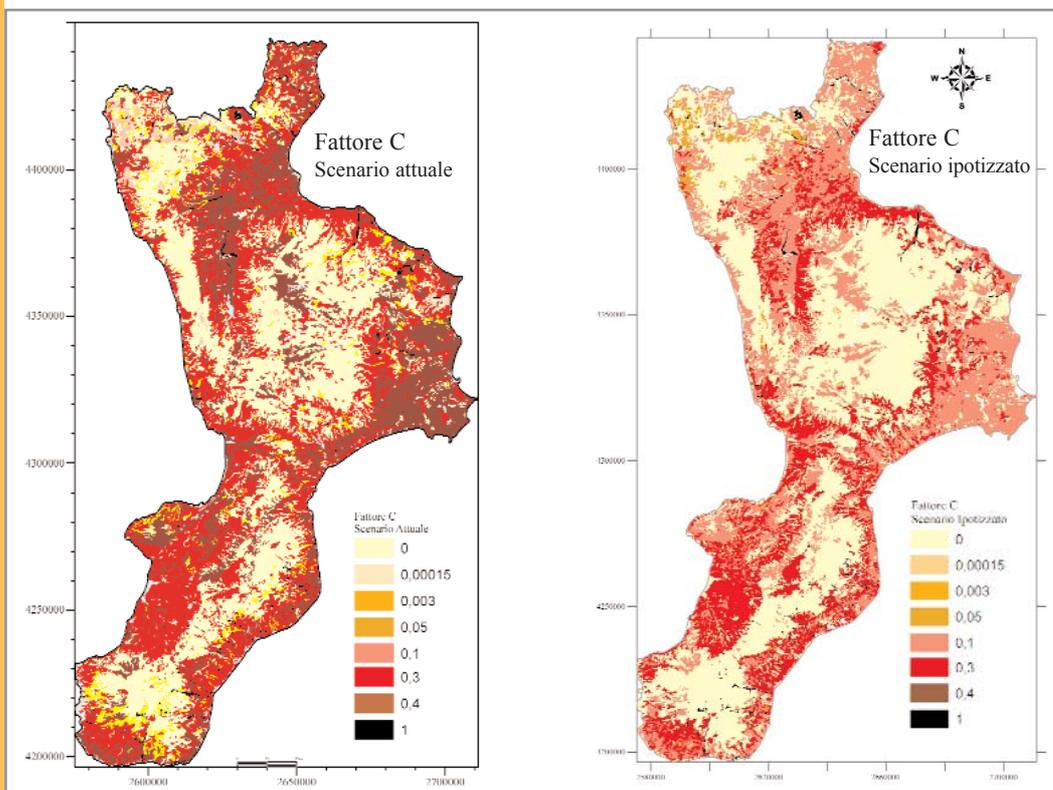


Fig. 4.5 Fattore C - Scenario attuale e scenario ipotizzato

Tab. 4.1 - Valori del parametro C nello scenario attuale e alternativo

Codice Uso del Suolo CORINE - Livello 3	Descrizione	Coeff. attuale	Coefficiente ipotizzabile
2.1.1	Seminativo in aree non irrigue	0.4	0.1
2.1.2	Seminativo in aree irrigue		
2.4.1 - 2.4.2 - 2.4.3 - 2.4.4	Seminativo erborato		
2.2	Colture permanti	0.3	0.1
2.2.1	Vigneti		
2.2.2	Frutteti		
2.2.3	Oliveti		
3.1.3 - 3.1.1 - 3.1.2	Bosco misto	0.00015	0.00015
3.2 - 3.2.2 - 3.2.3	Vegetazione arbustiva	0.05	0.05
3.2.1	Pascolo naturale		
3.2.4	Macchia mediterranea	0.003	0.003
3.2.6	Vegetazione ripariale		
3.3.2	Rocce nude e affioranti	1	1
3.3.3 - 3.3.4	Vegetazione rada - Aree percorse da incendi	0.3	0.09

che nel parametro "C" (fig.4.5) secondo quanto riportato nella tab 4.1.

Nel caso del fattore "P" che tiene conto degli interventi sistematori, che modificando l'idrologia superficiale, influiscono positivamente sul rischio di erosione, è stato ipotizzato il ricorso a lavorazioni trasversali rispetto alle linee di massima pendenza (fig. 4.6).

Quest'ultima pratica può essere considerata soltanto per pendenze inferiori al 21% (tab. 4.2).

Per ciò che riguarda il fattore "LS" è stata ipotizzata l'interruzione della lunghezza del versante, nei modi indi-

cati nella tab. 4.3, attraverso l'introduzione di fasce trasversali inerbite associate a fossi livellari.

Per l'applicazione del modello RUSLE è stato realizzato EROCAL, un software di elaborazione dati appositamente predisposto. Per l'implementazione del software è stato utilizzato il modello "three-tier" composto da 3 livelli: il primo livello (Data Logic) è dedicato alla memorizzazione dei dati nei formati standard di uso più comune e altamente riutilizzabili in diverse piattaforme, il secondo livello (Business

Tab. 4.2 - Valori del parametro P nello scenario attuale e alternativo

Codice Uso del Suolo CORINE - Livello 3	Descrizione	Coeff. attuale	Coefficiente ipotizzabile
2.1.1	Seminativo in aree non irrigue	1	0.6 per pendenze < del 13%
2.1.2	Seminativo in aree irrigue		
2.4.1	Seminativo arborato		
2.2	Colture permanenti	0.8 per pendenze tra 13% e 20%	
2.2.1	Vigneti		
2.2.2	Frutteti		
2.2.3	Oliveti		
			1 per pendenze > 21

Logic) riguarda l'elaborazione vera e propria dei dati eseguita da un apposito applicativo lato-server, il terzo livello (User Interface) concerne la presentazione dei dati all'utente finale.

Nel software è presente un modulo per la gestione delle mappe in ambiente

GIS. In particolare, sono stati implementati metodi e proprietà per il formato cartografico .shp proprietà della ESRI ITALIA, molto diffuso e operativo in package come arcVIEW, arcINFO, Surfer, GeoBIT etc .

I dati di input utilizzati per effettua-

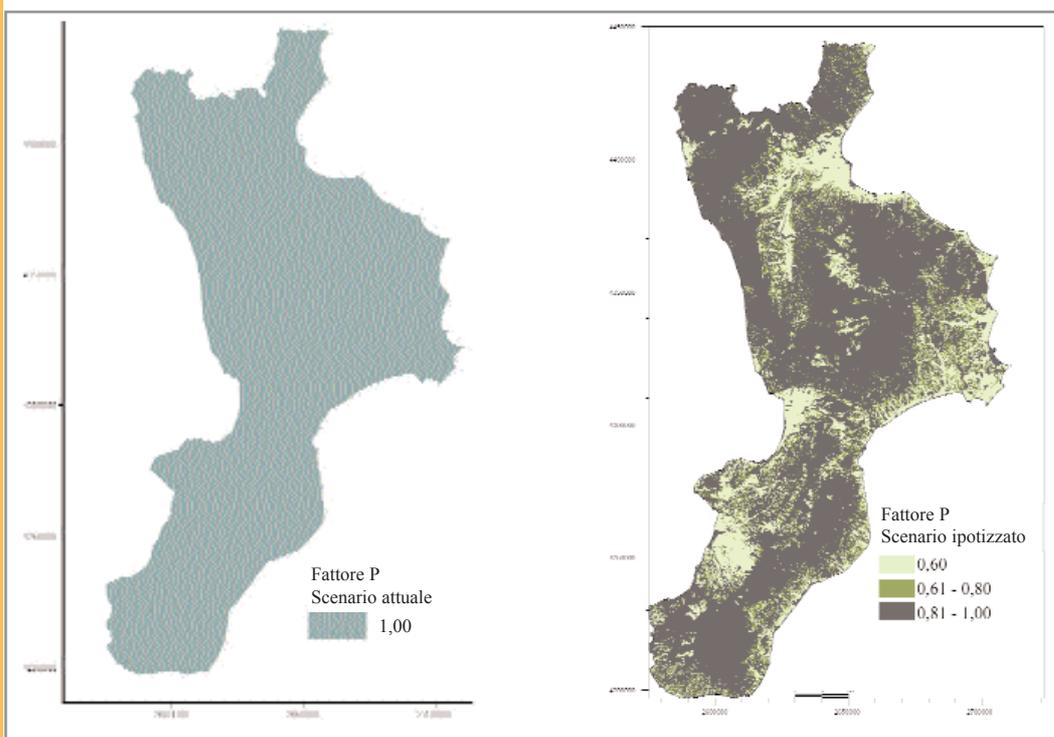


Fig. 4.6 - Fattore P - Scenario attuale e scenario ipotizzato

re le elaborazioni sono di seguito elencati:

- mappa digitale del terreno (DTM) contenente le informazioni in formato digitale della morfologia del territorio in esame;
- dati pluviografici/pluviometrici necessari ad una caratterizzazione dei dati di pioggia;
- dati inerenti l'uso del suolo;
- informazioni inerenti alle caratte-

ristiche fisico-chimiche del terreno.

Da queste informazioni in ingresso dipende la qualità dei risultati ottenuti secondo l'applicazione del modello RUSLE.

Il software infatti opera mediante una impostazione ad elementi finiti, che si ottengono suddividendo il territorio oggetto di studio in unità morfologiche omogenee (celle). Il lato di dette celle è stato fissato, nel presente lavoro, nel

Tab 4.3 - Calcolo del fattore "LS" nello scenario attuale ed alternativo

Codice Uso del Suolo CORINE - Livello 3	Descrizione	Valore attuale	Valore ipotizzabile
2.1.1	Seminativo in aree non irrigue	Deriva dal diagramma per il calcolo del fattore topografico (Wishmeier e Smith, 1978)	Per pendenze >del 20% calcolato considerando la lunghezza massima del versante 15 m
2.1.2	Seminativo in aree irrigue		
2.4.1	Seminativo arborato		Per pendenze comprese tra 13% e 20% calcolato considerando la lunghezza massima del versante 30 m
2.2	Colture permanenti		
2.2.1	Vigneti		
2.2.2	Frutteti		
2.2.3	Oliveti		



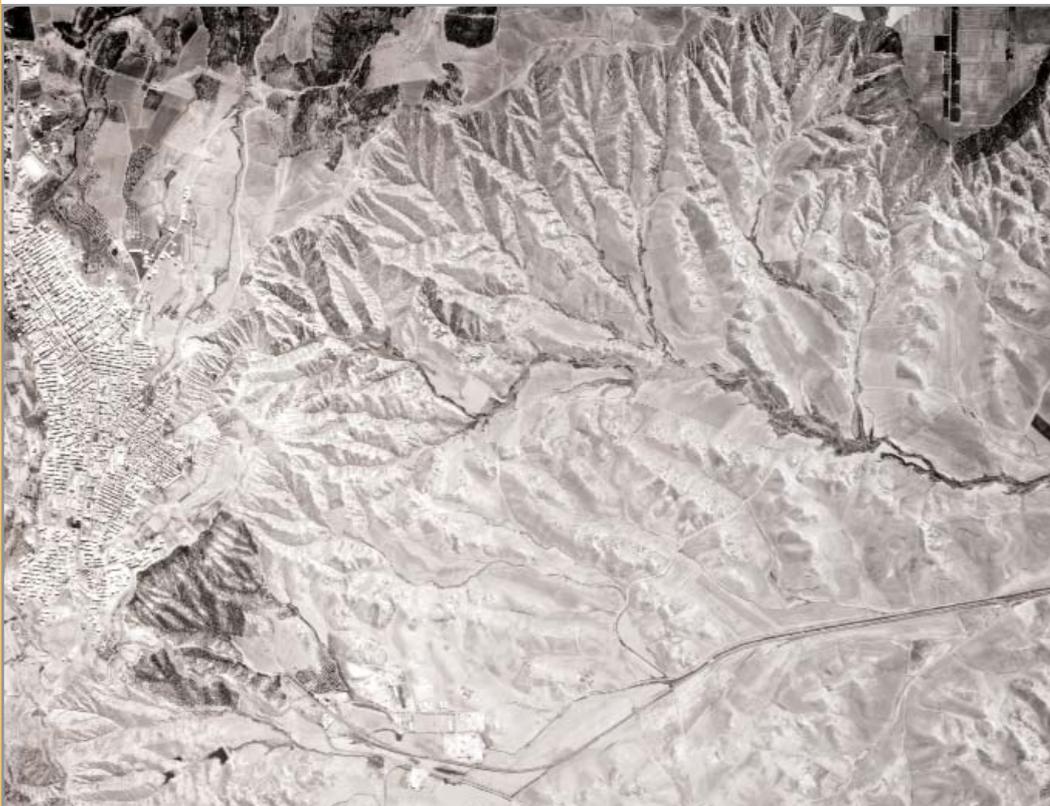
I rimboschimenti e la rinaturalizzazione delle zone interne hanno limitato significativamente il degrado di queste terre.

valore pari al doppio della cella unitaria del DTM (80 m x 80 m).

Tutti gli input del software sono stati parametrizzati in modo da permettere sia un'espansibilità di calcolo a situazioni diverse, sia una ottimizzazione del rapporto (tempo/risoluzione) inteso in termini di velocità di calcolo e valutazione dell'accuratezza.

L'output del software può essere suddiviso in una parte grafica, attraverso la quale viene generata una mappa dettagliata costituita da unità morfologiche distribuite contenenti informazio-

ni sull'erodibilità, erosività e anche dati probabilistici intesi in termini di rischio erosivo; una parte puramente analitica contenente i risultati organizzati e raggruppati secondo report stampabili. Per come sono stati calcolati, gli output di un'elaborazione possono divenire gli input parziali di elaborazioni più complesse e aumentare, così, la capacità di analisi.



Calanchi nel comprensorio di Cutro (KR)

4.2 Applicazione della metodologia CORINE

Si tratta di una metodologia relativamente semplice messa a punto nell'ambito del progetto Corine, che consente di valutare il "rischio potenziale" e il "rischio attuale" di erosione (fig.4.7). Il rischio potenziale può definirsi come la suscettibilità intrinseca delle terre all'erosione e quindi deriva da fattori fisici (suolo, clima e topografia); il rischio attuale di erosione del suolo si riferisce alle attuali condizioni di uso delle terre e viene ricavato da quello potenziale integrato con le informazioni relative all'efficacia protettiva della copertura vegetale.

La metodologia è basata sul calcolo dell'indice di "erosività delle piogge", dell'indice di "erodibilità del suolo", del "fattore topografico" e della "copertura vegetale"(fig. 4.7).

La metodologia considera soltanto l'erosione idrica, essendo esclusa l'erosione eolica.

L'indice di "erosività delle piogge" esprime l'aggressività climatica determinata dalla concentrazione delle piogge di elevata intensità, cui è legato il fenomeno dell'erosione, e dallo stress idrico di periodi siccitosi che agisce come causa predisponente attraverso la riduzione della copertura vegetale. Per la determinazione della concentrazione delle piogge si è fatto ricorso all'indice di Fournier che è dato dalla sommatoria

del rapporto tra il quadrato delle precipitazioni totali del mese e la precipitazione totale annua ($F = \sum p_i^2 / P$). L'indice fornisce, quindi, una indicazione sulla distribuzione mensile delle piogge.

Per il secondo aspetto si fa ricorso all'indice di Bagnouls e Gaussen che mette in risalto il periodo di aridità, tipico degli ambienti mediterranei, durante il quale il rischio di erosione del suolo aumenta notevolmente a causa della ridotta copertura vegetale e del conseguente incremento dell'effetto battente delle gocce di pioggia.

L'indice è dato dalla formula

$$BGI = \sum (2t_i - p_i) k_i, \text{ dove}$$

t_i = media delle temperature del mese i in °C;

p_i = precipitazioni totali del mese i in mm;

k_i = proporzione del mese i in cui $2t_i - p_i > 0$.

Per la determinazione dei due indici, il cui prodotto indica l'erosività delle piogge, sono stati utilizzati dati relativi al periodo '57-'87 e le elaborazioni sono state riferite ad aree a morfologia omogenea rappresentate dalle 18 Province pedologiche in cui è diviso il territorio regionale nell'ambito del lavoro "Carta dei suoli della Calabria".

L'indice di erodibilità del suolo deriva dalla somma algebrica dei valori attribuiti alle varie classi di tessitura, profondità e pietrosità. I dati necessari

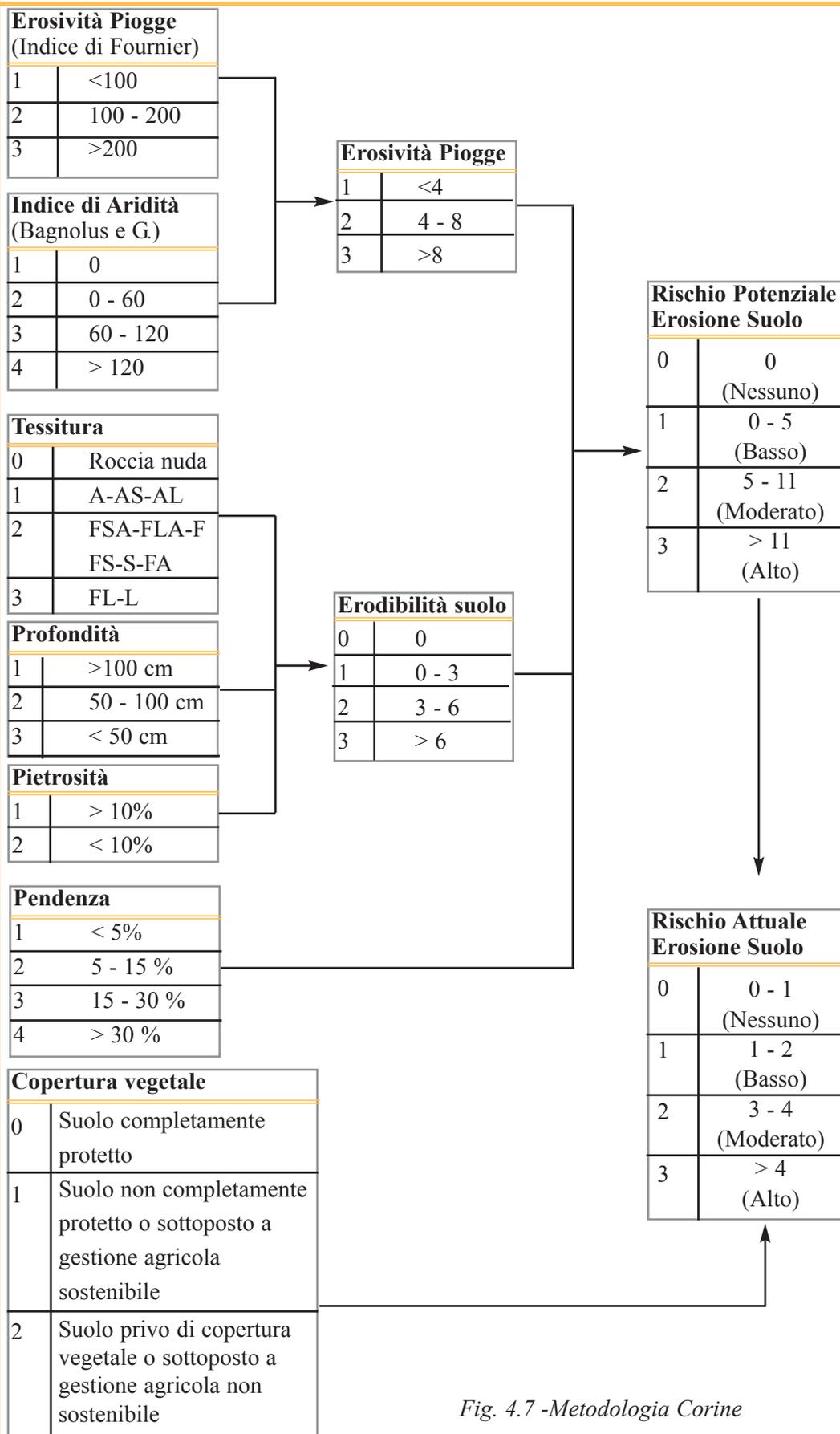
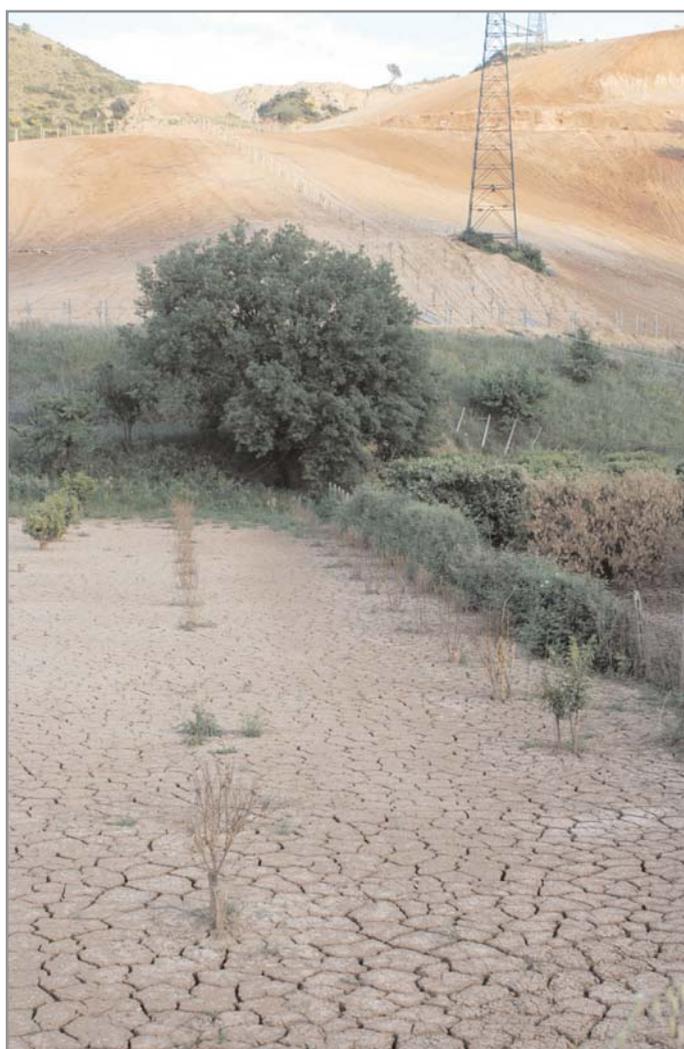


Fig. 4.7 -Metodologia Corine



Ai danni diretti legati al modellamento del versante si associano danni conseguenti all'accumulo di sedimenti nelle aree sottostanti



sono stati desunti dalla Carta dei suoli della Calabria facendo riferimento alla Sottounità Tipologiche di Suolo dominante nel caso delle "consociazioni", mentre nel caso di "associazioni o complessi" alla Sottounità Tipologica più vulnerabile ai processi erosivi.

Il rischio potenziale di erosione, cioè il rischio attribuibile ai soli fattori fisici, in assenza di copertura vegetale, quindi la situazione peggiore, è il risultato, come indicato nella figura 4.7, del prodotto tra gli indici di erosività delle piogge, di erodibilità del suolo e della pendenza del versante. Per la valutazione del rischio potenziale di erosione vengono definite quattro classi che vanno da 0 (rischio di erosione assente, corrispondente alla roccia nuda) a 3

(rischio elevato).

Il rischio attuale di erosione del suolo può essere definito come il risultato dell'interazione tra il fattore copertura vegetale e i fattori fisici. La valutazione del rischio attuale di erosione, in riferimento allo schema, viene effettuata moltiplicando l'indice relativo al rischio potenziale di erosione con quello relativo alla copertura vegetale.

La metodologia è stata applicata alle singole unità cartografiche della carta dei suoli della Calabria in scala 1:250.000. I risultati hanno consentito l'elaborazione della carta del "rischio potenziale" e quella del rischio "attuale di erosione".



Paesaggio agrario del Medio Ionio Catanzarese

5. Risultati

L'applicazione della metodologia RUSLE ha consentito l'elaborazione di due prodotti cartografici al 250.000, il primo relativo al rischio di erosione considerando l'attuale gestione del suolo, mentre il secondo prospetta uno scenario basato sull'introduzione di tecniche agronomiche sostenibili per la risorsa suolo e verosimili per l'ambiente considerato.

Secondo la metodologia CORINE sono state elaborate la carta del rischio "attuale" e la carta del rischio "potenziale" di erosione. Unitamente a questa monografia viene riprodotta, in scala 1:250000, soltanto la carta del rischio di erosione attuale ottenuta con la metodologia RUSLE, mentre gli altri elaborati cartografici, pur mantenendo il contenuto informativo del 250.000, vengono riprodotti in scala 1:750.000.

Per ciò che riguarda la metodologia

RUSLE va evidenziato che, essendo stata applicata su celle elementari di 80 m di lato e dati di input coerenti con tale dettaglio, almeno per i fattori topografici, la rappresentazione cartografica proposta risulta in realtà molto più dettagliata degli standard adottati per il 250.000.

Un ultimo prodotto dell'applicazione della metodologia RUSLE è rappresentato dal software eroCAL che consente, anche attraverso la variazione dei dati di input, l'analisi dei fenomeni erosivi sia su scala regionale che su scala comprensoriale (semidettaglio).

Pur partendo da approcci decisamente diversi le due metodologie considerate sono risultate, nello specifico del territorio calabrese, molto coerenti. Secondo la metodologia RUSLE ben il 51.8% del territorio regionale risulta soggetto ad erosione di cui il 39.4% ricade

nella classe da "moderata" a "catastrofica" ed il 12.4% nella classe "erosione leggera". Il rimanente 48.2% del territorio è invece interessato da erosione "nulla" o "trascurabile". Il dato medio regionale di erosione risulta pari a 1.9 mm/ha/anno.



Sotto completa copertura forestale l'erosione dei suoli è assente, come dimostrato dalla presenza continua di "lettiera". Presila catanzarese.

Classi di erosione idrica del suolo - Metodologia RUSLE (scenario attuale)		Classi di erosione idrica del suolo - Metodologia CORINE (scenario attuale)
mm/anno	Situazione attuale	
0.0 - 0.05	Erosione nulla o trascurabile 48.2% della superficie regionale	Erosione nulla o trascurabile 44.4% della superficie regionale
0.05 - 0.5	Erosione leggera 12.4% della superficie regionale	Erosione leggera 14.7% della superficie regionale
0.5 - 1.5	Erosione moderata 7.29% della superficie regionale	Erosione moderata- severa 30.2% della superficie regionale
1.5 - 5.0	Erosione severa 18.8% della superficie regionale	
5.0 - 20.0	Erosione molto severa 12.9% della superficie regionale	Erosione molto severa - catastrofica 10.7% della superficie regionale
>20	Erosione catastrofica 0.42% della superficie regionale	

Tab. 5.1 - Confronto tra metodologia RUSLE e CORINE

La metodologia Corine, attribuisce, con ogni evidenza, il giusto peso ai singoli fattori di erosione, determinando risultati simili a quelli ottenuti con la RUSLE. Secondo questa metodologia infatti il 44% del territorio non presenta rischio, il 14.7% presenta "basso" rischio, il 30.2% rischio "moderato" ed il rimanente 10.6% rischio "alto" (tab. 5.1).

Va evidenziato che nel complesso i risultati ottenuti con i due metodi sono molto coerenti con la realtà oggettiva del territorio calabrese per come emerso dai lavori al semidettaglio (fotointerpretazione e rilevamento in campagna) effettuati su circa il 20% del territorio stesso.

In particolare, osservazioni puntuali effettuate su profili di suolo di alcune aree campione (Guardavalle, Soveria

Simeri, Cirò, Colle Castagna, Serra S. Bruno) hanno consentito di quantificare l'intensità media dei processi erosivi degli ultimi decenni. Nelle colline argillose del versante ionico, considerando un arco temporale di 40 anni, è stato stimato un'assottigliamento medio degli orizzonti superficiali di circa 5-10 cm negli ambienti più conservati e di circa 30 cm nelle situazioni maggiormente degradate. Ciò significa un'erosione media annua compresa fra 1,2 e 7,5 mm. Per le stesse aree l'applicazione del modello RUSLE fornisce valori di erosione che ricadono nelle classi "erosione severa" (1,5 - 5 mm/anno) o "erosione molto severa" (5 - 20 mm/anno).

Le osservazioni effettuate nelle zone interne sotto completa copertura vegeta-

le confermano la classe di “erosione nulla o trascurabile” evidenziata dal modello.

Il rischio “potenziale” di erosione calcolato con la metodologia Corine

pre-Sila, delle Serre catanzaresi e dell'Aspromonte che rappresentano le aree potenzialmente a maggiore rischio idrogeologico.

Dall'esame degli elaborati emerge,

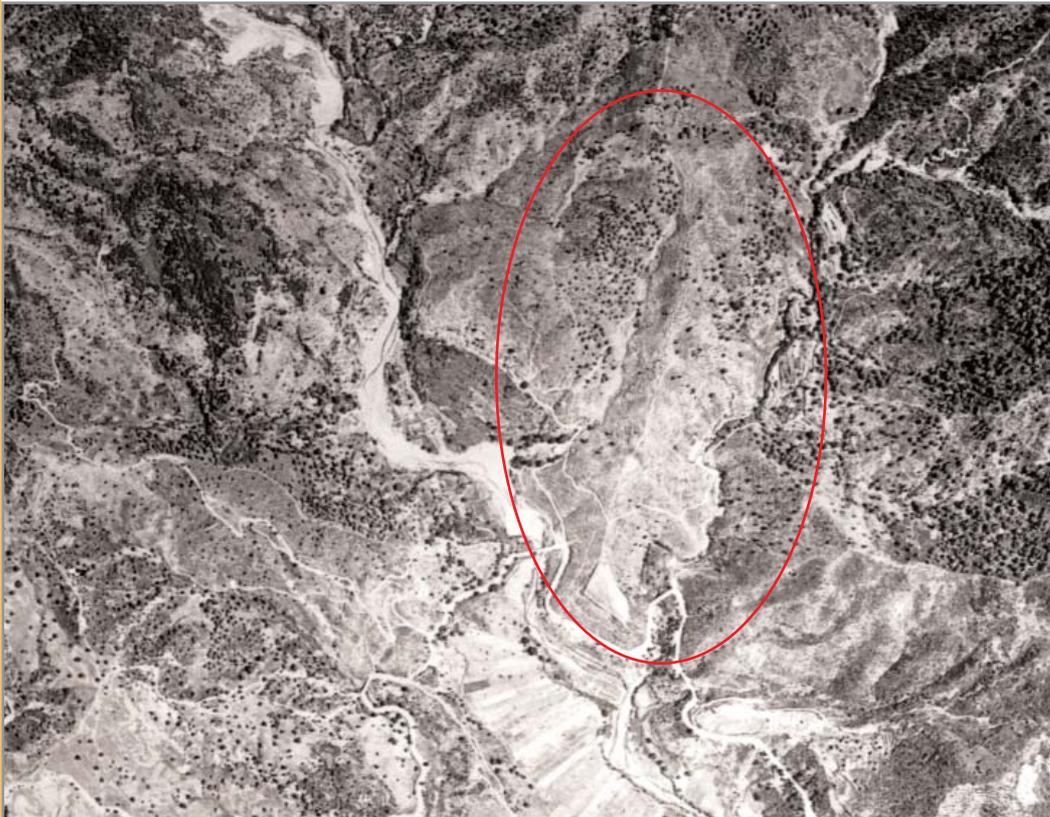
Tab 5.2 - Classi di erosione idrica del suolo Metodologia RUSLE (scenario alternativo di gestione)

mm/anno	
0.0 - 0.05	Erosione nulla o trascurabile 53.6% della superficie regionale
0.05 - 0.5	Erosione leggera 16.1% della superficie regionale
0.5 - 1.5	Erosione moderata 15.1% della superficie regionale
1.5 - 5.0	Erosione severa 13.8% della superficie regionale
5.0 - 20.0	Erosione molto severa 1.29% della superficie regionale
>20	Erosione catastrofica 0.17% della superficie regionale

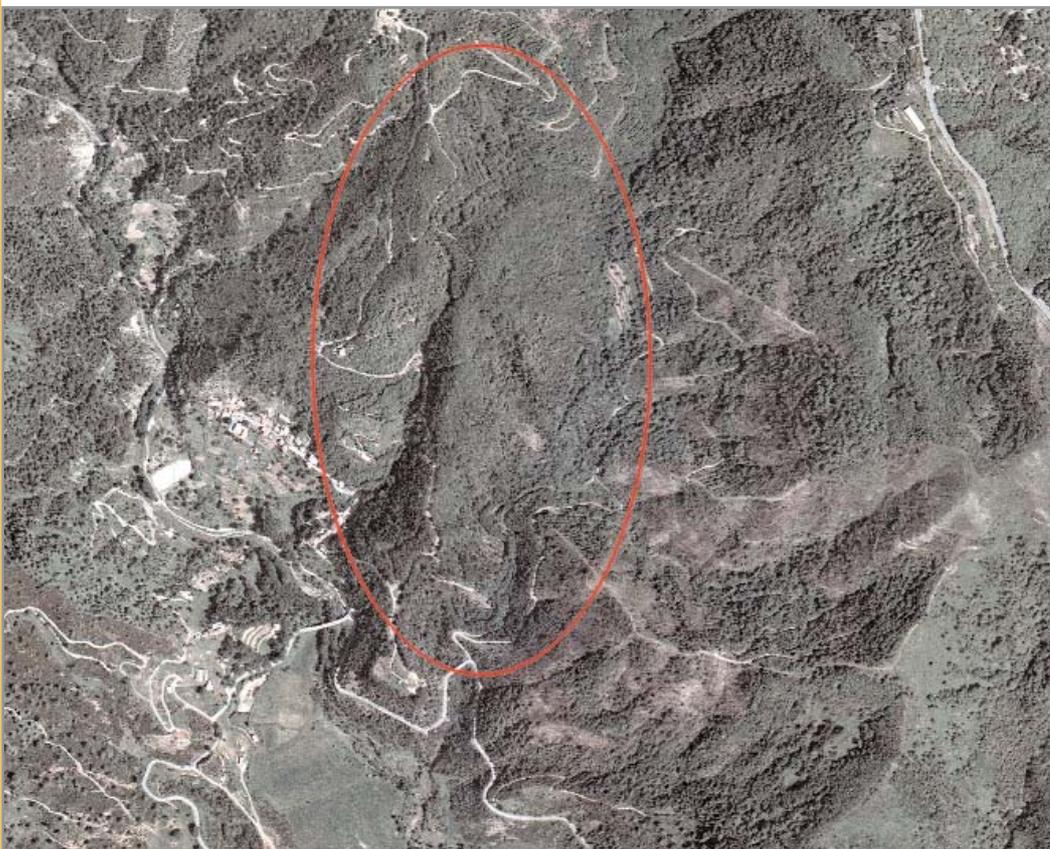
inoltre, che le aree a maggiore rischio attuale di erosione risultano coincidenti con le destinazioni agricole del territorio. In particolare molte aree ad elevato rischio sono rappresentate dai rilievi collinari a bassa quota con destinazione ad oliveto o a grano duro in monosuccessione.

prospetta la situazione legata ai soli fattori fisici escludendo la copertura vegetale. La lettura combinata della carta del "rischio potenziale" e quella del "rischio attuale" evidenzia il grande ruolo svolto dalla vegetazione arborea ed arbustiva nelle aree interne potenzialmente ad alto rischio. A tale proposito è opportuno ricordare che con i suoi 479.000 ha la Calabria si pone fra le regioni italiane con più alto indice di boscosità (35.6 %). Della superficie a bosco, circa un terzo (ben 153.000 ha) deriva dalla forte azione di rimboschimento svolta nella seconda metà del secolo scorso per effetto delle leggi speciali per la Calabria. Gli interventi di rimboschimento hanno riguardato principalmente le zone interne della

I fenomeni erosivi sono molto più evidenti nel versante ionico rispetto a quello tirrenico sia per diversa erodibilità dei suoli sia per diversa erosività delle piogge. L'elaborazione effettuata con la metodologia RUSLE ipotizzando l'introduzione di tecniche agronomiche tendenti a contrastare i fenomeni erosivi (lavorazioni minime, rotazioni colturali, gestione residui colturali, interruzione della lunghezza del versante, etc.), risulta di particolare interesse. Evidenzia, infatti, come la classe di erosione "severa", "molto severa" e "catastrofica" risultano significativamente più contenute rispetto allo scenario "attuale", mentre l'erosione media ha/anno passa da 1.9 a 0.7 mm (tab 5.2).



Melitello (CZ) -Foto aerea del 1954 (IGM).



Stessa area della foto precedente, 1996. Il rimboschimento di ampie superfici ha fermato il degrado dei versanti.

6. Conclusioni

Il lavoro svolto e gli elaborati prodotti consentono di trarre le seguenti considerazioni conclusive:

- il territorio calabrese è soggetto ad elevato rischio potenziale di erosione a causa della forte aggressività climatica (erosività delle piogge), dell'elevata erodibilità del suolo e dell'elevata pendenza dei versanti. Per le aree dei rilievi interni si tratta tuttavia di un rischio teorico attualmente controllato in larga misura dalla copertura vegetale. La Calabria è infatti una delle regioni italiane a maggiore indice di boscosità (circa il 34% del territorio è ricoperto da boschi);

- le aree attualmente interessate da fenomeni erosivi non sostenibili riguardano i comprensori agricoli di collina ed in particolare i rilievi collinari miopliocenici del versante ionico. Tali aree sono destinate in prevalenza alla coltivazione del grano duro in monosuccessione ed a oliveto. La messa a coltura di versanti acclivi, fino agli anni '60 destinati a pascolo o ad arbusteti, è stata la causa principale del degrado dei suoli in questi comprensori ed ha favorito l'espansione delle zone prive di copertura pedologica e conseguentemente prive di copertura vegetale. La perdita irreversibile di capacità produttiva dei suoli consente di identificare queste aree come "desertificate" o in via di

progressiva "desertificazione";

- l'introduzione di tecniche di gestione del suolo sostenibili per l'ambiente e verosimili nel territorio di interesse consentirebbe di limitare significativamente il degrado delle terre. La cartografia prodotta fornisce gli elementi essenziali per la pianificazione degli interventi in questo settore attraverso la definizione di misure mirate nelle aree a maggiore rischio;

- la nuova PAC (Reg. 1257/99 e Reg. 1782/03) fornisce il quadro normativo per intervenire sul territorio con scelte diversificate basate sulla specificità ambientale;

- infine il software eroCAL, predisposto per le finalità del lavoro, costituisce uno strumento molto utile per l'analisi dei fenomeni erosivi e grazie alla sua versatilità può essere utilizzato per ulteriori approfondimenti su aree di particolare interesse, ma soprattutto per valutare diverse ipotesi pianificatorie attraverso la variazione dei dati di input (uso del suolo, tecniche di gestione, sistemazioni idraulico-agrarie).

Allegati



Gli incendi sono spesso causa di forti fenomeni erosivi. Comprensorio di Soverato.

Produttività dei suoli ed erosione: l'esempio del grano duro

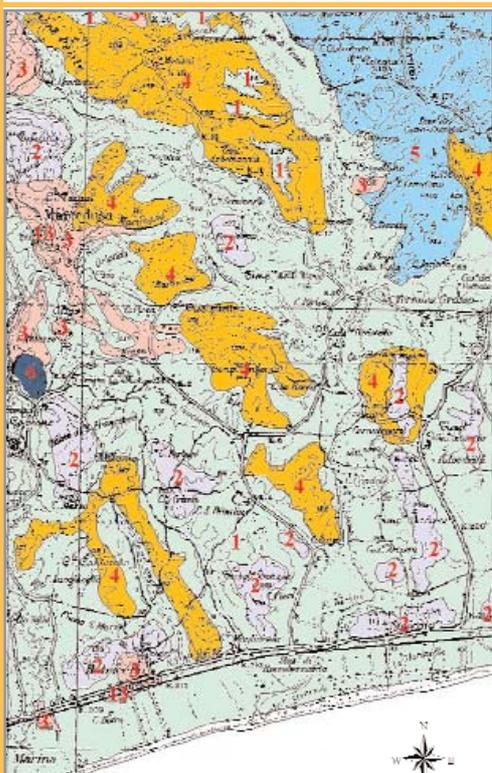
*Estratto dal lavoro pubblicato su Genio Rurale n° 6/2003**

Introduzione

L'erosione del suolo rappresenta l'emergenza ambientale di maggior rilievo in vaste aree del bacino del mediterraneo, dove la crescente vulnerabilità dei territori, dovuta a complesse interazioni tra fattori naturali e antropici, è alla base di fenomeni di degradazione fisica sempre più evidenti. In Italia, gran parte dei territori insulari e meridionali è minacciata da grave rischio di erosione, a causa della natura dei suoli e dei litotipi, degli assetti morfologici, del clima, e della pressione, spesso non sostenibile, delle attività umane sull'ambiente. Particolarmente critiche le proporzioni assunte dal fenomeno in vasti comprensori del versante ionico calabrese, dove le cause naturali possono essere identificate nella forte aggressività delle piogge, tipica di un clima marcatamente mediterraneo, e nella particolare vulnerabilità dei suoli, derivanti da substrati argillo-limosi pliocenici (Mancini et al., 1979; Regione Calabria, 2000; Paolillo et al., 2000). Peraltro, negli ultimi decenni l'ambiente dei rilievi collinari del versante ionico è stato interessato da profonde trasformazioni socio-economiche che, associate alle politiche di sostegno al comparto cerea-

licolo, hanno incentivato il ricorso al modellamento delle pendici, alla meccanizzazione spinta e al cambiamento delle destinazioni d'uso: dal pascolo cespugliato alla cerealicoltura in monosuccessione. Un'indagine effettuata per comparazione fra uso storico del suolo (fotointerpretazione volo GAI 1953-54) e uso attuale (fotointerpretazione volo IGM 1983 ed integrazione in campo 1992), ha confermato il forte incremento della cerealicoltura in un'area (Media Valle del Tacina) di circa 20.000 ha, rappresentativa dell'ambiente in questione (figure 1 e 2). I sistemi di coltivazione adottati prevedono lavorazioni profonde effettuate, a causa della accentuata acclività, lungo le linee di massima pendenza. Le sistemazioni idraulico-agrarie sono praticamente inesistenti ed il ricorso alla bruciatura delle stoppie è ancora frequente. Tale sistema di gestione lascia la superficie del suolo priva di copertura vegetale proprio nel periodo dell'anno in cui si verificano le precipitazioni massime, con conseguente innesco di fenomeni di erosione idrica accelerata e soliflussione (Morgan, 1995). L'esame spaziale del contenuto in sostanza organica dei

** Autori: G. Valboa - G. Aramini - C. Colloca - A.M. Corea - S. Molfese - R. Paone*

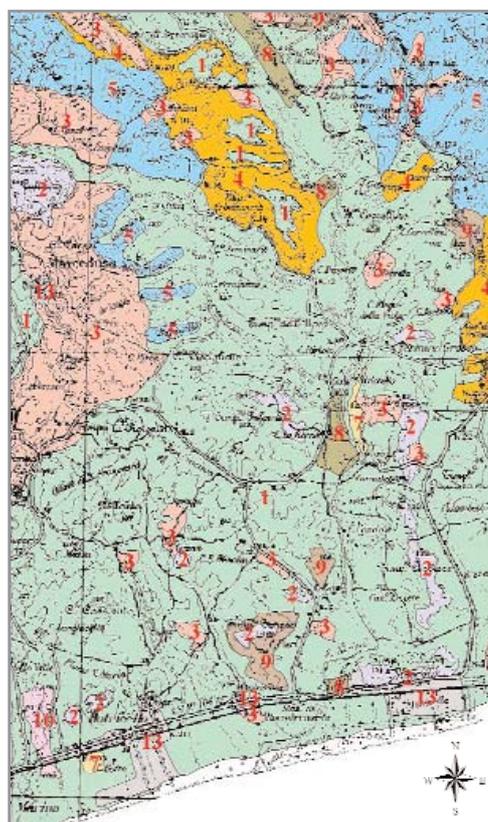


- 1 - Seminativo
- 2 - Macchia mediterranea
- 3 - Oliveto
- 4 - Pascolo
- 5 - Seminativo e pascolo
- 6 - Seminativo arborato
- 13 - Urbano

Fig. 1 - Uso del suolo 1954

suoli, che notoriamente è uno degli indicatori dell'intensità dei processi erosivi in ambiente acclive (l'OCSE indica il contenuto dell'1% di sostanza organica come soglia di desertificazione), ha evidenziato valori particolarmente bassi (0.6 - 0.7%) in aree interessate da erosione accelerata, mentre negli stessi ambienti il contenuto di materia organica raggiunge valori decisamente più elevati (1.4 - 1.8%) in aree più conservate (Newbould, 1982; Landi et al., 2000; Dell'Abate, 2000; Smith et

al, 2000). Anche la sequenza degli orizzonti pedologici mette in risalto la grande rilevanza dei processi erosivi; questi ultimi tendono, in molti casi, ad assottigliare gli orizzonti più fertili, riducendo la profondità utile alle radici. Una conseguenza immediata dei processi erosivi nell'ambiente collinare del versante ionico è rappresentata dalle difformità vegetazionali, divenute ormai tipiche del paesaggio. Si alternano, infatti: aree



- 1 - Seminativo
- 2 - Macchia mediterranea
- 3 - Oliveto
- 4 - Pascolo
- 5 - Seminativo e pascolo
- 7 - Frutteto
- 8 - Agrumeto
- 9 - Rimboschimento
- 10 - Oliveto e agrumeto
- 13 - Urbano

Fig. 2 - Uso del suolo 1992

più conservate, con colori dei suoli tendenzialmente bruno-giallastri, interessate da sufficiente copertura vegetale in relazione al ciclo culturale del grano; aree con evidenti fenomeni di erosione accelerata, sia areale che incanalata, con vegetazione più stentata e frequenti fallanze; ed infine, aree ormai desertificate, la cui perdita di capacità pro-

duttiva è irreversibile nel medio periodo. In queste ultime dominano i colori chiari tipici del substrato pedogenetico.

Obiettivo principale del presente lavoro è stato quello di valutare le conseguenze della perdita di fertilità dei suoli per erosione sulla produttività del frumento duro, sia sotto l'aspetto qualitativo che economico.

Materiali e metodi

Attraverso fotointerpretazione di immagini aeree IGM in scala 1:33.000 (Amadesi, 1977) e sulla base di indagini geomorfologiche e pedologiche è stato delimitato il comprensorio che, per fattori naturali (erodibilità del suolo

individuate per una prima valutazione dell'intensità del degrado dei suoli, due parcelle di circa un ettaro ciascuna (tesi 1 e tesi 2), omogenee per caratteristiche del substrato (argille siltose), per esposizione (SW), per pendenza (15%) e per

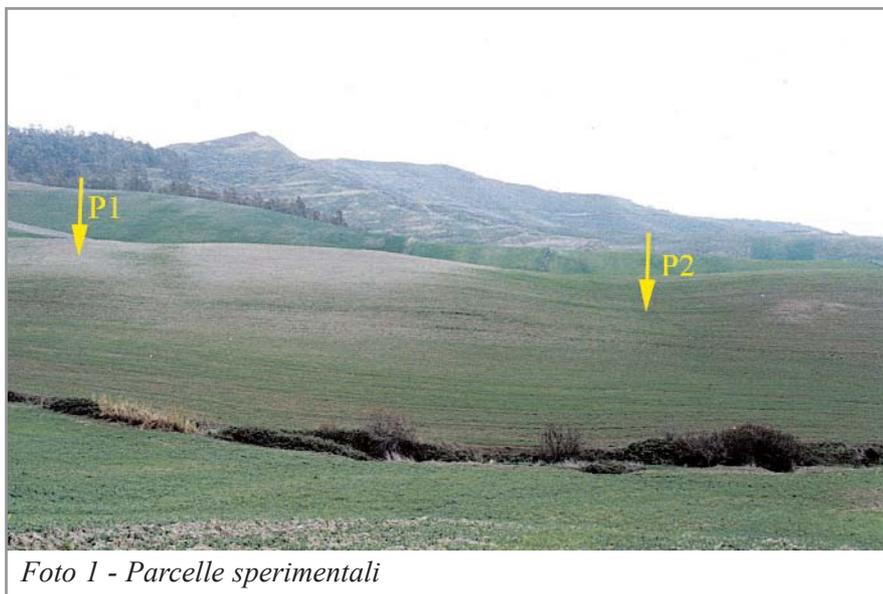


Foto 1 - Parcelle sperimentali

sistema di gestione. Le due parcelle (foto 1) si differenziano, tuttavia, per intensità dei processi erosivi, come testimoniato dalla

ed erosività delle piogge) e per fattori antropici (sistemi di gestione), risulta maggiormente vulnerabile. All'interno di tale comprensorio, attraverso un'accurata indagine pedologica, sono state

descrizione dei due profili pedologici di riferimento (foto 2 e 3) (Soil Survey Staff, 1999). Tali differenze sono da attribuire ad un diverso uso storico del suolo o a piccole variazioni morfologi-

che. Le parcelle sono state lavorate nella seconda decade di dicembre con il frangizolle. La semina del frumento (*Triticum durum Desf.*), appartenente alla varietà Plinio, è avvenuta il 3 gennaio 2002, impiegando 250 kg/ha di seme, previa concimazione con 2.5 q/ha di Biofert. Il controllo delle infestanti è stato eseguito chimicamente attraverso un unico intervento con Marox nel mese di marzo 2002. Sempre nel mese di marzo è stata effettuata una nitratura con 1 q/ha di nitrato ammonico. Per il rilievo dei dati produttivi, all'interno di ciascuna parcella sono state delimitate 5 sub-parcelle di 1 m² ciascuna, distribuite in modo casuale. A maturità le piante presenti su ciascuna sub-parcella sono state recise al colletto e trasferite in laboratorio per l'esame delle diverse componenti. In particolare, il materiale raccolto è stato suddiviso in culmi, foglie e spighe. Sono stati determinati l'altezza media e il numero di culmi, il numero di spighe, la produzione di granella, il peso ed il numero di cariossidi per spiga ed il peso di 1000 cariossidi. Ai fini del calcolo della quantità utile di paglia, quale componente della produzione vendibile, la lunghezza dei culmi è stata ridotta di 20 cm, e ciò per tener conto dell'altezza di taglio della mietitrebbia. Tutto il materiale è stato essiccato in stufa a 65°C fino a peso costante per la determinazione della sostanza secca. Sulle diverse parti della pianta

sono stati inoltre determinati, previa macinazione dei campioni a 0.5 mm, il contenuto di N secondo il metodo Kjeldahl ed il contenuto di P mediante digestione in H₂SO₄ + H₂O₂ 30% e successiva analisi spettrofotometrica (Jones e Case, 1990). Il contenuto proteico totale è stato ottenuto moltiplicando la concentrazione di N per il coefficiente 5.7. La quantità di granella prodotta in rapporto alle unità di N accumulate dalla coltura nella biomassa aerea è stata considerata ai fini della valutazione dell'efficienza d'uso dell'N (Badaruddin e Meyer, 1994), mentre sulla base del rapporto tra produzione di granella e di biomassa aerea è stato calcolato l'Harvest Index (HI). La significatività delle differenze tra i risultati delle due tesi è stata valutata attraverso l'applicazione del test t di Student (Camussi et al, 1995).

Risultati e discussione

I suoli

Il suolo della tesi 1 si caratterizza per una scarsa evoluzione pedogenetica. Già a 20 cm di profondità si riscon-

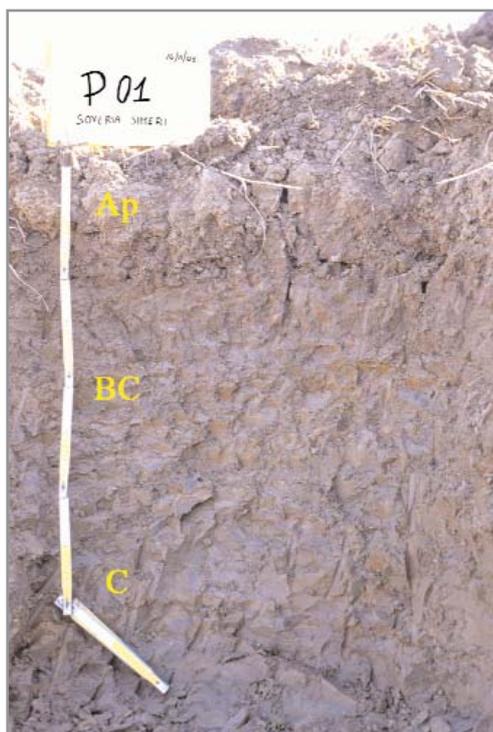


Foto 2 - Profilo della tesi 1

tra un orizzonte molto simile al substrato di origine, costituito da argille siltose e ben riconoscibile al disotto dei 60 cm di profondità. L'orizzonte superficiale presenta elementi strutturali molto grossolani dovuti alle lavorazioni, mentre gli orizzonti sottosuperficiali risultano debolmente strutturati. La tessitura è argilloso-limosa in tutti gli orizzonti. I colori grigi, presenti già in superficie, testimoniano condizioni di scarsa ossigenazione dovute, nel caso specifico, alla debole aggregazione strutturale e alla mancanza di porosità interconnes-

sa. Tali condizioni costituiscono un limite all'approfondimento degli apparati radicali. Le analisi di laboratorio (Mi.P.A., 2000) hanno evidenziato contenuti molto bassi di sostanza organica. Sono suoli alcalini e con elevati contenuti di sali solubili già nell'orizzonte superficiale (conducibilità elettrica = 0.970 mS/cm). La salinità è tipica del substrato pedogenetico e la mancata lisciviazione dei sali dall'orizzonte di superficie conferma la scarsa evoluzione a causa del continuo "ringiovanimento" del suolo a spese del substrato. Il suolo della tesi 2, pur derivando dallo stesso substrato, presenta una maggiore evoluzione pedologica. Ciò è confermato sia dalle colorazioni giallastre della matrice, sia dalla lisciviazione dei

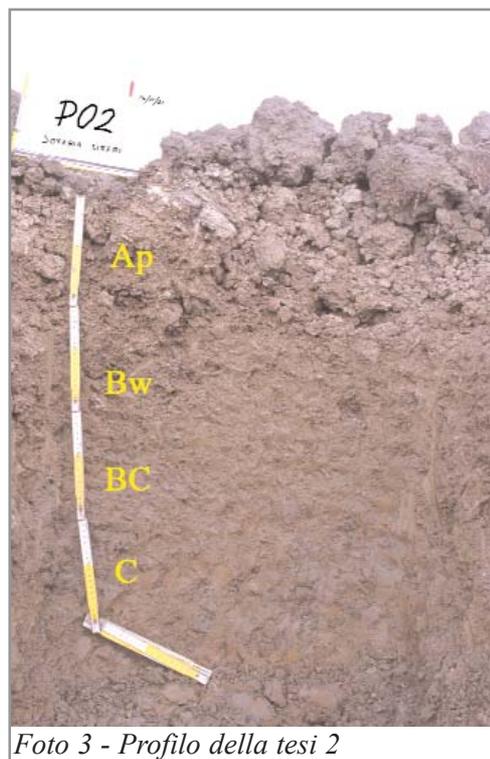


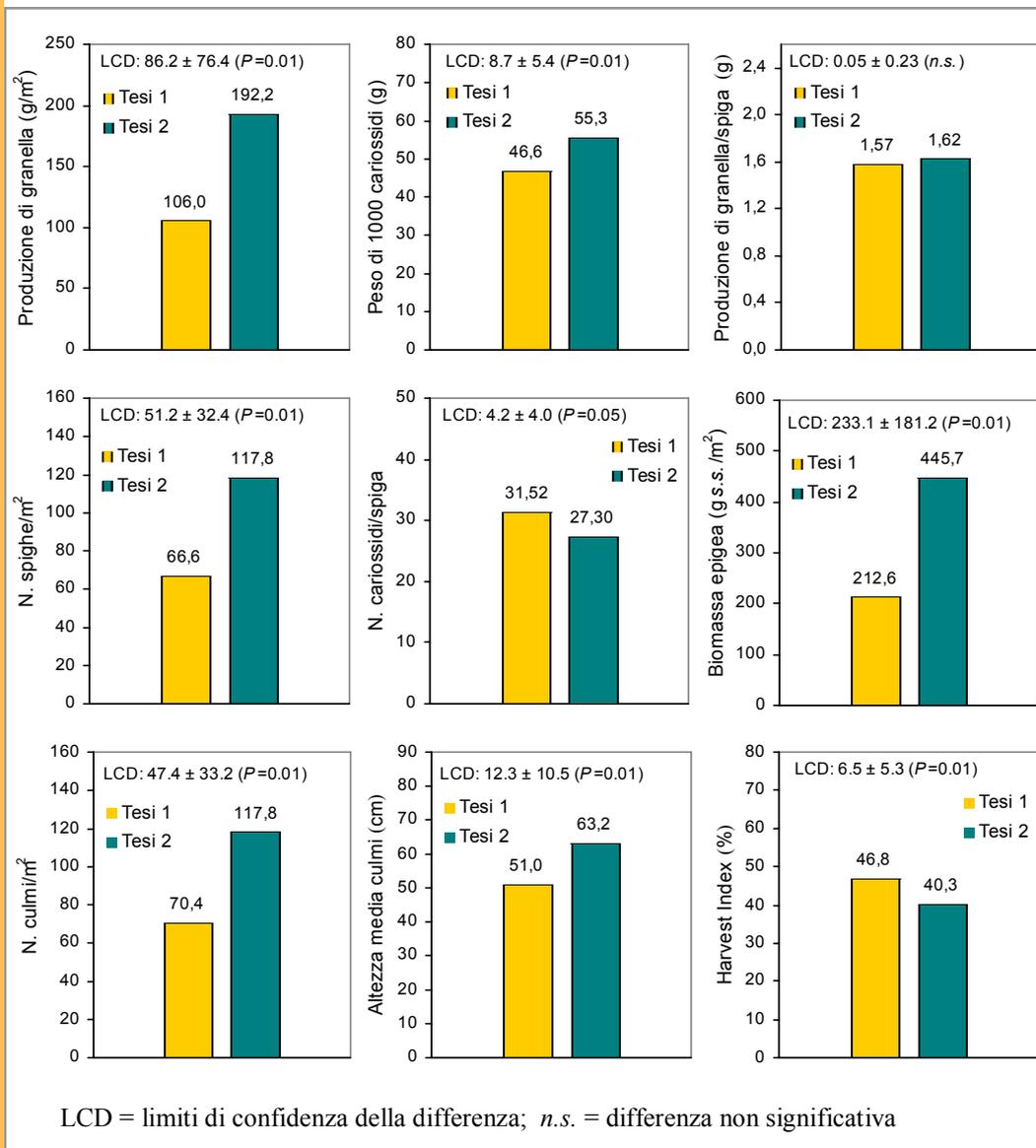
Foto 3 - Profilo della tesi 2

sali solubili dagli orizzonti superficiali. Tali condizioni, associate ad un contenuto di sostanza organica tendenzialmente maggiore, sono il risultato di processi erosivi meno intensi rispetto al suolo della tesi 1. Trattasi, tuttavia, anche in questo caso di suoli poco profondi, con scarsa capacità per l'aria al disotto di 50 cm di profondità, come indicato dalla permanenza di colori grigi dovuti alla presenza di ferro ridot-

to. Gli orizzonti superficiali sono inoltre interessati da fessurazioni durante la stagione secca (fenomeni verticali).

Dati produttivi

Sulla base delle proprietà chimiche, fisiche e pedologiche delle due parcelle a confronto, risulta evidente la tendenza del suolo eroso (tesi 1) ad evolvere verso condizioni generali di fertilità decisamente più sfavorevoli, che nel



Tab 1 - Risultati biometrici e produttivi nelle due tesi

Tab.2 Concentrazione di N e P nella granella e relative quantità accumulate dalla coltura

	Tesi 1	Tesi 2	Differenza
Concentrazione di N nella granella (g/kg s.s.)	19.3	17.1	2.2*
Contenuto proteico totale nella granella (g/kg s.s.)	109.9	97.6	12.3*
Unità di N accumulate (g/m ²):			
- granella	1.9	3.1	1.2*
- culmi + foglie	0.3	0.6	0.3**
- totale biomassa aerea	2.2	3.7	1.5*
Efficienza d'uso dell'N (g g ⁻¹)	44.2	48.4	4.2*
Concentrazione di P nella granella (g/100 g s.s.)	0.5	0.5	n.s.
Unità di P accumulate (mg/m ²):			
- granella	500	851	351*
- culmi + foglie	28	72	44**
- totale biomassa aerea	529	924	395*

** differenza significativa al livello di probabilità P=0.01

* differenza significativa al livello di probabilità P=0.05

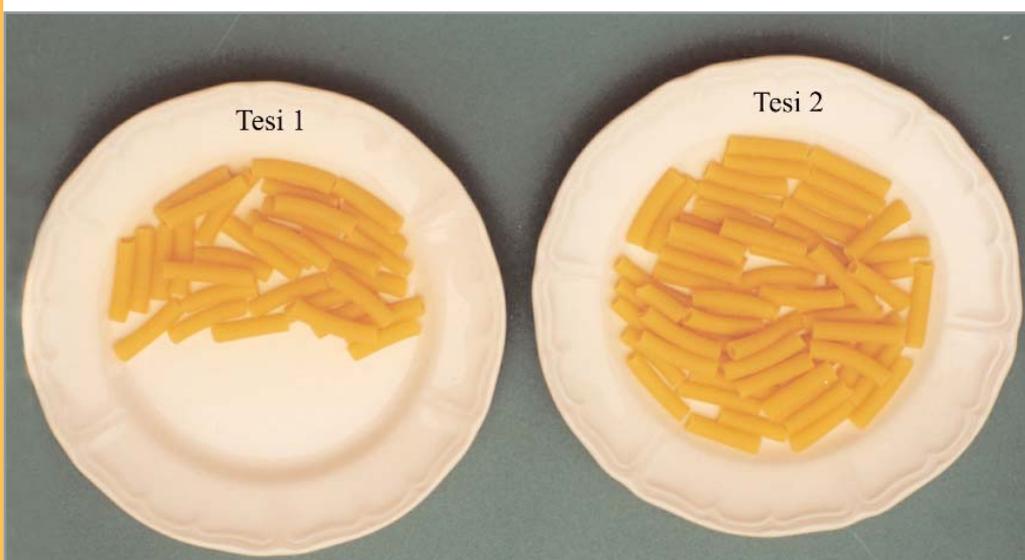
n.s. differenza non significativa

presente contesto si sono rivelate fortemente limitanti l'accrescimento e lo sviluppo del frumento e, di conseguenza, ne hanno drasticamente condizionato la produttività. Con riferimento ai dati biometrici e produttivi rappresentati graficamente in tab 1, si può infatti constatare come la produzione complessiva di sostanza secca a livello di biomassa aerea nella tesi 1 sia risultata oltre il 50% inferiore a quella ottenuta nella tesi 2, risultato che va evidentemente messo in relazione con il più basso numero di culmi per unità di superficie e con il minore sviluppo vegetativo delle piante. Altrettanto consistenti sono risultate le differenze in termini di produzione di granella, pari a 106 g/m²

e 192 g/m² rispettivamente nella tesi 1 e nella tesi 2. Peraltro, evidenti differenze morfo-dimensionali e ponderali caratterizzano le cariossidi prodotte nelle due tesi, più sviluppate e di maggiore peso unitario nella tesi 2. La resa in granella è risultata tuttavia correlata esclusivamente al numero di spighe/m², come si evince dal fatto che il peso della granella/spiga non ha esibito significative differenze, e che il più elevato peso unitario delle cariossidi nella tesi 2 viene compensato da un maggior numero di cariossidi/spiga nella tesi 1. Per effetto della maggiore produzione di biomassa vegetativa, non associata ad incrementi ponderali della produzione di granella/culmo, l'harvest index è

risultato dunque più basso nella tesi 2. In accordo con quanto riferito da altri Autori, è stata osservata una relazione inversa tra produzione di biomassa e concentrazione di N nei tessuti (tab. 2); quest'ultima ha infatti esibito valori più bassi nella tesi 2, sia nella paglia che nella granella. Ciò è verosimilmente dovuto ad un effetto diluizione corrispondente all'incremento di produzione, risultante nello sviluppo di cariocisti caratterizzate da un più elevato rapporto tra endosperma e tessuti del seme ad alto contenuto proteico (Guiducci, 1988; Power et al., 1982; Manning et al, 2001). Non sono state invece rilevate differenze significative per la concentrazione di fosforo. Coerentemente con gli esiti produttivi, le quantità di N e di P complessivamente accumulate dalla coltura nella granella, così come nell'intera biomassa aerea, sono risultate significativamente più elevate nella tesi 2, dove peraltro le piante hanno esibito una maggiore efficienza d'uso

dell'N, in termini di resa in granella per unità di N accumulato dalla biomassa. Alla luce dei risultati acquisiti è dunque lecito ritenere che le cause di una così accentuata perdita di produttività della coltura nella tesi 1 vadano identificate nelle profonde modificazioni, conseguenti all'azione prolungata di processi di degradazione fisica, di quei caratteri del suolo che ne controllano lo stato di fertilità. Numerose sono le evidenze sperimentali che dimostrano l'esistenza di relazioni negative tra gli effetti dell'erosione sulla qualità del suolo e la produttività delle colture, individuandone i fattori responsabili nella riduzione dello spessore del topsoil e nell'alterazione, conseguente alla perdita di sostanza organica e alle modificazioni tessiturali, delle sue proprietà fisiche (ritenzione idrica, conducibilità idraulica, densità apparente, porosità, stabilità degli aggregati strutturali) e chimiche (dinamica dei nutritivi, disponibilità di N e P) (Fiez et al, 1995; Hairston et al,



Tab. 3 - Produzione vendibile di granella e paglia nelle due tesi (ha)

Prodotto	Tesi 1	Tesi 2
Granella (t/ha - 145/t)	162.40	292.90
Paglia (t/ha - 52/t)	27.00	72.80
Totale produzione	189.40	365.70
Totale produzione + contributi integrativi (440/ha)	629.40	805.70

1988; Lowery et al, 1995; Manning et al, 2001b; Moulin et al, 1994; Stone et al, 1985; Verity e Anderson, 1990). Nel caso specifico, particolarmente significative sono le variazioni nella distribuzione di alcune proprietà chimiche e chimico-fisiche lungo il profilo del suolo, determinate dall'azione combinata di fenomeni erosivi e lavorazioni intense, attraverso una progressiva rimozione del materiale di superficie e conseguente esposizione dell'ambiente radicale alle proprietà degli orizzonti di profondità, ereditate dal substrato pedogenetico. Si osservano infatti, nell'orizzonte superficiale dell'unità più erosa, valori di pH e di conducibilità elettrica

tendenzialmente più elevati, che conferiscono al suolo caratteri di salinità e di alcalinità prossimi a livelli critici. La perdita di sostanza organica si è rivelata un'ulteriore implicazione negativa dei suddetti processi, associata a inevitabili squilibri strutturali, ridotta capacità di ritenzione idrica e difetti di drenaggio, oltre che, naturalmente, minore disponibilità di N e di altri elementi nutritivi.

Aspetti economici

Con riferimento ai prezzi attuali di mercato nell'area indagata, il valore



Forti fallanze in un giovane oliveto nel comprensorio di Strongoli (Kr)

della produzione vendibile di paglia e granella è risultato complessivamente di 189.40 □/ha per la tesi 1 e 365.70 □/ha per la tesi 2, con un incremento del 93% per il suolo meno eroso (tab 3). Tuttavia, l'evidenza di tale risultato viene offuscata, agli occhi dell'imprenditore, dai contributi pubblici; infatti, il suddetto incremento si riduce al 28% quando nel calcolo si includono anche i contributi integrativi.

L'integrazione supplementare per il grano duro viene erogata in base alla superficie coltivata: anche ciò ha favorito l'espansione su terreni particolarmente suscettibili all'erosione, un tempo pascoli cespugliati o incolti prodotti-

vi. Inoltre tali sovvenzioni, più elevate per il grano duro rispetto alle altre colture, hanno spinto le imprese agricole alla monosuccessione del cereale ed a trascurare le tradizionali rotazioni agrarie, frutto di esperienze plurisecolari. Dalla fine degli anni '60 la diffusione di trattori sempre più potenti e di combustibile a prezzo agevolato hanno indotto gli agricoltori ad approfondire l'aratura del terreno. Inizialmente, per la mineralizzazione della sostanza organica accumulata nello strato non lavorato, le colture avevano risposto con rese più

elevate. Col ripetersi delle arature profonde è venuta meno questa riserva di fertilità, e per il grano le differenze produttive tra lavorazione profonda e minima del terreno si sono quasi annullate. Sui terreni in pendio, che interessano i 2/3 del territorio nazionale e di oltre il 90% di quello calabrese, le lavorazioni profonde, poi, hanno innescato e/o accelerato i fenomeni erosivi dei suoli. In un primo tempo, l'effetto sinergico di fattori come la profondità di lavorazio-



Erosione incanalata in un vigneto a rittochino.

ne, le rotazioni più strette, l'espansione della coltura su terreni vulnerabili, legate alle sovvenzioni pubbliche, hanno mascherato la reale produttività dei terreni; infatti per l'impresa agricola, il reddito lordo fornito dal grano duro, era aumentato. A distanza di due decenni è evidente che la capacità produttiva dei suoli è diminuita o, in alcuni casi, si è addirittura azzerata.

Conclusioni

Dai risultati del presente lavoro appare evidente che i processi di erosione determinano un graduale deterioramento delle qualità agronomiche del suolo, con impatto drammatico sulle potenzialità produttive delle colture. In particolare, la perdita di fertilità associata all'incremento del livello di salinità negli orizzonti di superficie, al declino del contenuto di sostanza organica, alla precarietà degli equilibri strutturali e idrici, ha drasticamente compromesso l'accrescimento e lo sviluppo del frumento, con significative ripercussioni sulla produzione finale di granella e sul peso unitario delle cariossidi. Pertanto, in un comprensorio particolarmente esposto ai rischi di erosione diventa una necessità primaria introdurre misure conservative di gestione, idonee al mantenimento dell'integrità strutturale e degli equilibri fisici, chimici e biolo-

gici del suolo. E' ampiamente dimostrato che l'aratura tradizionale su terreni declivi provoca marcati incrementi di perdita di suolo rispetto alle lavorazioni "minime" o alle "non lavorazioni", accentua i fenomeni di compattamento e trasporta in superficie strati di terreno scarsamente dotati in sostanza organica; che le lavorazioni tendenti ad un'eccessiva frantumazione degli aggregati strutturali, quali le fresature, favoriscono il compattamento degli strati superficiali del suolo, ostacolando la penetrazione dell'acqua, e causano un'eccessiva dispersione della sostanza organica, accelerandone i processi ossidativi; che la bruciatura dei residui colturali, ampiamente diffusa nei nostri ambienti, oltre a determinare una rilevante perdita di sostanza organica, espone la superficie del suolo all'aggressività delle piogge.



Le lavorazioni non associate a sistemazioni idraulico-agrarie predispongono ai fenomeni erosivi.

Erosione e tecniche agronomiche

a cura di Silvano Molfese

Introduzione

L'erosione del suolo, come detto in precedenza, è influenzata sia da fattori naturali e sia dalle attività umane.

Le innovazioni degli ultimi decenni hanno coinvolto i diversi settori produttivi ed in agricoltura, uno dei perni della rivoluzione tecnologica, è stata la meccanizzazione delle operazioni colturali. Il massiccio impiego delle macchine, oltre agli indubbi vantaggi, ha favorito, unitamente al sistema delle sovvenzioni pubbliche, l'erosione antropica dei suoli.

A dire il vero anche gli altri settori produttivi, usufruendo dei contributi pubblici, esercitano una forte pressione

toriale di circa 15.000 km²; questo significa 35 ettari di territorio per ogni km di strada contro i 46 ha di territorio per km di strada della Basilicata, regione impervia quanto la Calabria (ISTAT).

Oltre alla perdita di terreno agrario e di copertura vegetale si devono considerare i danni produttivi causati dagli scarichi del traffico autoveicolare: per esempio quando nell'aria la concentrazione di ozono arriva a 0,09 ppm, per la soia si registra un calo produttivo del 31% (Brown et Al, 1990). Per non parlare poi delle superfici sottratte all'agricoltura dalla forte espansione dell'edilizia

(per uso civile ed industriale) negli ultimi tre decenni.

Queste puntualizzazioni si rendono necessarie poiché il settore primario è definito tale in quanto fornisce prodotti basilari per la sopravvivenza umana



S. Maria di Catanzaro - Gravi danni da erosione incanalata

sui terreni agricoli: si pensi che nella sola Calabria la rete stradale (escluse le strade comunali urbane) assomma a quasi 43.000 km su una superficie terri-

na di cui non si può fare a meno. Pertanto risulta necessaria l'attenzione delle Istituzioni pubbliche che devono vigilare localmente per garantire la

sicurezza alimentare delle future generazioni.

L'erosione del suolo interessa in prima persona anche l'imprenditore agricolo; infatti è bene fare molta attenzione alla perdita di terreno agrario dato che una riduzione della produttività del capitale fondiario, comporta una diminuzione del valore del fondo. Per esempio, sul mercato fondiario un appezzamento di un ettaro, con una produzione media annua di 30 quintali di grano vale 4.500 euro; se, in seguito all'erosione, la produzione media annua diminuisce e risulta pari a 20 quintali di grano, lo stesso appezzamento potrà valere 3.200 euro soltanto.

In base alla conoscenza diretta del territorio è possibile identificare tra le principali cause antropiche che hanno favorito negli ultimi decenni l'erosione del suolo in Calabria, le seguenti tecniche gestionali:

1. estensione della cerealicoltura su versanti particolarmente acclivi e passaggio alla monosuccessione;

2. abbandono delle sistemazioni idraulico-agrarie;

3. modellamento delle pendici;

4. asportazione della copertura vegetale a causa di incendi;

5. bruciatura delle stoppie;

6. aumento della profondità delle lavorazioni ed eccessivo impiego della fresa.

Per semplicità espositiva si analizzeranno singolarmente le tecniche gestionali efficaci per contrastare fenomeni erosivi, richiamando alcuni principi base delle scienze agronomiche. Siccome in agricoltura le variabili in gioco sono numerose, le indicazioni delle tecniche agronomiche dovranno essere diversificate sulla base delle specificità ambientali.



L'erosione è molto più contenuta nella parte inerbita del versante.

La sostanza organica

La sostanza organica è basilare per il suolo. Per definizione un suolo deve contenere sostanza organica; infatti, “in assenza totale di sostanza organica, come succede nel vero deserto sabbioso, non esiste un suolo ma solo un sedimento non consolidato”, (Giordano A., 2000)

Questa componente condiziona positivamente la fertilità chimica, fisica e biologica di un suolo; l'erosione del terreno porta direttamente o indirettamente anche alla perdita della sostanza organica.

La sostanza organica contenuta nel suolo tende a mineralizzarsi più o meno velocemente in base alla natura del terreno, al clima ed alle tecniche colturali adottate. Per stimare la quantità di s.o. mineralizzata annualmente nel terreno è stato adottato un coefficiente di mineralizzazione chiamato K2.

Il valore di questo coefficiente varia dall'1% al 2,5 % : è maggiore nei terreni sabbiosi mentre tende ad essere più basso in quelli argillosi.

Vediamo nel dettaglio come si calcola il contenuto di sostanza organica nel terreno e poi cerchiamo di quantificarne le perdite per mineralizzazione e quelle causate dall'erosione.

Nel testo facciamo l'esempio con un terreno argilloso; nella tabella 1 sono stati fatti i calcoli anche per un terreno sabbioso. Si prendono in considerazione i seguenti elementi: superficie di 1 ettaro (10.000 m²), profondità dello strato lavorato 20 cm (0,2 m), trattandosi di un terreno argilloso la densità apparente sarà pari a 1.200 kg/ m³. Il volume di terreno interessato dalle lavorazioni sarà di 2.000 m³ (0,2 m x 10.000 m²) avente una massa di 2.400 tonnellate (2.000 m³ x 1.200 kg/ m³,



Seminativi nel Basso ionio Catanzarese

densità apparente). A questo punto è necessario conoscere il contenuto della s.o.; se dalle analisi del terreno il valore della s.o. è di 1,25 %, per calcolarne il quantitativo nella predetta massa di terreno si procederà così:

$2.400 \text{ tonnellate} \times 1,25 / 100 = 30 \text{ tonnellate di s.o.}$

Significa che ci sono 30 tonnellate di sostanza organica nello strato di suolo considerato. Se l'erosione del suolo interessa uno spessore di 5 mm annui su un ettaro, si ha nel caso in esame, una perdita di ben 750 chili di sostanza organica ogni anno! (60 t di terreno perso x 1,25% di s.o.)

Alle perdite di s.o., conseguenti all'erosione del terreno, si devono aggiungere quelle ordinarie legate alla mineralizzazione della sostanza organi-

ca. In questo esempio il coefficiente di mineralizzazione adottato, il K2, risulta dell'1,5%; pertanto nello strato di 20 cm in assenza di erosione, di norma, si perdono ogni anno 450 kg di sostanza organica (Costantini, 2004).

Nel caso esaminato le perdite totali di s.o. ammontano perlomeno a 1.189 kg di cui 750 kg per il terreno eroso ed i rimanenti 439 kg corrispondono al quantitativo di sostanza organica mineralizzata nel rimanente strato di 19,5 cm.

Sono valori molto elevati se si pensa che, per riportare al terreno soltanto i 750 kg di sostanza organica persi a seguito dell'erosione, sono necessari 150 quintali di letame bovino o, in alternativa, 60 quintali di paglia di grano (coefficienti isoumici-K1 rispettivamente pari a 0.3 e 0.15).

Tab. 1 - Stima delle perdite di s.o. per erosione del terreno e per mineralizzazione

	Argilloso	Sabbioso
Densità apparente (t/m ³)	1,2	1,4
Sostanza organica in 20 cm (t)	30	35
S.O. persa per erosione di 5 mm di terreno (kg) (A)	750	875
Coefficiente di mineralizzazione K2 (%)	1,5	2,3
Perdite di S.O. in 20 cm senza erosione (kg)	450	805
S.O. mineralizzata in 19,5 cm di terreno (kg) (B)	439	785
Totale perdite di S.O. (kg) (A+B)	1189	1660

Tab. 2 - Contenuto di S.O. nel suolo in base alla tessitura del terreno

	Sabbiosi S-SF-FS	Franchi F-FL-FA-FSA	Argillosi e limosi A-AL-FLA-AS-L
Molto basso	< 0.8 %	< 1.0 %	< 1.2 %
Basso	0.8-1.4 %	1.0-1.8 %	1.2-2.2 %
Medio	1.5-2.0 %	1.9-2.5 %	2.3-3.0 %
Elevato	> 2.0 %	> 2.5 %	> 3.0 %

Le sistemazioni agrarie

Le sistemazioni agrarie sono realizzate per regimare le acque in eccesso; in pianura si deve evitare il ristagno idrico mentre sui terreni in pendio, con le sistemazioni, si cerca di limitare l'erosione idrica.

In Italia per sviluppare la meccanizzazione agricola è stato necessario allungare ed allargare i campi per ridurre i tempi morti, tecnicamente definiti "tempi accessori". Sono state così abbandonate le appropriate sistemazioni agrarie per agevolare il passaggio dei mezzi meccanici. Il forte sviluppo della meccanizzazione in agricoltura si ebbe inizialmente negli USA : ciò era favorito dalle elevate superfici delle aziende agricole e dalla volontà di contenere i costi della manodopera impiegata in campagna che era prevalentemente di colore. In sostanza le macchine sono

state introdotte per risparmiare sui tempi e sui costi della manodopera (Rifkin J., 1995).

In pianura sono state raddoppiate o addirittura triplicate le distanze tra i fossi che delimitavano i singoli campi; nelle zone collinari e montane, caratterizzate da elevata acclività, le tradizionali sistemazioni (a girapoggio, a cavallo-poggio e le diverse forme di terrazzamento) sono state talvolta sostituite impropriamente dal rittochino; in alcuni casi le opere di canalizzazione dell'acqua sono state eliminate completamente.

Per le condizioni pedoambientali della Calabria ci si soffermerà sulle sistemazioni dei terreni in pendio.

Nelle zone collinari e montane l'acqua, quando l'intensità di pioggia supera la velocità di infiltrazione, comincia



Comprensorio di Guardavalle (Cz).

a scorrere in superficie trascinando con se anche le particelle di suolo; per limitare l'erosione è bene favorire l'infiltrazione dell'acqua nel terreno incanalando quella in eccesso nei fossi di scolo.

Se i terreni sono in pendio si cerca di regimare l'acqua piovana per conservare il terreno agrario. Questo obiettivo veniva ottimizzato dal terrazzamento che permette di lavorare in piano; ma tale sistemazione è caduta in disuso per la difficoltà di operare con le macchine e per gli elevati costi di realizzazione e di manutenzione.

Nella scelta della più appropriata sistemazione agraria dei terreni in pendio è necessario prima di tutto tener conto della pendenza; è altresì fondamentale distanziare i fossi di scolo delle acque piovane in base all'acclività del versante.

Si sottolinea la necessità di operare una costante manutenzione dei fossi.

La sistemazione a rittochino può essere adottata su campi con pendenze del terreno fino al 10-12% massimo. In questa sistemazione i campi sono separati da scoline che sono parallele alla linea di massima pendenza.

Per ridurre gli svantaggi derivanti da un'elevata acclività si può adottare la sistemazione in obliquo che presenta come la precedente, scoline rettilinee e parallele tra loro; è caratterizzata da scoline aventi un'angolazione fino a 45° gradi rispetto alla linea di massi-

ma pendenza. La sistemazione in obliquo ha però l'inconveniente di aumentare i rischi di ribaltamento delle macchine operatrici man mano che ci si scosta dal rittochino.

Quando la pendenza del terreno è superiore al 10% è consigliabile sistemare il terreno con le altre classiche sistemazioni agrarie come quella a girapoggio.

La sistemazione a girapoggio può essere adottata su appezzamenti con pendenze fino al 40%. In questo tipo di sistemazione le scoline si discostano di poco dalle curve di livello, 1-2%; le scoline riversano l'acqua in fossi che sono perpendicolari alle curve di livello.

Per semplicità espositiva abbiamo fatto delle descrizioni schematiche: nella realtà operativa ci sono soluzioni intermedie come ad esempio la sistemazione a fosse livellari. Questo tipo di sistemazione è realizzabile solo per piante erbacee e con pendenza massima del 25%. È caratterizzata da scoline, o fosse livellari, più profonde dello strato arato, che seguono le curve di livello ed hanno una pendenza dell' 1-2% e riversano l'acqua lateralmente nei fossi; per facilitare il passaggio delle macchine le scoline possono essere intervallate da strade camperecce che si sviluppano a girapoggio e che hanno una pendenza trasversale verso monte per raccogliere l'acqua e farla defluire lateralmente.

Poiché gli effetti dell'erosione cre-

scono di intensità con la pendenza del terreno e con la lunghezza del campo è opportuno interrompere la lunghezza del versante con una scolina ed una fascia inerbita larga almeno 3 metri secondo il criterio dell'acclività del versante.

Quando la pendenza è inferiore al 13% la lunghezza del versante non deve superare i 50 m e sarà interrotta dalla fascia di protezione.

Con una pendenza compresa tra il 13% ed il 20% la distanza tra le fasce di protezione che interrompono il campo lungo il versante sarà al massimo di 30 metri; quando la pendenza è superiore al 20% il lato del campo lungo la linea di massima pendenza dovrà essere troncato ogni 15 m .

In realtà la distanza tra le fasce di protezione andrebbe definita non soltanto sulla base della pendenza ma anche in funzione del coefficiente di infiltrazione, definendo il rischio di scorrimento superficiale (run-off). I limiti sopra indicati rappresentano quindi un utile riferimento ma dovranno essere adattati alle reali condizioni che generano il rischio di ruscellamento. E' evidente, infatti, che tale rischio può risultare elevato anche con basse pendenze in caso di suoli poco permeabili, mentre una elevata permeabilità limita lo scorrimento superficiale anche in condizioni più acclivi.



Giovane oliveto nel comprensorio di Soverato (Cz).

Profondità delle Lavorazioni

Nella tradizione agronomica le lavorazioni del terreno ricoprono un ruolo fondamentale perché l'obiettivo è quello di avvantaggiare le colture agrarie nella competizione con le altre specie vegetali per luce, acqua ed elementi nutritivi.

Infatti con le lavorazioni si favorisce l'accumulo di riserve idriche, la penetrazione delle radici nel terreno ed una più rapida mineralizzazione della sostanza organica; si contengono le erbe infestanti; si interrano i fertilizzanti ed i residui colturali; si interrompe la risalita capillare.

La disponibilità di potenti trattrici e di carburante a prezzo agevolato hanno consentito agli agricoltori di

aumentare profondità, frequenza e tipo delle lavorazioni del terreno. L'aratura meccanica in Italia ha raggiunto profondità di 40-50 cm: inizialmente, per la mineralizzazione della sostanza organica contenuta nello strato non lavorato, le colture avevano risposto con rese più elevate. Tuttavia con le frequenti arature profonde si è andata esaurendo questa riserva di fertilità.

In Calabria come in Italia, fino agli anni '60 la forza animale veniva utilizzata diffusamente nei campi. La meccanizzazione ha comportato un salto della potenza impiegata in agricoltura; sono così emersi alcuni svantaggi legati alle lavorazioni profonde del terreno che ne aumentano l'erosione.



Accumulo di sedimenti alla base di un versante con filari disposti lungo le linee di massima pendenza.

Questi si possono sinteticamente riassumere in: perdita di sostanza organica; eccessiva polverizzazione del suolo; aumento del costipamento del terreno; distruzione meccanica delle radici superficiali nelle colture arboree. Tutto ciò, in collina e montagna, favorisce l'azione erosiva delle piogge.

Per favorire l'infiltrazione dell'acqua nel terreno l'aratro può essere convenientemente sostituito dal ripuntatore, chiamato anche scarificatore. Vediamone i vantaggi: la sostanza organica rimane negli strati più superficiali e si ha una minore ossidazione della stessa; questo attrezzo fessura il terreno senza rimescolarlo, non si diluisce la sostanza organica né si rischia di portare in superficie strati indesiderati di terreno; la ripuntatura, a parità di condizioni, permette un notevole risparmio di carburante, superiore al 50 - 60% rispetto all'aratura; inoltre nello stesso tempo la superficie lavorata con il ripuntatore è di oltre due volte e mezzo superiore alla superficie arata.

Con l'aumentare della profondità di aratura si ottengono zolle più grosse ed inoltre aumenta anche lo strato di terreno compattato dagli pneumatici che molto spesso supera la stessa profondità di aratura (Frondoni U., 2003); a parità di condizioni, quanto più grossa è la fetta di terreno rivoltata dall'aratro tanto più numerosi saranno i passaggi per preparare il letto di semina. I pas-

saggi delle pesanti macchine provocano il compattamento del terreno. Da verifiche sperimentali è risultato che con un solo passaggio si può arrivare ad una riduzione produttiva del 10%; quando i passaggi sulla stessa porzione di terreno diventano cinque il calo di produzione può raggiungere il 50% (Cera, Sartori.,1999). A questo inconveniente si può ovviare in buona misura con pneumatici a sezione doppia o con il gemellaggio delle ruote della trattrice.

Qualche anno addietro in una nota tecnica si riportavano i dati sperimentali relativi ad una impegnativa prova agronomica durata tredici anni e condotte in Umbria su terreni argillosi con pendenze medie del 7-9% in ambiente collinare (Bonciarelli e Archetti, 1999).

La prova fu impostata mantenendo l'ordinaria rotazione locale: girasole, frumento tenero ed orzo; il confronto fu fatto anche tra aratura profonda 45 cm e quella con la minima lavorazione, a 10 cm. Relativamente al frumento tenero le produzioni unitarie risultarono molto simili tra le due tesi: 5,74 tonnellate per ettaro con la lavorazione profonda e 5,66 tonnellate per ettaro con la minima lavorazione.

A fronte di questo risicato scarto produttivo si evidenziò un elevato risparmio di carburante e di tempo: infatti per la lavorazione profonda si consumarono 67 kg/ha di carburante mentre per quella superficiale ne furono

sufficienti 11 kg/ha. In altre parole ogni kg di carburante ha reso 85 kg di grano tenero nella prima tesi e ben 514 kg di frumento nella tesi con la minima lavorazione. Anche la capacità lavorativa fu sostanzialmente diversa: con l'aratura profonda risultò di 0,29 ha/ora mentre raggiunse i 2 ha/ora con la lavorazione superficiale.

In pratica con le lavorazioni superficiali si ottengono considerevoli risparmi economici derivanti dai ridotti consumi di carburante e dalla maggiore capacità lavorativa; a ciò si deve aggiungere la maggiore produzione derivante dal minor calpestio e la minore erosione del terreno.

Per le coltivazioni arboree è consigliabile mantenere il suolo inerbito; l'erosione si riduce notevolmente anche quando si lavora solo il terreno intorno alla pianta lasciando inerbito l'interfilare.

Per l'impianto delle colture arboree si suggerisce di fare solo una buca per pianta, o tutto al più di realizzare una trincea per ogni filare.

In agro di Soveria Simeri sono stati fatti dei rilievi diametrici su piante di olivo messe a dimora nella primavera del 1990. Le buche furono eseguite con la trivella; successivamente per evitare l'effetto vaso (ristagno idrico nella buca per il compattamento della parete interna) si impiegò il ripuntatore alla profondità di 1 m fessurando a croce la buca stessa. Dopo la letamazione della

buca furono messe a dimora le piante di olivo della cv Carolea. Dal 1996 al 2004 l'accrescimento diametrico medio annuo è risultato pari a 1,4 cm, certamente interessante per l'ambiente considerato.

Per gli impianti arborei laddove sono presenti specie pollonifere è consigliabile rinnovare l'impianto innestando i giovani polloni anziché fare lo scasso totale del terreno per reimpiantare l'arboreto. Un esempio nella realtà calabrese è costituito dal Campo di raccolta del germoplasma castanicolo sito in agro di Sersale (Catanzaro).

Questo campo dell'AFOR, realizzato in collaborazione con l'ARSSA, si trova a circa 1.000 m sul livello del mare in condizioni di elevata acclività.

Per fare il nuovo impianto si tagliò il ceduo di castagno e successivamente furono innestati i polloni di un anno. Tutto ciò è stato fatto su una superficie di circa 10 ettari senza smuovere il terreno!

Sui pendii, per cambiare la varietà di un impianto arboreo senza effettuare costose e rischiose operazioni di scasso si può fare la capitozzatura degli alberi; poi si innesterà la varietà compatibile con il portinnesto; un'altra tecnica consiste nel praticare degli innesti laterali sul tronco ed in seguito ridurre gradualmente la chioma della pianta. (Bargioni G., 2004)

La Fresatura

Gli agricoltori sanno che la fresatura del terreno favorisce l'erosione dello stesso per la polverizzazione del suolo e per la formazione della suola di lavorazione. Tuttavia pur sapendo ciò, quando inizia la primavera molti agricoltori si precipitano in campagna a fresare ogni fazzoletto di terra temendo il propagarsi del fuoco per la presenza di erba secca. Le perdite patrimoniali a causa di un possibile incendio sono tali da spingere gli agricoltori ad effettuare almeno due o più lavorazioni all'anno con la fresa. Si fresa pensando di preservare il patrimonio terra da eventuali incendi ma di fatto, seppur più lentamente rispetto al fuoco, lo si deteriora inesorabilmente.

Negli ultimi anni si sono diffuse le fresatrici che hanno riscosso un notevole successo per la facilità di operare sui terreni in pendio sminuzzando ed interrando le malerbe che possono costituire un pericolo per gli incendi negli impianti arborei; in superficie il terreno è soffice ed uniformemente sminuzzato. Con gli anni, oltre all'erosione del terreno dovuta all'eccessiva polverizzazione, ci si accorge che al di sotto dello strato lavorato il terreno è eccessivamente compattato: le zappette della fresa girando su un asse orizzontale schiacciano il terreno verso il basso.

La suola di lavorazione ostacola l'infiltrazione dell'acqua nel terreno: si favo-



L'erosione interessa un orizzonte pedogenetico sottosuperficiale (fragipan) evoluto su depositi del Quaternario.

risce l'erosione e, diminuendo l'assorbimento di acqua, si riduce la riserva idrica negli strati sottostanti. Questa suola inoltre limita l'esplorazione delle radici. Per rompere uno strato così compatto è necessario ricorrere al ripuntatore.

Possono sostituire egregiamente il

Utilizzo del fuoco

Con un pò di carta e qualche fiammifero è possibile eliminare con il fuoco i residui colturali di interi campi: è un metodo tanto rapido ed economico quanto dannoso e pericoloso. Questa pratica viene messa in atto non solo per eliminare i residui colturali ma anche per contenere le infestanti scartate dagli animali al

lavoro della fresa sia la vangatrice che l'erpice a dischi: in questo modo il terreno, pur non presentandosi soffice e pulito come succede dopo la fresatura, viene ripulito dalle malerbe mantenendo un buon drenaggio.

pascolo sui fondi altrui; anche la mancata sorveglianza della proprietà favorisce l'uso del fuoco come pratica diserbante.

Con la bruciatura delle stoppie si distrugge la sostanza organica presente in superficie con gravi danni per la fertilità fisica, chimica e biologica del terreno. La produzione agricola diminuisce.



Bruciatura delle stoppie nel crotonese.

In seguito alla combustione delle stoppie, come anche dell'erba, si riduce la permeabilità dello strato superficiale del terreno e di conseguenza diminuiscono l'infiltrazione e l'accumulo di acqua nel suolo: aumenta l'erosione

pascolo e stimolare il ricaccio delle essenze appetite dal bestiame.

L'abbandono delle campagne di una parte dei proprietari, ha indotto qualche allevatore ad estendere abusivamente il

(Triberti, Toderi, 1999). Questo avviene nella parte superficiale del suolo cioè proprio laddove è necessario l'effetto protettivo della sostanza organica.

C'è invece un vantaggio economico

immediato ad interrare, anziché bruciare, i residui colturali. Basti pensare che un seminativo coltivato a grano, avente una produzione media di 30 quintali ad ettaro, lascia sul terreno circa 30 quintali di residui colturali, paglia inclusa, il che corrisponde ad un apporto di circa 375 kg di humus stabile: un quantitativo di sostanza organica che in un suolo argillo-

so, lavorato a 15 cm di profondità, compensa abbondantemente la sostanza organica che è stata mineralizzata.

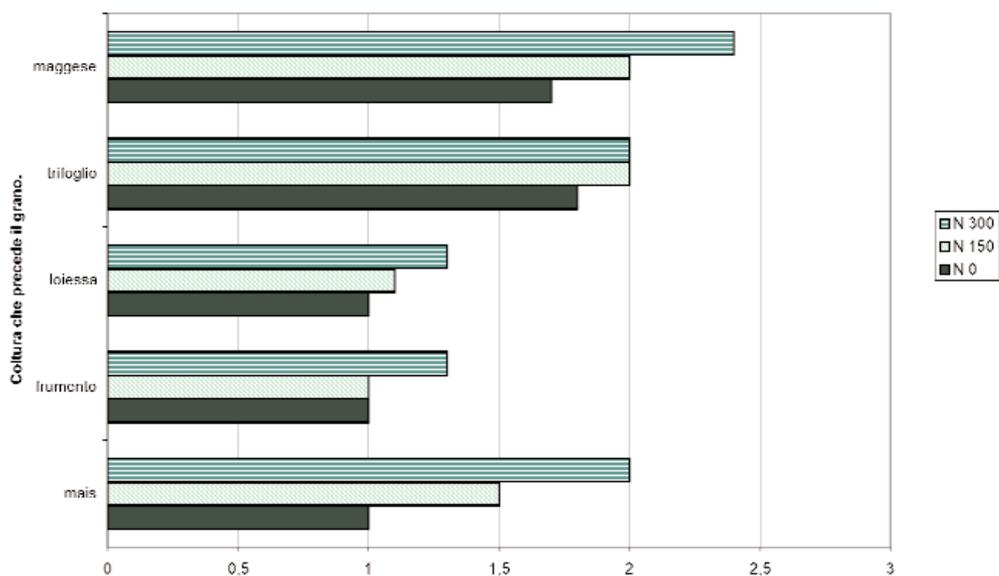
Le macchine operatrici permettono di lavorare e seminare anche senza ricorrere alla bruciatura delle stoppie: tale pratica, purtroppo ancora in uso, lascia il terreno completamente nudo.

Rotazioni

Negli ultimi decenni si è assistito anche all'abbandono delle rotazioni agrarie e, nei casi estremi, alla monosuccessione del grano. Lasciare il terreno nudo per un lungo periodo è molto rischioso; quando ciò avviene per estese superfici senza alcuna soluzione di continuità, una pioggia più intensa può essere disastrosa.

E' proprio ciò che accadde nell'ottobre del 1996 nella zona del crotonese che fu investita da un evento piovoso di particolare intensità. Del disastro fu accusata l'acqua venuta dal cielo quando in realtà la valanga di fango arrivata a Crotona, che procurò anche molti morti, è da addebitare in gran parte alla maldestra gestione del territorio, non-

Fig.1-Produzione di frumento, sostanza secca totale, in successione alle colture elencate e con tre livelli di concimazione azotata (0-150-300 kg/ha) Su "Agronomia generale" di L. Giardini, pag. 543. Dati sperimentali prodotti da Bonciarelli nel 1971.



ché alla pessima conduzione agronomica dei campi.

Nella stessa giornata, mentre la strada litoranea Jonica (strada statale 106) era interrotta in più punti, la strada presilana s.s. n° 109 che si trova a mezza costa, poteva invece essere praticata; per alcuni tratti il traffico fu addirittura deviato proprio sulla strada n° 109! Sebbene la pioggia avesse interessato con la stessa intensità la zona montana, per di più caratterizzata da un'elevata acclività, non ci furono smottamenti: la copertura vegetale del bosco protesse efficacemente il suolo.

La monosuccessione del grano duro, praticata negli ultimi due decenni è legata prevalentemente alle sovvenzioni pubbliche più elevate per questo cereale rispetto alle altre colture: infatti per il grano duro, oltre al premio base, è previsto un premio supplementare; con produzioni medio-basse, 2,0 t/ha, i contributi pubblici superano la produ-

zione lorda vendibile del grano.

Le altre colture che per tradizione entrano nell'avvicendamento come il favino, la sulla ecc. non hanno goduto degli stessi benefici economici da parte dello Stato. Per questa ragione è sorta una falsa convenienza economica del grano dopo grano con l'abbandono della rotazione agraria, pratica agricola consolidata da una verifica plurisecolare.

I vantaggi produttivi dell'avvicendamento culturale sono stati più volte evidenziati; quando il frumento viene coltivato dopo una leguminosa come il trifoglio, la produzione areica di sostanza secca, senza concimazione azotata, aumenta dell'80% rispetto alla successione con le graminacee (fig.1).

In pratica è l'alternarsi di piante annuali a piante poliennali, di monocotiledoni a dicotiledoni, di piante azoto fissatrici a piante nitrofile ecc. a dare il positivo effetto di avvicendamento. La contemporanea presenza di specie



Cerealicoltura nell'Alto crotonese.

diverse, nel caso di impianti arborei, e l'avvicendamento colturale nei seminativi sono metodi per mantenere un livello minimo di biodiversità nei campi coltivati.

Concludendo il paragrafo sulle rotazioni, L. Giardini rammentava l'irreversibilità dei danni da erosione nei terreni declivi superficiali.

La Politica Agricola Comunitaria, con gli ultimi aggiornamenti (Regolamento CE n. 1782/03), è orientata ad integrare il reddito degli agricoltori prescindendo dalla coltura praticata. In questo modo le imprese agricole saranno indotte a riconsiderare le tradizionali tecniche agronomiche armonizzandole con le innovazioni tecnologi-

che introdotte negli ultimi decenni.

Quando la pendenza del terreno costituisce il fattore limitante nell'ordinamento produttivo dell'azienda agricola, sarebbe necessario reintrodurre il bosco ed il pascolo.

Possiamo concludere con le parole di Luigi Cavazza quando scriveva che "... la millenaria tradizione del riposo pascolativo sembra più che soddisfatta del suo risultato agronomico."

Bibliografia

- Amadesi E.** (1987) - *Fotointerpretazione ed aerofotogrammetria*. Pitagora Editrice. Bologna
- Amodio Morelli L., Bonardi G., Colonna V., Dietrich D., Giunta G., Ippolito F., Liguori V., Lorenzoni S., Paglionico A., Perrone V., Piccarreta G., Russo M., Scandone P., Zanettin Lorenzoni E., Zuppetta A.** (1976) - *L'arco calabro-peloritano nell'orogene appennino-maghrebide*. Mem. Soc. Geol. It., 17, 1-60
- Antronico L. & Terranova O.** (1999) - *Indagine sull'erosione e sulla capacità d'infiltrazione mediante piogge simulate*. GEAM, anno XXXVI, Giugno-Settembre 1999, n°2-3, pp135-141.
- Antronico L., Gullà G., Terranova O.** (2002) - *L'evento pluviometrico dell'8-10 settembre 2000 nella Calabria ionica meridionale: dissesti sui versanti e processi in alveo*. Accademia Nazionale dei Lincei
- ARSSA- Servizio Agropedologia** (2003) *I suoli della Calabria - Carta dei suoli in scala 1:250.000 della Regione Calabria- Monografia divulgativa*
- AA.VV.** (1991) - *Il suolo*. La Nuova Italia Scientifica. Roma
- Badaruddin M., Meyer D. W.** (1994) *Grain legume effects on soil nitrogen, grain yield and nitrogen nutrition of wheat*. Crop Sci., 34:1304-1309
- Bargioni G.** (2004) - *Alcuni consigli per abbassare la chioma di un albero da frutto adulto*. Vita in campagna, 11: 32-34.
- Bazzoffi P.** (1984) - *Erosione sui versanti e conseguente sedimentazione in piccoli serbatoi artificiali* (nota III). Annali Ist. Sper. Studio e Difesa Suolo, Firenze, vol. XV, 149-188
- Bazzoffi P. & Zanchi C.** (1987) - *Studio della dinamica dell'erosione e di alcune caratteristiche fisiche dei sedimenti asportati, in condizioni di pioggia simulata, su un suolo franco del Mugello (Toscana)*. Annali Ist. Sper. Studio e Difesa Suolo, vol. 18, 89-110.
- Beran M., Hosking J.R.M., Arnell N.** (1986) - *Comment on-Two component extreme value distribution for flood frequency analysis -by F.Rossi, M. Fiorentino e P. Versace*, Water Resour. Res., 22 (2), pp 263-266
- Bonardi G., Perrone V., Tortorici L., Turco E., Zuppetta A** (1982) - *The evolution of the northern sector of the Calabria-Peloritani Arc in a semiquantitative palynspastic restoration*. Boll. Soc. Geol. It., 101, 259-274
- Bonciarelli F., Archetti R.** (1999) - *Possibilità di risparmio energetico con lavorazioni ridotte del terreno*. L'Informatore Agrario, 33: 29-33.
- Brown L., Young J.E.** (1990) - *Sfamare l'umanità negli anni '90. State of the world 1990*. ISEDI, pp. 105.
- Bryan R.B., Yair A. & Hodge W.K.** (1978) - *Factors controlling the initiation of runoff and piping in Dinosaur Provincial Park badlands, Alberta, Canada*. Z. Geomorph. N.F. Supp., Bd. 29, 151-168.
- Calmiero D., Mercuri T.** (1980) *Le alluvioni in Calabria dal 1921 al 1970*. CNR-IRPI.

Cosenza

Camusi A., Moller F., Ottaviano E., Sari Gorla M. (1995) *Metodi statistici per la sperimentazione biologica*. Zanichelli ed. Bologna 479 pp

Capozza, F. (1963) - "*Influenza del fattore geomorfologico e litologico sul trasporto solido del fiume Agri a monte della diga del Pertusillo*". *Rass. Lav. Pubbl.*, n°12, 24 pp.

Catalano, Pascuzzi F. Versace P (1989) - *I massimi annuali delle piogge areali sul bacino del fiume Crati*. Rapporto 88, linea 1: Previsione e prevenzione degli eventi ideologici estremi e loro controllo, GNDICI, CNR, Roma

Cavazza, S. (1962) - "*Sulla erodibilità dei terreni di alcuni bacini calabro-lucani*". *Atti XVIII Congr. Geogr. It.*, Trieste, vol. 1, pp. 285-304

Cera M., Sartori L.(1999) - *Lavorazioni e trafficabilità. Le lavorazioni del terreno*. Edizioni L'Informatore Agrario, pp. 54.

Ciccacci S., Fredi P., Lupia Palmieri E., Pugliese F. (1980) - *Contributo dell'analisi geomorfica quantitativa alla valutazione dell'entità dell'erosione nei bacini fluviali*, *Boll. Soc. Geol. It.*, 99: 455-516.

Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía. (1997) - *Datos Básicos sobre Medio Ambiente*, 23, Seville, 1996

Costantini E. (2004) - *Facciamo i conti con l'humus*. *Bioagricoltura*, 4: 32-35.

D'Asaro e Santoro (1983)- *Aggressività della pioggia nello studio dell'erosione idrica del territorio siciliano*. CNR Progetto finalizzato Conservazione del suolo, Sottoprogetto "Dinamica dei versanti", publ. N°130

Dell'Abate M. T. (2000)- *La sostanza organica quale indicatore di qualità*. Convegno "indicatori della qualità del suolo". Roma teatro dei Di oscuri, 29 Marzo

ESRI Shapefile Technical Description - An ESRI White Paper -July 1998 - Environmental Systems Research Institute, Inc. (ESRI).

European Conservation Agriculture Federation (1999) - "*Progetto LIFE: Progetto 99-E-306 Agricoltura Conservativa in Europa*"

FAO (1999) -*World Reference Base for Soil Resources*. Report n° 84 Versione Italiana. ISSDS Firenze

Ferrari E., Versace P, Villani P. (1989) - *Terzo Livello di analisi regionale delle piene in Calabria*. Rapporto 88, Linea 1: previsione e prevenzione degli eventi ideologici estremi e loro controllo, GNDICI, CNR, Roma

Ferrari E., Gabriele S., Rossi F., Versace P., Villani P (1990) - *La valutazione delle piene in Calabria*. Aspetti metodologici di un'analisi a scala regionale. Atti del Convegno di Idraulica e Costruzioni idrauliche, Vol 3, pp511-534, Cosenza

Ferro V., Giordano G., Iovino M. (1991) - *La carta delle isoerodenti e del rischio erosivo del territorio siciliano come strumento per la pianificazione degli interventi di conservazione del suolo*. In Atti del Convegno Nazionale "I Piani di bacino per la difesa del suolo, la gestione delle acque e la tutela dell'ambiente", Taormina, 23-24 novembre 1990. 299-316.

- Fiez T.E., Pan W.L., Miller B.C.** (1995) *Nitrogen use efficiency of winter wheat among landscape position*. Soil. Sci. Soc. Am. J. 59: 1666-1671
- Fiorentino M., Gabriele S., Rossi F., Versace P.** (1987) - *Hierarchical approach for regional flood frequency analysis*. Regional Flood Frequency Analysis, edited by V.P. Singh, pp. 35-49, D. Reidel Publishing Company, Dordrech, Holland
- Fontana M. & Venturi A.** (1999) - *Le tecniche di conduzione*. Agricoltura, 27(3): 36-43.
- Fournier, F.** (1960) - "*Debit solide des cours d'eau. Essai d'estimation de la perte en terre subie par l'ensemble du globe terrestre*". Presses Univ. de France, Paris, 201 pp.
- Frondoni U.** (2003) - *Soluzioni meccaniche per un'agricoltura a basso impatto ambientale*. Il Divulgatore, 10: 11.
- Gabriele S. & Iiritano G.** (1994) - *Alcuni aspetti teorici ed applicativi nella regionalizzazione delle piene con il modello TCEV*. GNDICI, n°1089, CNR-IRPI, Cosenza.
- Gazzolo, T. & Bassi, G.** (1961) - "*Contributo allo studio del grado di erodibilità dei terreni costituenti i bacini montani dei corsi d'acqua italiani*". Mm. Lav. Pubbl., Goorn. Gen. Civ., n°1, pp. 9-19
- Gazzolo, T. & Bassi, G.** (1964) - "*Relazione tra i fattori del processo di ablazione ed il processo solido in sospensione nei corsi d'acqua italiani*". Mi Lav. Pubbl., Goorn. Gen. Civ., n°6, pp. 377-395
- Ghissetti F.** (1979) - *Evoluzione neotettonica dei principali sistemi di faglie della Calabria Centrale*. Boll. Soc., Geol. It., 98, 387-430
- Giardini L.** (1982) - *Agronomia generale*. Patron Editore, pp. 363-370; 553
- Giordano A.** (1994) - *Valutazione del rischio di erosione del suolo nell'ambiente mediterraneo*. Programma CORINE della CEE. In Atti del IV Convegno Internazionale di Geoingegneria Difesa e Valorizzazione del Suolo e degli Acquiferi, Torino, 151-160.
- Giordano A.** (1999) - *Pedologia*. UTET, pp. 24.
- Guiducci M.** (1988) - *Parametri di crescita e produzione del frumento tenero*. III) Effetto della disponibilità idrica sull'accumulo della sostanza secca e delle proteine nelle cariossidi di varietà a diversa precocità. Riv. Di Agron., 22, 4, 258-265
- Hairston J. E., Sanford J. O., Rhoton F. E., Miller J. G.** (1988) - *Effect of soil depth and erosion on yeld in the Mississippi Blacklands*. Soli Sci. Soc. Am. J., 52:1458-1463
- Jones J. B., Jr, Case V. W.** (1990) - *Sampling, handling and analyzing plant tissue samples*. In: R.L. Westerman (ed), Soil testing and plant analysis. 3rd ed. Soil Sci. Soc. Am. Inc. Madison WI p 389-447
- Kinsel, W.G.**(1980) - *CREAMS: A Field Scale Model for Chemicals, Runoff, and Erosion From Agricultural Management Systems*. U.S. Department of Agriculture, Conservation Report n" 26 (W.G Kinsel editor), 640 pp.

- ISTAT** - *Rete stradale per tipo di strada e regione. Anni 1999- 2000*
- Landi L., Ranella G., Nannipieri P.** (2000) - *Indicatori chimici della qualità del suolo: il ruolo della sostanza organica*. Convegno "Indicatori della qualità del suolo" Roma teatro dei Di oscuri, 29 Marzo
- Langbein, W.B. & Schumm, S.A.** (1958) - "*Yield of sediment in relation to mean annual precipitation*". *Trans. Am. Geoph. Un.*, n° 39, pp. 1076-1084
- Lowery B., Schumacher T., Jones A.** (1995) - *Physical properties of selected soils by erosion class*. *J. Soil and Water Cons.*, 50(3):306-311
- Mancini F., Landi R., Bonciarelli F., Bagnaresi U., Manfredi E.** (1979) - *L'utilizzazione dei terreni argillosi dell'Appennino*. Ed agricole Bologna
- Manning G., Fuller L. G., Eilers R.G., Florinsky I.** (2001) - *Wheat yield and grain protein variation of soil proprieties within an undulating Manitoba landscape*. *Can. J. Soil Sci.*, 81:439-447
- Manrique L.A.** (1988) - *Land erodibility assessment methodology, using soil survey data based on soil taxonomy*. University of Hawaii.Honolulu.
- Ministero dei Lavori Pubblici** - Consiglio Superiore *Annali Idrologici trentennio 1957-1987*. Istituto Poligrafico dello Stato
- Moore ID. & Burch G.J.** (1986) - *Modelling erosion and deposition: topographic effects*. *Transactions of the ASAE*, 29, 1624-1630.
- MOPU** (Secretaria de Medio Ambiente, Ministerio de Obras Pùblicas y Urbanismo) (1991), *Informe Proyecto Lucdeme*, Madrid.
- Morgan, R. P. C.** (1992) - *Soil erosion in the Northern countries of the European Community*. EIW Workshop. Elaboration of a framework of a code of Good Agriculture Practices, Brussels, 21-22 May, 1992.
- Morgan R.P.C.** (1995) - *Soil erosion and conservation*. Longman England
- Moulin A. P., Anderson D. W., Mellinger M.** (1994) *Spatial variability of wheat yield, soil properties and erosion in Hummocky terrain*. *Can. J. Soil Sci.*, 74:219-228
- Mutchler C.K. & Carter C.E. (1983) - Soil erodibility variation during the year. *Trans. ASAE*, 26.
- Newboul P.** (1982) - *Losses and accumulation of organic matter in soils*. Soil degradation Rotterdam, Balkema
- Paolillo** (2001)- *Relazione al parlamento sullo stato dell'ambiente*
- Persicani D.** (1989) - *Elementi di scienza del suolo*. Franco Angeli. Milano
- Pimentel D. et al.** (1995) - *Environmental and economic cost of soil erosion and conservation benefits*. *Science*, 267, 1117-1123
- Power J. F., Ries R. E., Sandoval F. M.** (1982) - *Quality parameters of spring wheat and forage crops related to topsoil and subsoil tickness*. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 46:381-386
- P.S.I.A.C.** Pacific Southwest Inter Agency Committee (1968) - *Report of the water management subcommittee on factors affecting sediment yield in the pacific southwest area and selection and evaluation of measures for reduction of erosion and sediment yield*.

- Regione Calabria** - Assessorato all'Ambiente (2000) - *Primo rapporto sullo stato dell'ambiente in Calabria*
- Renard K.G., Foster G.R., Weesies G.A., McCool D.K., Yoder D.C.** (1996) - *Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation*. Agriculture Handbook, n. 703, Agriculture Research Service, USDA, Washington, USA.
- Rifkin J.** (1995) - *La fine del lavoro*. Baldini e Castoldi, pp. 126-128.
- Rossi F. & Versace P.** (1982) - *Criteri e metodi per l'analisi statistica delle piene*. Valutazione delle piene, CNR-P.F. Conservazione del suolo, n°165, pp. 63-130.
- Rossi E. & Villani P.** (1992) - *Valutazione delle piene in Campania*. (a cura di). GNDICI, CNR, Napoli.
- Schumm, S.A.** (1954)- *"The relation of drainage basin relief to sediment loss"*. Int. Assoc. Sci. Hydrol., vol. 36, pp. 216-219
- Seminario Enea** - Universita' di Palermo *"Valutazione e mitigazione della desertificazione in Sicilia"*. Palermo, 13 marzo 2003
- Smith O.H., Petersen G. W., Needelman B. A.** (2000) - *Environmental indicators of Agroecosystems*. Advances in Agronomy, 69:75-97
- Soil Survey Staff** (1999) - *Keys to Soil Taxonomy*. Pocahontas Press. Inc. Blacksburg - Virginia
- Sorrentino** (2001) - *Indagine regionale sulla stima dell'aggressività della pioggia nello studio dell'erosione idrica*. Tesi di laurea, Università della Calabria, Facoltà di Ingegneria.
- Sorriso-Valvo M., Antronico L. & Borelli A.** (1992) - *Recent evolution of badland-type erosion in Southern Calabria* (Italy). Geoöko plus 3, 69-82
- Sorriso-Valvo M., Bryan R.B., Yair A., Iovino F. & Antronico L.** (1995) - *Impact of afforestation on hydrological response and sediment production in a small Calabrian catchment*. Catena, 25, 89-104.
- Sorriso-Valvo M. et al., Zimmaro 8.** (2000) - *Evento alluvionale dell'8-10 settembre 2000* - Rapporto speditivo per il Dipartimento della Protezione Civile.- CNR-IRPI, CNR-GNDICI, UniCal - Dip. Difesa del Suolo, 17pp (inedito).
- Stone J.R., Gilliam J. W., Cassel D.K., Daniels R. B., Nelson L. A., Kleiss H. J.** (1985) - *Effect of erosion and landscape position on the productivity of Piedmont soils*. Soil Sci. Soc. Am. J., 49:987-991
- Surfer** (1999): *User's guide. Contouring and 3D. Surface mapping for scientist and engineers*. Goden software, Inc., Goden, Colorado, USA.
- Terranova O.** (1989) - *Descrizione geomorfologica del bacino attrezzato del torrente Turbolo* (Calabria). Quaderni di Idronomia Montana, n°9, pp. 179-200
- Torri D., Colica A. & Rockwell D.** (1994) - *Preliminary study of the erosion mechanisms in a biancana badland* (Tuscany, Italy). Catena, 23, 281-294.
- Tortorici L.** (1982) - *Lineamenti geologico-strutturali dell'arco calabro-peloritano*. Rend. Soc. It. Min. Petr., 38, 927-940
- Triberti L., Toderi G.** (1999) - *Lavorazioni e gestione dei residui colturali. Le lavora-*

zioni del terreno. Edizioni L'Informatore Agrario, pp. 32.

Verity G.E., Anderson D. W. (1990) - *Soil erosion effects on soil quality and yield*. Can J. Soil Sci., 70:471-484

Versace P., Ferrari E., Gabriele S. & Rossi F. (1989) - *Valutazione delle piene in Calabria* (bozza finale). CNR- IRPI, Geodata 30, Cosenza.

Williams J.R. (1975) - *Sediment yield prediction with universal equation using runoff energy factor*. Present and Prospective Technology for Predicting Sediment Yield and Sources, Agricultural Research Service, USDA, Washington, USA. 244-252.

Wischmeier W.H. & Smith D.D. (1965) - *Predicting rainfall erosion losses from cropland east of the RockyMountains*: Guided for selection of practices for soil and water conservation. U.S. Dep. Agric. Handb. N° 282

Wischmeier W.H. (1976) - *Use and misuse of the universal soil loss equation*. J. Soil and Water Conserv, 31, 5-9.

Wischmeier W.H. & Smith D.D. (1978) - *Predicting rainfall erosion losses*. Agriculture Handbook, n. 537, Agriculture Research Service, USDA, Washington, USA.

Yair A. & Lavee H. (1982) - *Factors affecting the spatial variability of runoff generation over arid hillslopes*, Southern Israel. Israel Journal of Earth-Sciences, vol. 31, 133-143.

Zanchi C. (1983) - *Influenza dell'azione battente della pioggia e del ruscellamento nel processo erosivo e variazioni dell'erodibilità del suolo nei diversi periodi stagionali*. Annali Istit. Sperim. e Difesa Suolo, 14, 347-358.

Zanchi C. (1979) - *Problemi relativi alla simulazione della pioggia e caratteristiche di alcuni simulatori di pioggia per lo studio dell'erosione idrometeorica*. Annali Ist. Sper. Studio e Difesa Suolo, vol. 10, 113-150.