

GIUSEPPE GARFÌ (*) - ANTONELLA VELTRI (**)
GIOVANNI CALLEGARI (**) - FRANCESCO IOVINO (***)

EFFETTI DELLA CEDUAZIONE SULLE PERDITE DI SUOLO IN POPOLAMENTI DI CASTAGNO DELLA CATENA COSTIERA COSENTINA (CALABRIA)

Le utilizzazioni dei cedui di castagno interessano spesso superfici considerevoli, causando alterazioni nei processi idrici ed effetti sull'erosione e sull'idrologia dei versanti. Inoltre, l'alternanza delle tagliate di diversa dimensione ed età dei soprassuoli determina un mosaico di aree che contribuiscono in maniera diversa ai processi idrologici ed erosivi dei bacini idrografici.

Nell'ambito di queste problematiche, in un bacino boscato del versante orientale della Catena Costiera Cosentina, in Calabria, sono state quantificate le perdite di erosione mediante l'applicazione della USLE in ambiente GIS. Inoltre, sono state analizzate le caratteristiche di distribuzione spaziale e temporale dei processi erosivi, al fine di valutare la compatibilità fra le attuali modalità di utilizzazione dei cedui e la conservazione del suolo.

I risultati hanno mostrato che il tipo ed il grado di copertura forestale hanno un ruolo centrale nella determinazione del rischio di erosione. Tuttavia, a scala di bacino le periodiche variazioni di copertura, legate all'attuale regime di utilizzazione, non sembrano alterare significativamente l'efficacia antierosiva delle formazioni indagate. Oltretutto, l'effetto della brusca scopertura del suolo è temporaneo e di breve durata, poiché nell'arco di tre stagioni vegetative la copertura vegetale appare in grado di recuperare le condizioni pregresse in termini di efficienza nei confronti dei processi erosivi.

Parole chiave: analisi distribuita; fattore C; GIS; rischio di erosione; USLE.

Key words: distributed analysis; factor C; GIS; erosion hazard; USLE.

1. INTRODUZIONE

Nella gestione delle risorse forestali uno dei problemi di maggiore rilievo riguarda la sostenibilità, in termini ambientali, dell'utilizzazione dei boschi cedui, soprattutto in relazione all'impatto del taglio finale sulla conservazione

(*) CNR-Istituto per i Sistemi Agricoli e Forestali del Mediterraneo, sezione di Cosenza, via Cavour 4, 87030 Rende (CS). Indirizzo attuale: CNR-Istituto di Genetica Vegetale, sezione di Palermo, corso Calatafimi 414, 90129 Palermo. e-mail: giuseppe.garfi@igv.cnr.it

(**) CNR-Istituto per i Sistemi Agricoli e Forestali del Mediterraneo, sezione di Cosenza, via Cavour 4, 87030 Rende (CS).

(***) Dipartimento di Difesa del Suolo, Università della Calabria, Arcavacata di Rende (CS).

del suolo. Infatti, il taglio raso comporta alterazioni sensibili del bilancio idrico, in seguito alle modificazioni che subiscono i processi evapotraspirativi e all'aumento del contenuto di acqua nel suolo. Ne consegue un incremento del deflusso superficiale e una maggiore suscettività dei suoli all'erosione.

Questi fenomeni possono assumere un'entità diversa in funzione delle dimensioni e della forma delle singole tagliate, della loro distribuzione nello spazio e nel tempo, della pendenza dei versanti, delle caratteristiche dei suoli e della maggiore o minore erodibilità di questi. Gli effetti del taglio si accentuano ulteriormente in stazioni già degradate e dove il suolo è reso ancora più vulnerabile dai fenomeni di costipamento e di alterazione degli orizzonti superficiali, spesso causati dalle attività di concentramento ed esbosco (MURPHY e JACKSON, 1989; IOVINO, 2005). La meccanizzazione, infatti, determina danni al suolo a seguito del rimescolamento degli orizzonti minerali e organici e l'eventuale trasferimento o asportazione di questi ultimi, come conseguenza dello strascico dei tronchi (MARCHI e PIEGAI, 2001). Inoltre, si ha compattamento del suolo per la pressione esercitata dai trattori e dal rimorchio, oltre che per lo strascico del materiale legnoso e la creazione di solchi causati dal passaggio e dall'affondamento dei mezzi meccanici. Tali processi modificano le condizioni di drenaggio e di infiltrazione dell'acqua, con conseguente ruscellamento ed erosione diffusa e incanalata sui versanti, che si manifestano soprattutto nei tratti di suolo più disturbati, dove si perde l'azione protettiva degli orizzonti organici (CORONA *et al.*, 1996).

In Italia, gli effetti specifici del governo a ceduo sui processi idrici ed erosivi sono stati oggetto di studi in diversi tipi di boschi, posti in differenti contesti pedoclimatici. In cedui di roverella e farnetto, IOVINO *et al.* (1998) hanno mostrato che la maggiore densità di ceppaie nel ceduo matricinato e l'insediamento della vegetazione erbacea ed arbustiva, dopo il taglio del soprassuolo, limitano il deflusso superficiale e il trasporto solido. Altri studi, svolti in cedui di eucalitti del Crotonese, hanno evidenziato che la ceduazione determina un incremento dei volumi unitari di deflusso nei primi due anni successivi al taglio, mentre l'effetto sulla perdita di suolo è marcato soltanto nel primo anno (CALLEGARI *et al.*, 2001).

Alcuni accorgimenti pratici possono contribuire in modo sostanziale all'attenuazione dell'impatto del taglio. Il rilascio degli scarti di lavorazione, ad esempio, favorisce l'infiltrazione di acqua nel suolo e riduce l'erosione superficiale (CANTORE *et al.*, 1994). Analogamente, secondo esperienze americane (SWANK, 1988), a scala di bacino la brusca scopertura del suolo non accrescerebbe significativamente l'erosione, a condizione che gli orizzonti organici rimangano indisturbati. Inoltre, ai fini della protezione e della conservazione del suolo assumono particolare importanza alcune disposizioni di carattere gestionale, relative alle dimensioni e alla distribu-

zione nel tempo e nello spazio delle tagliate, al numero e alla forma distributiva delle matricine, all'allungamento del periodo intercorrente tra due utilizzazioni, alla regolamentazione del pascolo e alla predisposizione di misure contro gli incendi (CIANCIO e IOVINO, 1995).

Per valutare l'influenza delle ceduazioni sull'idrologia e sull'erosione dei suoli non si può prescindere, però, dalla scala cui si considerano i fenomeni. Gli impatti relativi ad una singola tagliata vanno inquadrati in un contesto territoriale più vasto che è quello del bacino idrografico. Di conseguenza diventa fondamentale esaminare l'entità della superficie complessivamente utilizzata ogni anno e la distribuzione spaziale delle utilizzazioni (IOVINO, 2005).

Nell'ambito di queste problematiche è stato svolto uno studio riguardante il rischio di erosione in un bacino boscato in Calabria, dove l'utilizzazione dei cedui di castagno è un'attività ancora ricorrente (CIANCIO *et al.*, 2004). Particolare attenzione è stata rivolta agli effetti, in termini di erosione, indotti dalla brusca riduzione della copertura e dalla diversificazione spaziale e cronologica dei soprassuoli in seguito alla cedurazione. L'obiettivo è stato quello di valutare la compatibilità fra le attuali modalità di utilizzazione e la conservazione del suolo, determinando mediante l'applicazione della metodologia *USLE* (WISCHMEIER, 1976; WISCHMEIER e SMITH, 1965, 1978) in ambiente *GIS*, l'entità delle perdite complessive di suolo e analizzandone le caratteristiche di distribuzione spaziale a scala di bacino idrografico.

2. AREA DI STUDIO

L'area di studio è rappresentata dal bacino idrografico del torrente Cateratte, sul versante orientale della Catena Costiera Cosentina, in provincia di Cosenza (Fig. 1). Il bacino occupa una superficie di circa 418 ettari, ha una pendenza media del 39% ed esposizione prevalente a sud-est. L'altitudine varia da 453 a 1366 m s.l.m., con una quota media di 987 m. La piovosità media annua dell'area di studio, riferita alla stazione di Montalto Uffugo (468 m s.l.m.) per il periodo 1950-2000, è pari a 1214 mm, mentre la temperatura media è di 15.3°C. Il substrato pedologico è caratterizzato dalla presenza di *Typic* e *Lithic Dystrocrepts*, mentre solo nelle situazioni di accumulo prevalgono gli *Umbrepts* (CANTORE e IOVINO, 1989). Si tratta di suoli con tessitura da franca a franco-sabbiosa, reazione da mediamente a fortemente acida e drenaggio rapido.

Il territorio indagato è quasi interamente coperto da formazioni forestali dominate, in ordine di importanza, da castagneti, generalmente governati a ceduo, popolamenti di faggio, in parte di origine agamica, e soprassuoli misti

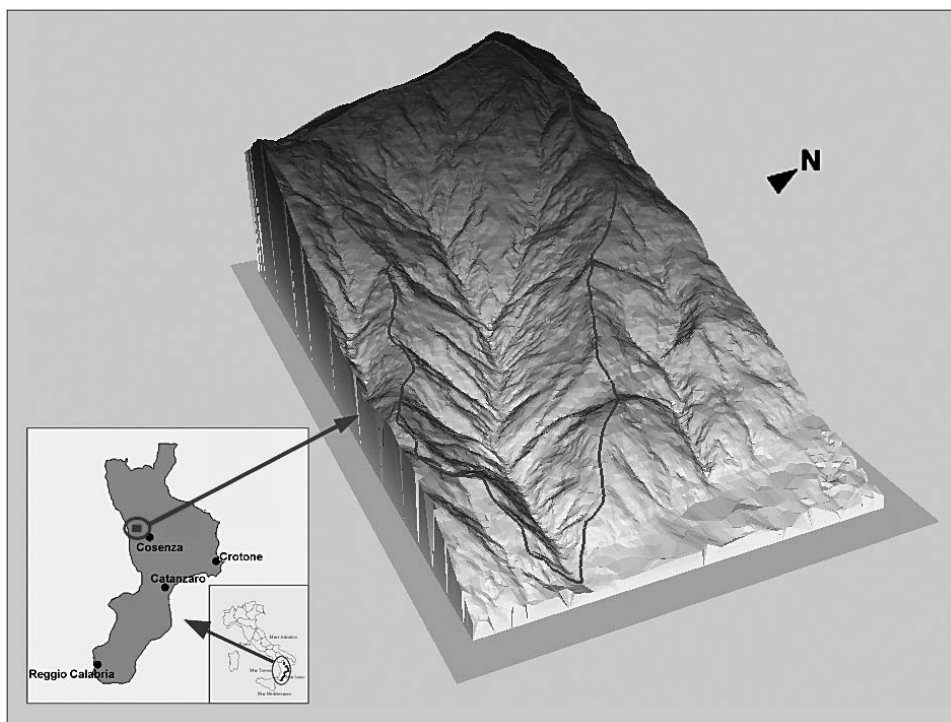


Figura 1 – Localizzazione del bacino del torrente Cateratte.
 – Localisation of the Cateratte creek watershed.

di cerro e castagno. Sporadicamente sono presenti piccole superfici con copertura arborea molto scarsa o completamente assente (pascoli, incolti).

La proprietà forestale è in gran parte privata e la gestione attuale, rappresentata essenzialmente dall'utilizzazione dei cedui di castagno, prescinde da qualunque forma di pianificazione, con una distribuzione spaziale delle aree utilizzate dipendente esclusivamente dall'assetto della proprietà fondiaria. I turni sono compresi fra 12 e 15 anni e le singole tagliate hanno estensione variabile, che in certi casi possono arrivare fino a una decina ettari.

3. MATERIALI E METODO

L'indagine è stata effettuata in relazione allo stato dei soprassuoli boschivi nell'anno 1999, cui si riferiva la copertura aerofogrammetrica più recente. L'approccio di studio si è basato sull'impiego di un modello empirico rappresentato dall'*Equazione Universale della Perdita di Suolo* (*Universal Soil Loss*

Equation - USLE) (WISCHMEIER, 1976; WISCHMEIER e SMITH, 1965, 1978), la cui formulazione semplificata, ma completa, costituisce il migliore compromesso tra applicabilità, in termini di semplicità dei dati di *input* necessari, ed attendibilità della stima di perdita di suolo. Le caratteristiche di distribuzione spaziale dell'erosione sono state analizzate mediante l'uso di un *GIS* (ArcGIS 8.0), che ha notevolmente facilitato l'elaborazione dei dati territoriali di base ed ha consentito di generare l'informazione necessaria alle elaborazioni successive, mediante tecniche di sovrapposizione tematica e di combinazione logica.

3.1 *Stima delle perdite di suolo*

Il metodo *USLE* è una procedura ricavata empiricamente dall'analisi di migliaia di dati sperimentali raccolti dal *Soil Conservation Service* e dall'*Agricultural Research Service* degli Stati Uniti (WISCHMEIER e SMITH, 1978). Esso permette di stimare il valore medio della perdita di suolo provocata dall'erosione laminare ed alveata, in specifiche condizioni climatiche, pedologiche, topografiche e colturali. Alla sua formulazione originaria sono state apportate diverse modifiche (MOORE e BURCH, 1986; MCCOOLE *et al.*, 1987, 1989; MOORE e WILSON, 1992), generalmente suggerite dal fatto che i sedimenti sono prodotti da sorgenti differenti distribuite all'interno del bacino. Di conseguenza il processo di erosione deve essere indagato adottando una strategia distribuita, ossia suddividendo il bacino in *unità morfologiche* (celle) di lunghezza e pendenza definite, per le quali possono essere valutati i differenti fattori del modello parametrico scelto (FERRO e MINACAPILLI, 1995).

L'equazione universale per il calcolo della perdita di suolo, così come proposta da WISCHMEIER e SMITH (1978), è data da:

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

dove *A* rappresenta la perdita di suolo media annua (*t/ha/anno*); *R* costituisce un fattore idrologico, noto come «indice di aggressività della pioggia», che tiene conto della capacità erosiva media annua delle precipitazioni ($[MJ/ha \times mm/h]/anno$); *K* è il fattore di erodibilità del suolo, relativo all'attitudine intrinseca del suolo ad essere eroso ($t/ha \times R$). Le grandezze *L*, *S*, *C* e *P* sono dei fattori adimensionali, relativi rispettivamente alla lunghezza del versante, alla pendenza della superficie drenata, all'uso del suolo e alle pratiche di difesa dall'erosione.

3.1.1 Fattore *R*

Per la determinazione del fattore *R* si possono distinguere differenti approcci, alcuni basati sull'analisi delle precipitazioni relative ad un cospicuo periodo di osservazione (almeno 30 anni), altri su relazioni empiriche, in funzione delle precipitazioni medie mensili ed annue, ed altri ancora su

mappe che sintetizzano a scala regionale la distribuzione spaziale di R (RENARD e FREIMUND, 1994).

Considerata l'estensione ridotta del bacino di indagine, nel presente lavoro è stato utilizzato un valore unico di R . Quest'ultimo, per l'indisponibilità di dati di adeguata risoluzione temporale per un periodo sufficientemente lungo, è stato desunto da una *Carta delle isoerodenti*, realizzata per tutta la regione Calabria, sulla base di dati di pioggia rilevati ad intervalli di 5 minuti dal SIMN di Catanzaro, nel triennio 1997-1999 (SORRENTINO, 2001). Secondo la procedura di WISCHMEIER e SMITH (1978), nel lavoro citato sono stati selezionati tutti gli eventi erosivi, aventi cioè un'altezza di pioggia totale non inferiore a 13 mm ed intervallati da almeno 6 ore di tempo asciutto, per ciascuno dei quali è stata valutata l'intensità massima oraria (mm/h) e l'energia totale dell'evento di pioggia sull'unità di superficie (MJ/ha). Pur con gli evidenti limiti legati alla brevità del periodo analizzato (solo 3 anni), ai fini del nostro lavoro è stato comunque ritenuto accettabile un valore di $R = 3000$, corrispondente all'isoerodente in cui ricade l'area indagata.

3.1.2 Fattore K

Il fattore K esprime l'«erodibilità dei suoli», cioè l'attitudine intrinseca del suolo ad essere eroso, in funzione della percentuale di humus e delle sue caratteristiche tessiturali, strutturali e di permeabilità. Esso indica la perdita di terreno della particella standard per unità di indice di aggressività della pioggia ($t/ha \times R$). Nel caso di studio tale fattore è stato dedotto da appositi valori tabellati, relativi alle caratteristiche dei suoli di una foresta limitrofa al bacino indagato (CANTORE e IOVINO, 1989). L'inserimento di tali dati negli abachi per il calcolo del fattore di erodibilità del suolo di WISCHMEIER e SMITH (1978) ha fornito un valore di $K = 0.0421$, che è stato considerato costante per l'intera superficie del bacino.

3.1.3 Fattori L e S

I fattori L e S sono termini adimensionali relativi alle caratteristiche topografiche dell'area esaminata e sono fra i parametri che più influenzano l'entità della perdita di suolo (MENDICINO e SOLE, 1998).

Il fattore L indica la perdita specifica di suolo da una parcella convenzionale, la cui pendice libera ha lunghezza λ (per $\lambda = 22.13$ m, $L = 1$). Esso si ottiene come rapporto tra la lunghezza effettiva della pendice libera e quella convenzionale, elevato a potenza con un coefficiente m :

$$L=(\lambda/22.13)^m$$

L'esponente m assume valori diversi al variare della pendenza (WISCHMEIER e SMITH, 1978), secondo quanto riportato nella Tabella 1.

Tabella 1 – Valori del parametro m in funzione della pendenza.
 – Values of the parameter m according to slope.

<i>pendenza</i>	<i>valore di m</i>
1%	0.2
1-3%	0.3
3-4.5%	0.4
>4.5%	0.5

Nel caso di studio, l'utilizzo di un GIS ha consentito di calcolare L a partire dal *DTM* (*Digital Terrain Model*) adottando, come lunghezza della pendice libera, il valore di 3 metri, corrispondente al lato della cella elementare relativa alla risoluzione della griglia di analisi prestabilita (JAIN *et al.*, 2001). A tal fine è stata creata una carta del termine m , usando i valori di pendenza (espressa in %) come dati di input.

Il fattore S indica la perdita specifica di suolo della parcella standard, la cui pendice libera ha pendenza s (espressa in %) (per $s = 9\%$, $S = 1$) ed è calcolata con la seguente espressione (WISCHMEIER e SMITH, 1978):

$$S = (0.43 + 0.30 s + 0.043 s^2) / 6.613$$

Il prodotto della corrispondente *Carta del fattore S* e della *Carta del fattore L* ha fornito una carta di sintesi del fattore topografico LS .

3.1.4 Fattore C

Il fattore C , noto come «fattore colturale», indica la perdita di suolo della parcella indagata rispetto ad una parcella standard, coltivata e tenuta permanentemente a maggese (WISCHMEIER e SMITH, 1978). Rispetto agli altri fattori, C si presenta di più complessa ed incerta valutazione per due motivi: *a*) l'intrinseca difficoltà di determinare il fattore copertura in situazioni di elevata variabilità strutturale e spaziale, come nei sistemi forestali, soprattutto in considerazione del fatto che nell'originale formulazione la *USLE* è stata concepita per ambienti agronomici; *b*) l'opportunità di trasferire in un ambito come quello di studio gli approcci maturati da esperienze condotte in particolari realtà come quelle americane.

Negli studi sulla stima dell'erosione idrica in bacini comprendenti anche aree boscate, il fattore C è stato definito con un livello di dettaglio assai variabile. In qualche caso (es. DESMET e GOVERS, 1996; AMORE *et al.*, 1998; MENDICINO e SOLE, 1998) è stato attribuito un unico valore di C alla generica categoria «bosco», sulla base delle indicazioni di WISCHMEIER e SMITH (1978). In altri casi (PILOTTI *et al.*, 1996; JAIN *et al.*, 2001), C assumeva valori diversi in funzione di una distinzione sommaria fra «tipologie» forestali, mentre qualche autore (GABRIELE e GAUDIO, 1998; MILLWARD e

MERSEY, 1999; MANCINO, 2002) ha usato un approccio basato sull'uso dell'NDVI, a partire da dati telerilevati. Infine, allo scopo di pervenire ad una determinazione il più possibile oggettiva, DISSMEYER e FOSTER (1981) hanno proposto di scomporre il fattore *C* in una serie di sub-fattori che tenessero conto di diversi aspetti, quali la percentuale di suolo scoperto, l'altezza della chioma, la presenza di sostanza organica e di radici fini nel suolo, il consolidamento del suolo, etc.. Tuttavia, la sua corretta applicazione richiede la definizione di elementi di non semplice ed immediata determinazione.

Nel caso di studio, nessuno degli approcci precedentemente accennati rispondeva adeguatamente e pienamente alle esigenze del lavoro, poiché il fattore colturale presentava una particolare connotazione. Infatti, in seguito alle ceduzioni la copertura forestale dell'area d'indagine era caratterizzata da una marcata eterogeneità spaziale e cronologica, quest'ultima oltretutto soggetta a rapida evoluzione dopo ogni taglio di utilizzazione. Per questa ragione nel nostro studio si è preferito adottare un approccio in base al quale, facendo sempre riferimento alle indicazioni di WISCHMEIER e SMITH (1978), sono state considerate come variabili principali l'età ed il grado di copertura dei popolamenti arborei, e come variabili aggiuntive la copertura erbacea e la presenza di lettiera e residui vegetali al suolo. E' stato così implementato un GIS, mediante acquisizione dei dati da fotointerpretazione su riprese del 1999, integrati da rilievi e verifiche in campo.

In accordo con i parametri indicati nel manuale applicativo di WISCHMEIER e SMITH (1978) per il calcolo del fattore *C*, è stato osservato che, in termini di efficienza funzionale nei riguardi della protezione del suolo, le caratteristiche strutturali e di copertura delle formazioni forestali indagate già a partire dal quarto anno di età dopo il taglio si possono assimilare a quelle di soprassuoli adulti. Sulla base di tale assunzione, sono state definite 5 classi cronologico-strutturali (Tab. 2), la prima delle quali (codice 0) riferita alle aree permanentemente prive di vegetazione legnosa (pascoli), le successive 3 a cedui di castagno di età da 1 a 3 anni (codice 1-3), e l'ultima a cedui e/o altri soprassuoli di età uguale o superiore a 4 anni (codice 4) (Fig. 2). Per ognuna di queste classi, è stato determinato il valore di un sub-fattore *C*, pesato in funzione della variazione del grado di copertura arborea (Tab. 3), secondo le tipologie riportate da WISCHMEIER e SMITH (1978). Il valore definitivo del fattore colturale, per ognuna delle classi di età del ceduo e delle altre categorie di uso del suolo (Tab. 4), è stato ottenuto dal prodotto di ciascuno di questi sub-fattori e dei sub-fattori relativi alla percentuale di copertura della vegetazione erbacea e dei residui vegetali al suolo. E' stata così prodotta una *Carta del fattore C*, che è stata successivamente impiegata nel calcolo della *USLE*.

Tabella 2 – Tipologie vegetazionali riportate da WISCHMEIER e SMITH (1978), alle quali sono stati assimilati i cedui e gli altri tipi di soprassuolo in funzione dell'età.

– *Vegetation features as reported by WISCHMEIER and SMITH (1978), to which coppices and the other types of stand were referred according to age.*

<i>classe di età</i>	<i>tipo di copertura e altezza</i>
0	Assenza permanente di copertura arborea (<i>pascolo</i>)
1	Vegetazione arbustiva di altezza <90 cm
2	Vegetazione arbustiva di altezza <200 cm
3	Vegetazione arborea o arbustiva di altezza <400 cm
4	Vegetazione arborea di altezza >400 cm

Tabella 3 – Classificazione delle formazioni boschive in funzione del grado di copertura.

– *Classification of forest stands according to the cover degree.*

<i>classe di copertura</i>	<i>grado (%)</i>
1	<10
2	11-30
3	31-50
4	51-80
5	>80

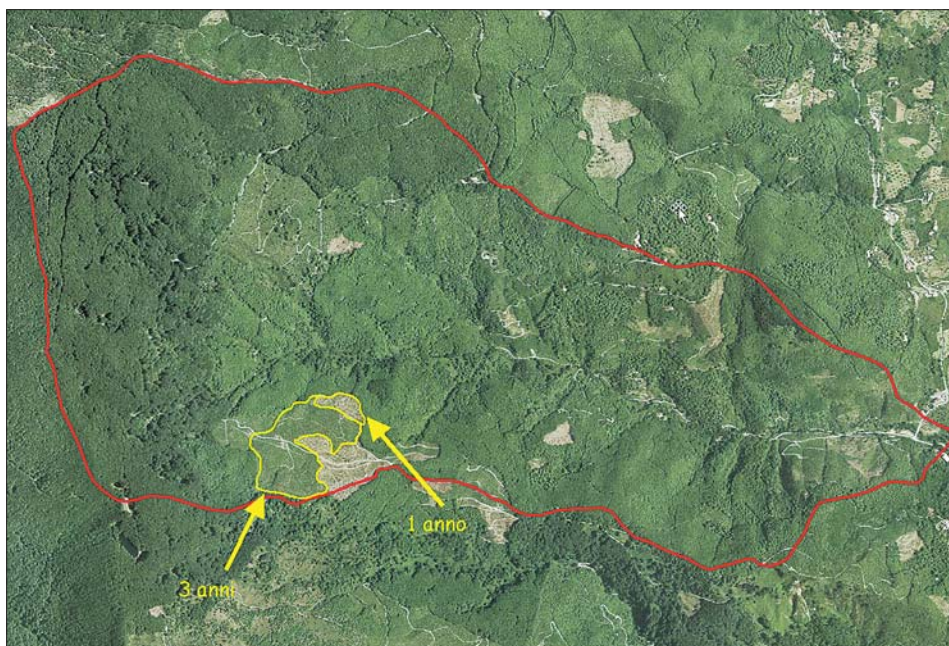


Figura 2 – Classificazione dei soprassuoli in funzione dell'età delle tagliate.

– *Stand classification according to age.*

Tabella 4 – Valori del fattore *C* per le diverse classi di età e categorie di uso del suolo.
 – Values of factor *C* according to different age classes and land use categories.

<i>uso del suolo</i>	<i>età</i>	<i>fattore C</i>
ceduo di castagno	1	0.072
	2	0.0090-0.0068
	3	0.0060-0.0050
	≥4	0.0030-0.0001
boschi di faggio	>4	0.0001
boschi di cerro	>4	0.0001
boschi di faggio e castagno	>4	0.0001
boschi di cerro e castagno	>4	0.0001
boschi di pino e castagno	>4	0.0001
pascolo alberato		0.0065-0.0060
pascolo semplice		0.0070
altro		0.0090-0.0001

3.1.5 Fattore *P*

Il fattore *P* indica il rapporto fra la perdita di suolo in una parcella sottoposta ad una specifica pratica antierosiva e quella di una parcella standard, sottoposta a lavorazione del terreno a rittochino, che è la pratica che dà luogo alle maggiori perdite. Nel caso di studio, non essendo messa in atto alcuna pratica antierosiva, *P* è stato posto pari a 1.

Sulla base delle carte tematiche e dei parametri così definiti, è stata effettuata l'analisi distribuita del rischio di erosione applicando la *USLE*, con semplici operazioni di *map algebra* in ambiente *GIS*.

Infine, allo scopo di pervenire a valutazioni di merito sull'influenza della ceduazione sul rischio di erosione, sono state confrontate le condizioni attuali con un'ipotetica situazione di sospensione delle ceduazioni. A tal fine è stata eseguita una simulazione, attribuendo ai cedui utilizzati nel 1999 un valore di *C* corrispondente alla classe di età 4 e ad un grado di copertura medio, convenzionalmente posto pari a 90% (*C* = 0.0001).

4. RISULTATI E DISCUSSIONE

Dall'elaborazione cartografica sono stati derivati dati di dettaglio sulle principali caratteristiche vegetazionali e fisiche dell'area indagata.

Il bacino del torrente Cateratte è coperto per la quasi totalità da formazioni boschive (Fig. 3a), rappresentate per oltre il 56% da cedui di castagno e per circa il 23% da faggete (Fig. 4a); solo l'1.4% è interessato da aree permanentemente prive di copertura arborea (pascoli). Nell'ambito dei cedui di castagno, le aree utilizzate nel 1999 (Fig. 3b) ammontano a

13.9 ha (3.3% della superficie totale) (Fig. 4b), mentre la superficie interessata da popolamenti forestali (cedui e altri tipi di formazioni) di età uguale o superiore a 4 anni è pari a 356.2 ha (85.2%). Il grado di copertura arborea è variabile, sia ovviamente rispetto all'età dei soprassuoli, sia anche nell'ambito di popolamenti della stessa età (Fig. 3c). In conseguenza, il fattore *C* assume valori sensibilmente diversi e inversamente proporzionali al grado di copertura e all'età (Fig. 3d).

L'analisi delle caratteristiche morfologiche del territorio ha evidenziato una netta prevalenza delle aree con acclività compresa fra il 30 ed il 50% (46.9% del totale), seguite da quelle con pendenza fino al 100% (26.9%) (Fig. 4c). Il fattore topografico *LS*, che aumenta in maniera direttamente proporzionale rispetto alla pendenza, assume un valore medio piuttosto elevato, pari a 6.11 (*STD* = 6.01), con un minimo di 0.04 e un massimo di 98.52.

La stima delle perdite di suolo sull'intero bacino, riferita al 1999, è risultata pari a 1087.64 t/anno, con valori medi di 2.60 t/ha/anno (Tab. 5). Ma, analizzando separatamente l'influenza dei diversi fattori – età delle tagliate, tipo di uso del suolo, pendenza – che principalmente concorrono nella determinazione della perdita di suolo, è possibile apprezzare con maggiore dettaglio in che misura ognuno di essi contribuisce nella produzione complessiva di sedimenti.

In relazione all'età dei soprassuoli, com'era facilmente prevedibile i valori medi più bassi (0.56 t/ha/anno) sono stati riscontrati nelle zone interessate da popolamenti di età superiore a 3 anni con copertura colma, mentre le perdite più elevate si riscontrano nelle aree ceduate da un anno, soprattutto nelle zone a maggiore pendenza, con valori medi di 47.67 t/ha/anno (Fig. 5a) e punte estreme di 776.13 t/ha/anno (Tab. 5). Tuttavia, si evidenzia che già fin dal secondo anno dopo il taglio, l'erosione media si riduce considerevolmente, scendendo a 5.9 t/ha/anno. A scala di bacino, inoltre, nei cedui di un anno si concentra il 60.8% dell'erosione totale (Tab. 5).

In assenza di ceduaione, la perdita totale di suolo si ridurrebbe a 281.66 t/anno (in media 0.67 t/ha/anno) (Tab. 5), corrispondente ad una diminuzione del 74.1% rispetto alla situazione reale. In tal caso, le aree maggiormente esposte al rischio di erosione diventerebbero quelle permanentemente prive di copertura arborea (pascoli). Va osservato, tuttavia, che i valori raggiunti in tale tipologia rimangono in ogni caso decisamente più bassi (7.34 t/ha/anno) (Fig. 5b) rispetto a quelli dei castagneti ceduati da un anno ed inferiori ad una soglia di 10 t/ha/anno, correntemente indicata in letteratura come soglia «critica» (WISCHMEIER e SMITH, 1978; MCCORMACK e YOUNG, 1981; PAHARI *et al.*, 1996; JANECEK, 1999; EIUMNOH, 2000; MATI *et al.*, 2000). Tali dati risultano coerenti con quanto riportato da altri autori (es. BASSO e LINSALATA, 1983; DE FRANCHI *et al.*, 1983; TALAMUCCI,

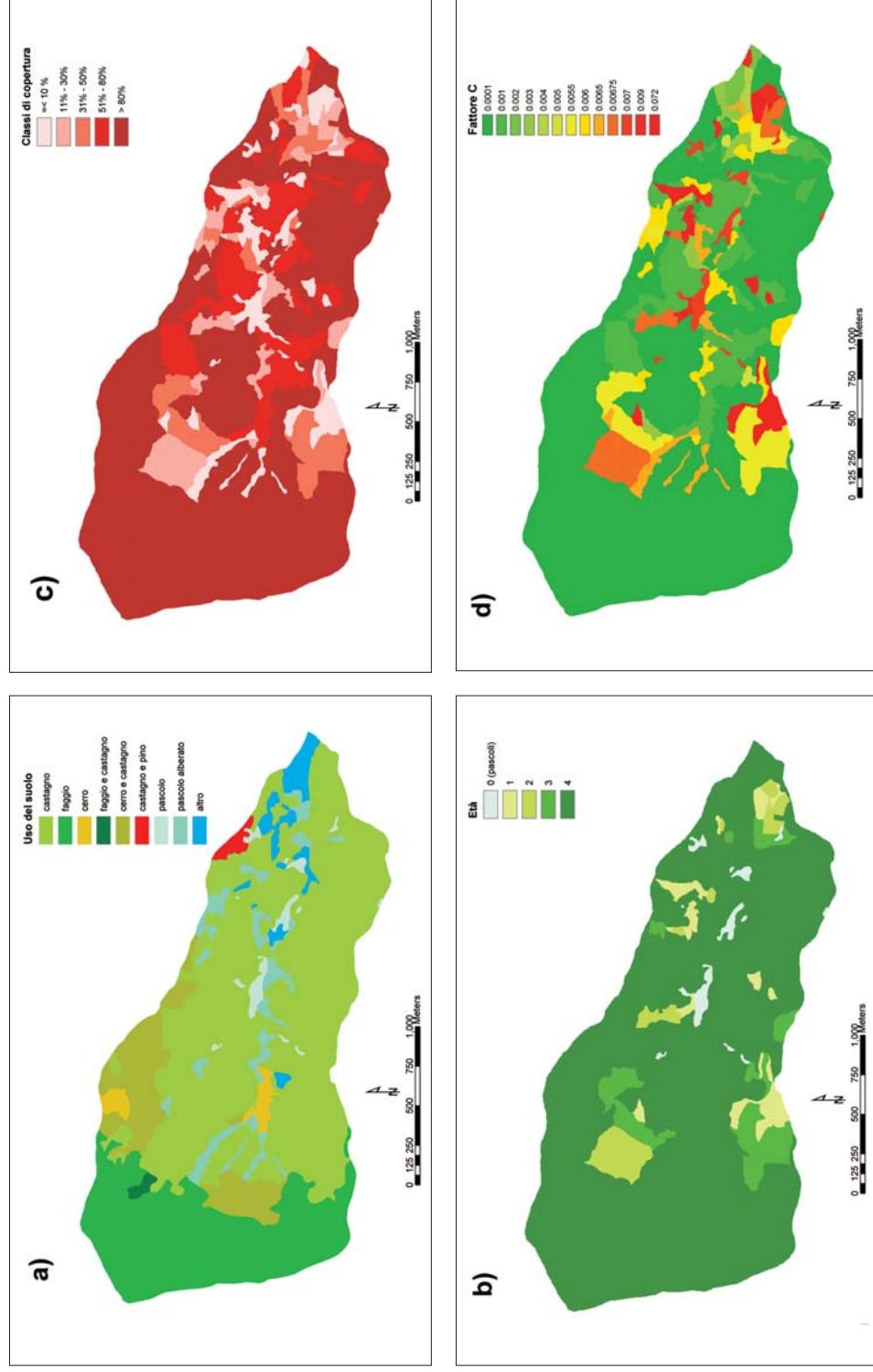


Figura 3 – Principali caratteristiche della copertura vegetale nel bacino del torrente Cateratte. a) Uso del suolo; b) Età delle tagliate; c) Classi di copertura; d) Fattore C.
 – Main features of the vegetation cover in the Cateratte creek watershed. a) Land use; b) Age of stands; c) Cover classes; d) Factor C.

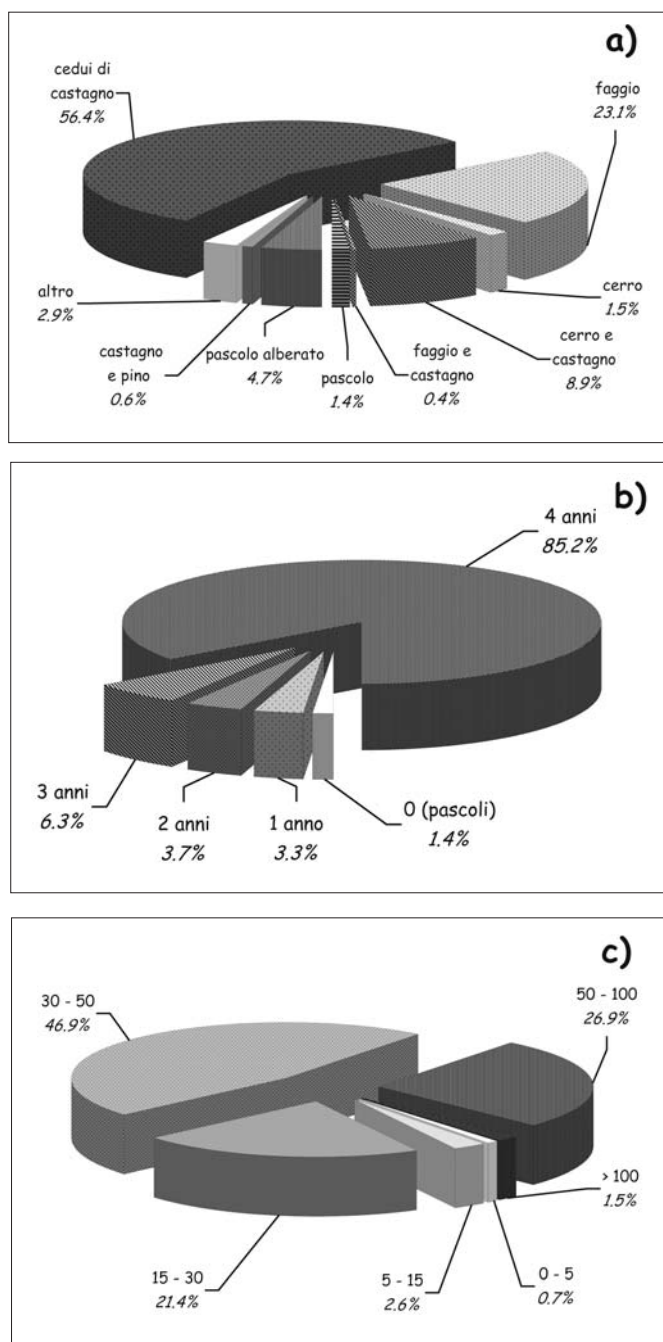


Figura 4 – Distribuzione della superficie in funzione delle tipologie di uso del suolo (a), dell'età dei soprassuoli (b) e delle classi di pendenza (c).

– Area distribution according to land use (a), stand age (b) and slope classes (c).

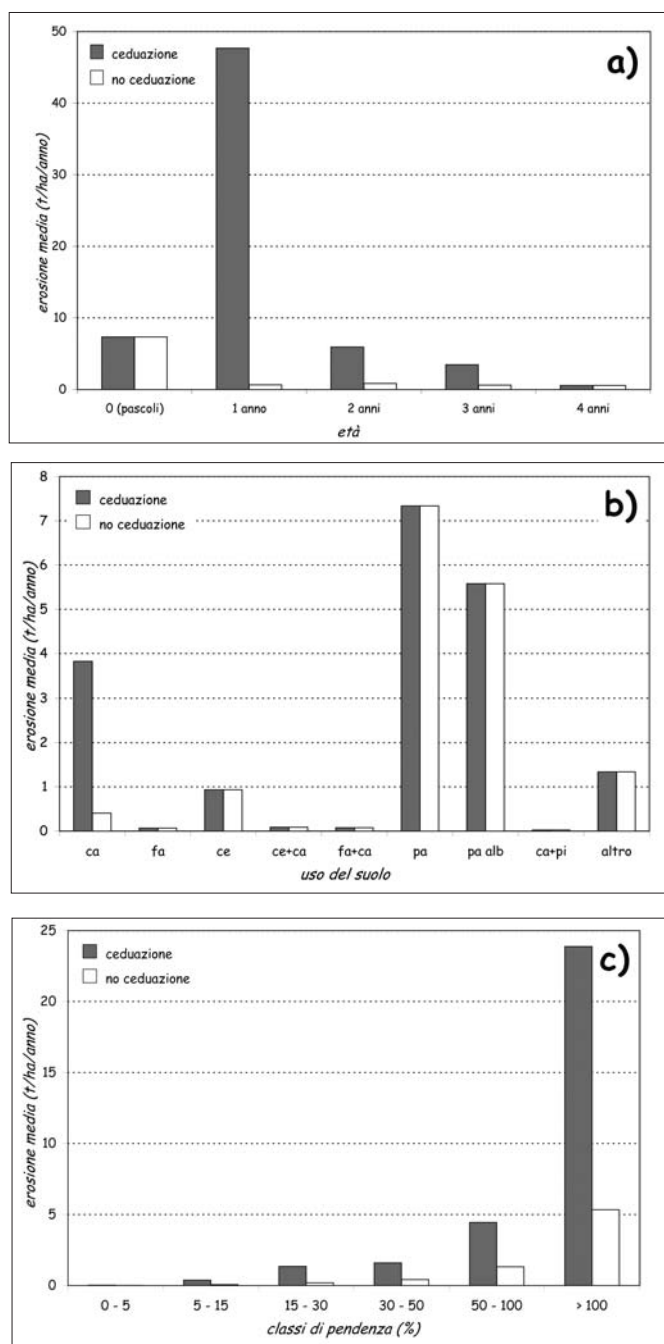


Figura 5 – Entità dell'erosione media in funzione dell'età dei soprassuoli (a), dell'uso del suolo (b) e della pendenza (c).

ca: boschi di castagno; fa: boschi di faggio; ce: boschi di cerro; pa: pascolo semplice; pa alb: pascolo alberato; pi: pino laricio.

– Mean erosion according to stand age (a), land use (b) and slope (c).

ca: chestnut stands; fa: beech stands; ce: Turkey oak stands; pa: pasture; pa alb: pasture with trees; pi: Corsican pine.

1984), in merito all'efficacia antierosiva svolta dalle formazioni pascolive, soprattutto in aree caratterizzate da forte pendenza.

Considerando i dati di perdita di suolo in funzione soltanto del tipo di uso del suolo, i pascoli semplici e alberati, assieme ai boschi di castagno sono le tipologie che concorrono maggiormente nella produzione di sedimenti, con valori medi rispettivamente di 7.34, 5.58 e 3.82 t/ha/anno (Fig. 5b) (Tab. 6). Rispetto all'intera area di indagine, il contributo di quest'ultima categoria è assolutamente preponderante, rappresentando l'82.9% delle perdite totali. Si deve però sottolineare che l'entità della perdita di suolo stimata per i cedui di castagno è influenzata fortemente dal taglio di utilizzazione, effettuato annualmente su una frazione di questa tipologia d'uso del suolo. Si tratta, tuttavia, di un dato *dinamico*, ovvero soggetto a cambiamenti nel tempo e nello spazio, in funzione del turno di utilizzazione e della dimensione delle tagliate. Il rischio di erosione, quindi, possiede una connotazione di transitorietà, legata essenzialmente alle caratteristiche strutturali e di copertura dei soprassuoli durante il primo anno di vegetazione dei polloni e riguardante superfici variabili che, evolvendosi nel tempo, tendono a recuperare rapidamente le condizioni di efficienza ottimale ai fini della conservazione del suolo. L'eventuale sospensione delle utilizzazioni abbasserebbe il valore medio di erosione nelle formazioni di castagno a 0.41 t/ha/anno (Tab. 6).

Dopo la copertura vegetale, la pendenza è, come già accennato, il fattore più importante nell'innescare dei processi erosivi. Nell'ipotesi di assenza di ceduazioni, in versanti con pendenza maggiore del 100% si avrebbero valori medi di erosione fino a 5.3 t/ha/anno (Fig. 5c) (Tab. 7). Nella situazione attuale, invece, in aree con pendenze comprese fra il 50 ed il 100% le perdite di suolo cominciano a diventare già considerevoli (quasi 4.5 t/ha/anno), mentre al di sopra del 100% assumono valori cinque volte più elevati, fino a toccare, come già evidenziato in precedenza, l'eccezionale picco di 776.13 t/ha/anno in corrispondenza delle tagliate di 1 anno (Tab. 7).

Al fine di tratteggiare una valutazione complessiva del grado e tipo di rischio di erosione, i valori puntuali di perdita di suolo sono stati riclassificati secondo cinque classi di rischio (da *molto basso*, per valori inferiori a 1 t/ha/anno, a *molto alto*, per valori superiori a 25 t/ha/anno) (Figg. 6a, b), stabilite facendo riferimento ad approcci già adottati in precedenti lavori (WISCHMEIER e SMITH, 1978; MCCORMACK e YOUNG, 1981; PAHARI *et al.*, 1996; JANECEK, 1999; EIUMNOH, 2000; MATI *et al.*, 2000; MANCINO, 2002). Tale riclassificazione è stata effettuata separatamente per ognuno dei tre fattori considerati, allo scopo di evidenziare l'influenza di ognuno di essi attraverso la quantificazione della distribuzione delle superfici in funzione del livello di rischio.

*Tabella 6 – Entità dell'erosione in funzione del tipo di uso del suolo (i dati fra parentesi si riferiscono all'ipotesi di sospensione delle ceduzioni).
– Erosion amount according to land use (data in brackets refer to the simulation of coppicing stop).*

uso del suolo	superficie		perdita di suolo											
	ha	%	t/anno	totale bacino	%	media	min	max	STD					
castagno	235.85	56.4	901.58	(95.60)	82.9	(33.9)	3.82	(0.41)	0.001	(0.001)	776.13	(32.46)	18.86	(0.71)
faggio	96.57	23.1	6.53	(6.53)	0.6	(2.3)	0.07	(0.07)	0.001	(0.001)	0.92	(0.92)	0.06	(0.06)
cerro	6.21	1.5	5.79	(5.79)	0.5	(2.1)	0.93	(0.93)	0.001	(0.001)	9.03	(9.03)	1.25	(1.25)
cerro e castagno	37.40	8.9	3.30	(3.30)	0.3	(1.2)	0.09	(0.09)	0.001	(0.001)	5.03	(5.03)	0.19	(0.19)
faggio e castagno	1.50	0.4	0.12	(0.12)	0.01	(0.04)	0.08	(0.08)	0.009	(0.009)	0.19	(0.19)	0.03	(0.03)
pascolo semplice	5.97	1.4	43.77	(43.77)	4.0	(15.5)	7.34	(7.34)	0.039	(0.039)	75.75	(75.75)	7.28	(7.28)
pascolo alberato	19.77	4.7	110.27	(110.27)	10.1	(39.1)	5.58	(5.58)	0.033	(0.033)	79.28	(79.28)	5.27	(5.27)
castagno e pino	2.62	0.6	0.06	(0.06)	0.01	(0.02)	0.02	(0.02)	0.001	(0.001)	0.23	(0.23)	0.04	(0.04)
altro	12.12	2.9	16.21	(16.21)	1.5	(5.8)	1.34	(1.34)	0.001	(0.001)	32.38	(32.38)	2.35	(2.35)
totale	418.01	100.0	1087.64	(281.66)	100.0	(100.0)	2.60	(0.67)	.	.	.	.	.	.

*Tabella 7 – Entità dell'erosione in funzione delle classi di pendenza (i dati fra parentesi si riferiscono all'ipotesi di sospensione delle ceduzioni).
– Erosion amount according to slope classes (data in brackets refer to the simulation of coppicing stop).*

classi di pendenza	superficie		perdita di suolo											
	ha	%	totale bacino		%	media	min	max	STD					
			t/anno			t/ha/anno	t/ha/anno	t/ha/anno	t/ha/anno					
0 – 5%	2.94	0.7	0.07	(0.02)	0.01	(0.01)	0.001	(0.001)	0.40	(0.10)	0.07	(0.01)		
5 – 15%	10.71	2.6	4.06	(0.63)	0.4	(0.2)	0.38	(0.06)	0.002	(0.002)	7.22	(0.72)	1.19	(0.12)
15 – 30%	89.33	21.4	120.13	(17.01)	11.1	(6.0)	1.34	(0.19)	0.010	(0.010)	24.29	(2.78)	4.07	(0.34)
30 – 50%	196.06	46.9	310.37	(82.48)	28.5	(29.3)	1.58	(0.42)	0.034	(0.034)	61.91	(6.05)	6.01	(0.92)
50 – 100%	112.55	26.9	499.79	(147.32)	45.9	(52.3)	4.44	(1.31)	0.086	(0.086)	233.12	(22.19)	17.51	(2.73)
> 100%	6.42	1.5	153.22	(34.21)	14.1	(12.1)	23.88	(5.33)	0.324	(0.324)	776.13	(79.28)	78.56	(9.97)
totale	418.01	100.0	1087.64	(281.66)	100.0	(100.0)	2.60	(0.67)	.	.	.	.	.	.

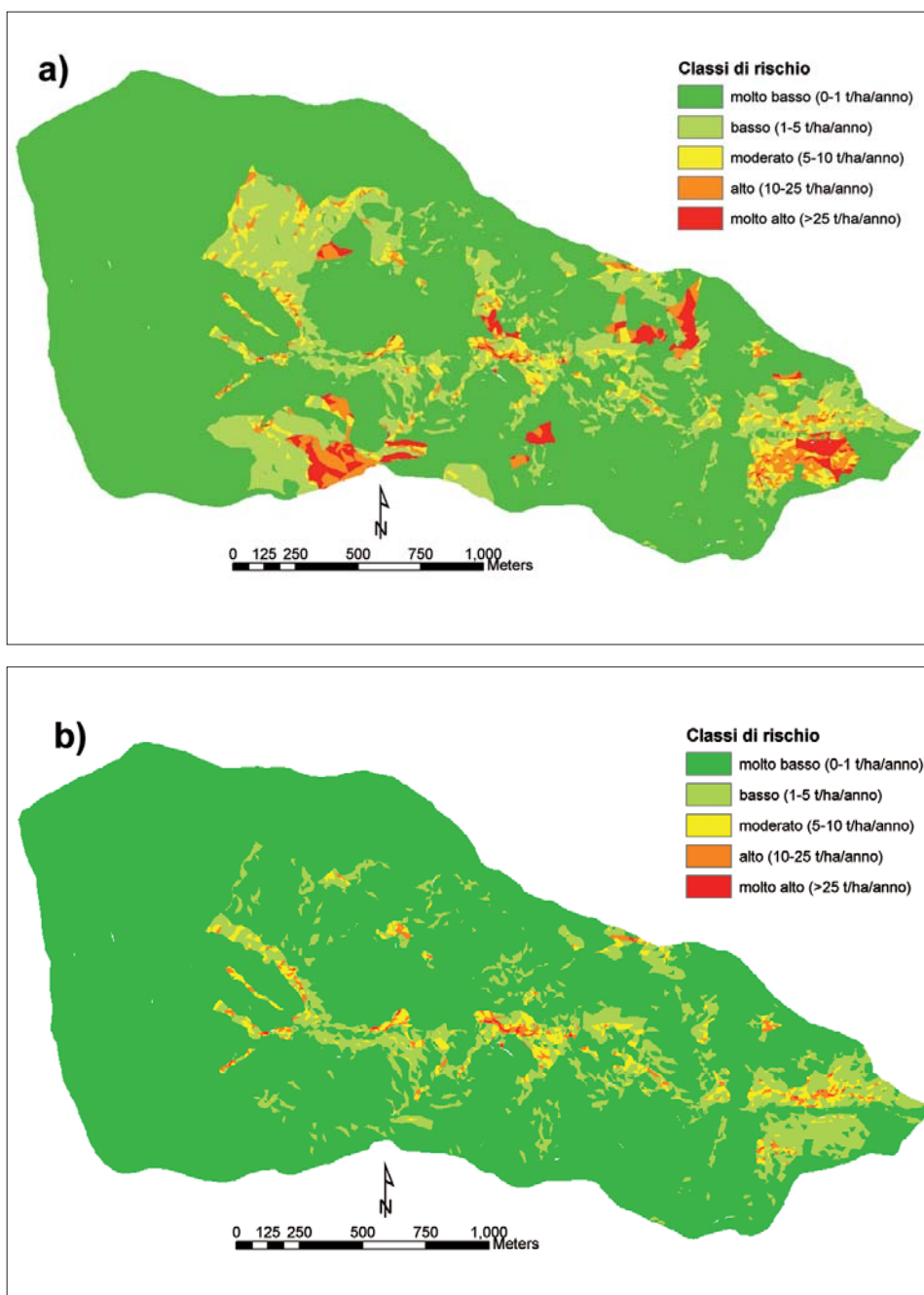


Figura 6 – Distribuzione del rischio di erosione nella situazione attuale (a) e nell'ipotesi di sospensione delle ceduzioni (b).

– Distribution of erosion hazard in present situation (a) and in the simulation of coppicing stop (b).

Riguardo all'età del ceduo, oltre l'85% dell'intera superficie ricade nella classe di rischio *molto basso*, presentando una perdita media di suolo inferiore a 1 t/ha/anno (Fig. 7a); tale dato si riferisce essenzialmente ai soprassuoli di castagno e di altre specie, di età uguale o superiore a 4 anni. Solo il 3.3% della superficie, corrispondente ai cedui di 1 anno (Tab. 5), ricade nella categoria di rischio *molto alto* (perdite >25 t/ha/anno). Nell'ipotesi di sospensione delle utilizzazioni, la superficie interessata da rischio *molto basso* si accrescerebbe fino al 98.6%.

In riferimento al tipo di uso del suolo, quasi il 60% del bacino rientra nella categoria di rischio *basso* (perdite da 1 a 5 t/ha/anno), mentre oltre il 6% presenta un rischio *moderato* (perdite da 5 a 10 t/ha/anno) (Fig. 7b). Nel primo caso, la copertura vegetale prevalente è rappresentata da soprassuoli di castagno, mentre nel secondo caso l'area è interessata soltanto da formazioni pascolive. In assenza di ceduazioni, quasi il 91% del bacino ricadrebbe nella categoria di rischio *molto basso*.

Relativamente al fattore pendenza, allo stato attuale oltre il 95% della superficie, comprendente i versanti con acclività dal 15 al 100%, presenta un rischio *basso* (Fig. 7c). La sospensione delle utilizzazioni ridurrebbe al 26.9% quest'area, mentre si innalzerebbe al 71.5% la porzione di territorio con rischio *molto basso*. Si osserva che una piccola percentuale (1.54%), riguardante le pendici più scoscese, ricade nella categoria *molto alto*, ma in assenza di ceduazioni la stessa frazione si sposterebbe nella categoria *moderato*.

I risultati ottenuti mostrano che il brusco cambiamento del grado di copertura vegetale, dovuto alle utilizzazioni del ceduo, rappresenta l'elemento di maggiore peso nella determinazione della perdita di suolo. In tal senso, anche il tipo di uso del suolo svolge un ruolo altrettanto decisivo, come viene evidenziato dalle differenze sensibili di produzione di sedimento riscontrate nelle aree dominate da formazioni pascolive, in confronto a quelle ricoperte da soprassuoli arborei. Diversamente da quanto osservato altrove (MENDICINO e SOLE, 1998), nel caso di studio i risultati ottenuti evidenziano un'influenza della morfologia del territorio che, sebbene non trascurabile, avrebbe un'importanza subordinata rispetto agli altri fattori. In ogni caso, considerata la distribuzione spaziale e temporale dei tagli di utilizzazione dei cedui, l'entità dell'erosione attuale sull'intero bacino non sembra costituire complessivamente motivo di particolare rischio, in quanto i valori medi di perdita di suolo si mantengono generalmente al di sotto della soglia critica di 10 t/ha/anno. In effetti, solo l'azione cumulata dei diversi fattori può, in alcuni casi, spazialmente e temporalmente ben delimitati, indurre il superamento dei limiti di criticità.

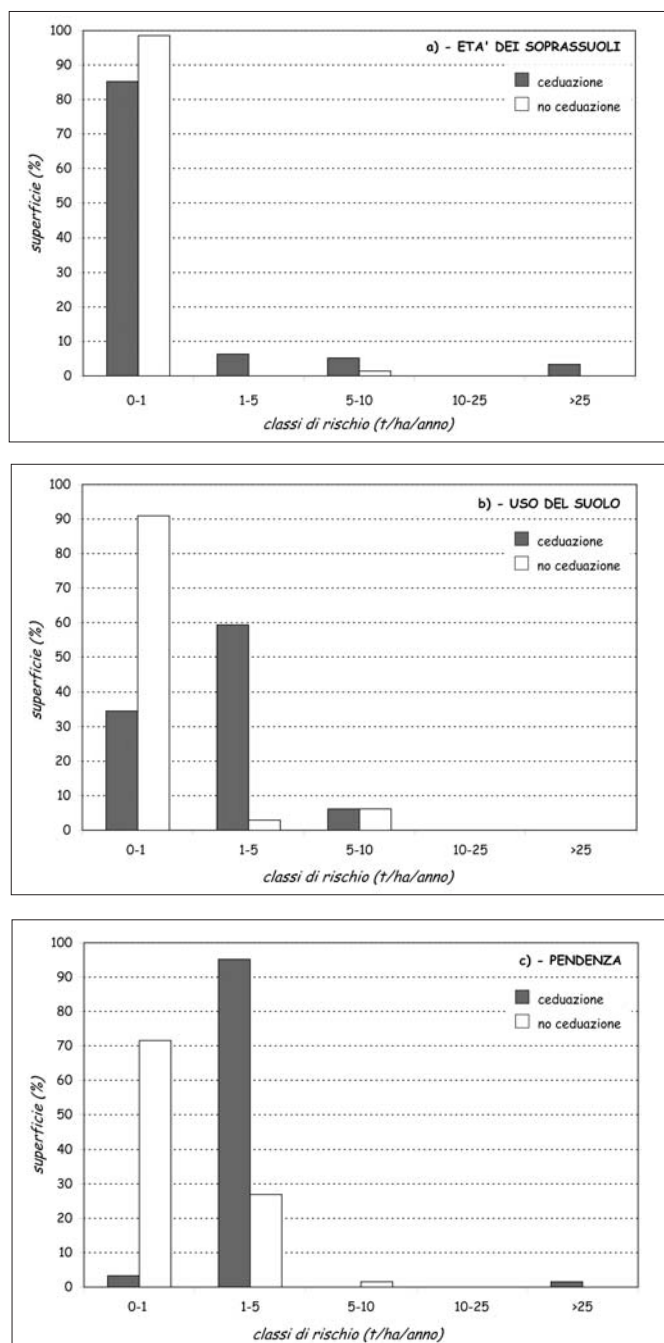


Figura 7 – Distribuzione percentuale della superficie in classi di rischio in funzione dell'età dei soprassuoli (a), dell'uso del suolo (b) e della pendenza (c).

– Distribution of percent area in classes of risk according to stand age (a), land use (b) and slope (c).

5. CONCLUSIONI

L'impiego della *USLE* in ambiente *GIS* ha reso possibile la determinazione quantitativa e la distribuzione spaziale della perdita di suolo, nell'ottica di valutare il rischio di erosione a scala di bacino e la compatibilità tra modalità di utilizzazione dei cedui di castagno e conservazione del suolo.

Nonostante le limitazioni del modello predittivo della *USLE*, originariamente elaborato per ambienti agronomici e quindi poco versatile per applicazioni in campo forestale, i risultati ottenuti rappresentano un utile contributo per la gestione di questi cedui orientata ai criteri di sostenibilità. L'azione antierosiva delle formazioni forestali esaminate è risultata, nel complesso, non alterata significativamente dai periodici tagli di utilizzazione cui sono sottoposti i cedui di castagno nell'area di indagine. Infatti, l'entità della perdita di suolo stimata è nettamente inferiore al valore di 10 t/ha/anno, riportato in letteratura come soglia critica. L'analisi disaggregata dei dati di erosione ha confermato che in merito alla gestione dei cedui, i problemi della conservazione del suolo assumono una certa rilevanza soprattutto al momento del taglio di utilizzazione e nei primi anni di sviluppo del nuovo soprassuolo. Tuttavia, come già osservato anche in altri studi (SWANK, 1988; CANTORE *et al.*, 1994), l'effetto della brusca scopertura del suolo può essere sensibilmente attenuato dalla presenza di lettiera e dal rilascio dei residui delle utilizzazioni, che riducono notevolmente l'aggressività delle piogge e i fenomeni di ruscellamento. In ogni caso, nei soprassuoli in esame la condizione di criticità è temporanea e di breve durata, poiché nell'arco di tre stagioni vegetative si ripristinano le condizioni di copertura arborea precedenti al taglio, in grado di svolgere un'efficiente azione antierosiva.

L'approccio *dinamico* all'impiego della *USLE* ha posto in evidenza ulteriori aspetti pregiudizievoli connessi alla gestione attuale che, come accennato in precedenza, prevede una distribuzione delle utilizzazioni basata più sull'assetto del regime fondiario che non su norme di pianificazione organica. Tuttavia, i dati sulle percentuali di superficie utilizzata annualmente rispetto alla superficie totale del bacino e la successione spazio-temporale delle ceduazioni mostrano una situazione che appare nel complesso abbastanza coerente con i principi di un ordinamento colturale pianificato e comunque tale da non indurre sostanziali incrementi di erosione del suolo. In relazione a ciò, i risultati ottenuti si sono rivelati utili nella determinazione degli indicatori e dei verificatori degli Standard di Gestione Forestale Sostenibile dei Boschi Appenninici e Mediterranei (SAM) (IOVINO *et al.*, 2003), che in merito ai problemi di conservazione del suolo nei sistemi forestali si prefiggevano un obiettivo preciso: finaliz-

zare la gestione dei boschi a mantenere e ad esaltare la loro efficacia sulla regimazione idrica, a migliorare la disponibilità idrica nel suolo, a non alterare i processi che influenzano la qualità delle acque e a contrastare i fenomeni di degrado dei terreni e di erosione del suolo. In tale prospettiva, l'allungamento del turno, l'individuazione dell'intervallo minimo tra due utilizzazioni contigue e la definizione della superficie delle tagliate in rapporto alla pendenza dei versanti e all'erodibilità dei suoli si configurano come misure preminenti che rendono sostenibile la gestione dei cedui con la conservazione del suolo.

SUMMARY

Impact of coppicing on soil losses in chestnut coppice stands in the Catena Costiera Cosentina (Calabria)

Coppicing in chestnut stands often concerns large areas, thus affecting hydrological processes and soil erosion. Moreover, the juxtaposition of diverse size and age clearcuttings creates a mosaic wherein each patch can contribute differently in the hydrological and erosion dynamics of watersheds.

Within these topics, an investigation focusing on quantifying the amount of soil losses was carried out in a forested watershed, in the Eastern slopes of the Catena Costiera Cosentina (Calabria, South Italy). The investigation approach was based on the application of the USLE (Universal Soil Loss Equation) and the further distribution analysis of erosion through a GIS. The aim was to assess the compatibility between the present coppice exploitation system and soil conservation.

Results showed that the type and degree of forest cover variability are the main factors influencing soil losses. However, the present coppicing regime, in terms of single felling area and spatio-temporal distribution, does not seem to significantly affect the anti-erosive action of the investigated stands. Moreover, the impact of the abrupt soil cover changes is short and transitory, as within three years the stand cover usually restores its full effectiveness against erosion processes.

BIBLIOGRAFIA

- AMORE E., MODICA C., SANTORO V., 1998 – *La stima della perdita di suolo in un bacino eterogeneo tramite modelli empirici. Applicazione al bacino del serbatoio Ragoletto*. Atti del XXVI Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, p. 13-24.
- BASSO F., LINSALATA D., 1983 – *Influenza delle sistemazioni superficiali e delle colture sull'erosione dei terreni declivi del bacino dell'Agri*. In: Problemi Agronomici per la Difesa dai Fenomeni Erosivi, Quaderni della Ricerca del CNR 129: 75-95.
- CALLEGARI G., IOVINO F., MENDICINO V., VELTRI A., 2001 – *Hydrological balance and soil erosion in Eucalyptus coppices (Eucalyptus occidentalis, Endl.)*. Pro-

- ceedings of the International Conference: Eucalyptus in the Mediterranean basin: perspectives and new utilization. Centro Promozione Pubblicità Firenze, p. 283-290.
- CANTORE V., IOVINO F., 1989 – *Effetti dei diradamenti sull'umidità del suolo in popolamenti di douglasia della Catena Costiera (Calabria)*. Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, XX: 13-28.
- CANTORE V., IOVINO F., PUGLISI S., 1994 – *Influenza della forma di governo sui deflussi liquidi e solidi in piantagioni di eucalitti*. L'Italia Forestale e Montana, 5: 463-477.
- CIANCIO O., IOVINO F., 1995 – *I sistemi forestali e la conservazione del suolo*. Accademia dei Georgofili e Accademia Italiana di Scienze Forestali. Atti delle Giornate di Studio sul Global Change: Le piante, la regimazione delle acque e i dissesti idrogeologici, p. 85-112.
- CIANCIO O., GARFÌ V., IOVINO F., MENGUZZATO G., NICOLACI A., 2004 – *I cedui di castagno in Calabria: caratteristiche culturali, produttività e assortimenti ritraibili*. L'Italia Forestale e Montana, 1: 1-14.
- CORONA P., IOVINO F., LUCCI S., 1996 – *La gestione dei sistemi forestali nella conservazione del suolo*. EM - Linea Ecologica 3: 2-10; 4: 4-15.
- DE FRANCHI S., LINSALATA D., BASSO F., 1983 – *Un decennio di risultati sull'intensità del processo erosivo in parcelle Wischmeier*. In: Problemi Agronomici per la Difesa dai Fenomeni Erosivi, Quaderni della Ricerca del CNR 129: 125-145.
- DESMET P.J.J., GOVERS G., 1996 – *A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units*. Journal of Soil and Water Conservation, 51 (5): 427-433.
- DISSMEYER G.E., FOSTER G.R., 1981 – *Estimating the cover management factor C in the universal soil loss equation for forest conditions*. Journal of Soil and Water Conservation, 4: 235-240.
- EIUMNOH A., 2000 – *Integration of the Geographic Information Systems (GIS) and Satellite Remote Sensing (SRS) for watershed management*. Asian Institute of Technology, Thailand, p. 1-11.
- FERRO V., MINACAPILLI M., 1995 – *Sediment delivery processes at basin scale*. Hydrological Science Journal, 60 (6): 703-717.
- GABRIELE S., GAUDIO R., 1998 – *Utilizzo di tecniche di telerilevamento per la stima della produzione di sedimenti in un bacino*. Atti del XXVI Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, p. 295-307.
- IOVINO F., 2005 – *La gestione dei cedui di castagno nelle aree interessate da colate di piroclastiti in Campania*. In: Foreste Ricerca Cultura. Scritti in onore di Orazio Ciano. A cura di P. M. Corona, F. Iovino, F. Maetzke, M. Marchetti, G. Menguzzato, S. Nocentini, L. Portoghesi. Accademia Italiana di Scienze Forestali. Firenze, p. 267-284.
- IOVINO F., CINNIRELLA S., VELTRI A., CALLEGARI G., 1998 – *Processus hydriques des écosystèmes forestiers*. Ecologie, 29: 369-375.
- IOVINO F., MENGUZZATO G., GARFÌ V., FERRARI E., VELTRI A., 2003 – *Mantenimento e miglioramento della conservazione del suolo nei sistemi forestali*. In: «Stan-

- dard di buona gestione forestale sostenibile per i boschi Appenninici e Mediterranei» Bozza di discussione. Accademia Italiana di Scienze Forestali. Firenze. Forum telematico, <http://www.aisf.it/sam/index.htm> (ultimo accesso 26/05/2006).
- JAIN S.K., KUMAR S., VARGHESE J., 2001 – *Estimation of soil erosion for Himalayan watershed using GIS techniques*. Water Resources Management, 15: 41-54.
- JANECEK M., 1999 – *The potential risk of water and wind erosion on the soils of Czech Republic*. International Conference «Soil Conservation in Large Scale Land Use». Bratislava, Slovak Republic, p. 343-352.
- MANCINO G., 2002 – *Rischi di erosione: telerilevamento e GIS per l'applicazione della Universal Soil Loss Equation (USLE)*. Monti e Boschi, 5: 29-36.
- MARCHI E., PIEGAI F., 2001 – *Sistemi di utilizzazione forestale a basso impatto ambientale*. L'Italia Forestale e Montana, 56 (6): 477-490.
- MATI B.M., MORGAN R.P.C., GICHUKI F.N., QUINTON J.N., BREWER T.R., LINIGER H.P., 2000 – *Assessment of erosion hazard with the USLE and GIS: a case study of the Upper Ewaso Ng'iro North basin of Kenya*. JAG, vol. 2, 1: 1-9.
- MCCOOL D.K., BROWN L.C., FOSTER G.R., MUTCHLER C.K., MEYER L.D., 1987 – *Revised slope steepness factor for the universal soil loss equation*. Transaction of ASAE, 30 (5): 1387-1396.
- MCCOOL D.K., FOSTER G.R., MUTCHLER C.K., MEYER L.D., 1989 – *Revised slope length factor for the Universal Soil Loss Equation*. Transaction of ASAE, 32 (5): 1571-1576.
- MCCORMACK D.E., YOUNG K.K., 1981 – *Technical and societal implications of soil loss tolerance*. In: Morgan R.P.C. (Ed.), Soil Loss Conservation: Problems and Prospects; John Wiley & Sons, Chichester, p. 365-376.
- MENDICINO G., SOLE A., 1998 – *Stima distribuita dell'erosione idrica lungo i versanti di un bacino idrografico sotteso da un invaso artificiale*. Atti del XXVI Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, p. 97-108.
- MILLWARD A.A., MERSEY J.E., 1999 – *Adapting the RUSLE to model soil erosion potential in a mountainous tropical watershed*. Catena, 38: 109-129.
- MOORE I.D., BURCH F.J., 1986 – *Physical basis of the length-slope factor in the Universal Soil Loss Equation*. Soil Science Society of America Journal, 50: 1294-1298.
- MOORE I.D., WILSON J.P., 1992 – *Length-Slope Factors for the Revised Universal Soil Loss Equation: Simplified Method of Estimation*. Journal of Soil and Water Conservation, 47 (5): 423-428.
- MURPHY G., JACKSON R.J., 1989 – *Water regime changes resulting from soil disturbance through mechanisation of forest operations*. ECE/ILO/FAO Joint Committee on forest working techniques and training of forest workers. Louvan-la-Neuve.
- PAHARI K., DELSON J.P., MURAI S., 1996 – *Remote sensing and GIS for sustainable watershed management a study from Nepal*. 4th International Symposium on High Mountain Remote Sensing Cartography, Karlstad, Kiruna, p. 195-202.
- PILOTTI M., GANDOLFI C., BISCHETTI G.B., BACCHI B., 1996 – *Determinazione distribuita del contributo di versante al trasporto solido in sospensione per un*

- bacino alpino*. Atti del XXV Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, p. 438-449.
- RENARD K.G., FREIMUND J.R., 1994 – *Using monthly precipitation data to estimate the R-factor in the revised USLE*. Journal of Hydrology, 157: 287-306.
- SORRENTINO G., 2001 – *Indagine regionale sulla stima dell'aggressività della pioggia nello studio dell'erosione idrica*. Tesi di laurea. Facoltà di Ingegneria, Corso di Laurea in Ingegneria Civile, Indirizzo Idraulico – Università degli Studi della Calabria, 215 p.
- SWANK W.T., 1988 – *Stream chemistry responses to disturbance*. In: Swank W.T., Crosley D.A. Jr. (eds), *Forest Hydrology and Ecology at Coweeta*. Ecological Studies, 66: 339-357.
- TALAMUCCI P., 1984 – *Cotiche erbose e conservazione del suolo*. Rivista di Agronomia, 18, 3/4: 182-198.
- WISCHMEIER W.H., 1976 – *Use and measure of the Universal Soil Loss Equation*. Journal of Soil and Water Conservation, 31 (1): 5-9.
- WISCHMEIER W.H., SMITH D.D., 1965 – *Predicting rainfall erosion losses from cropland East of Rocky Mountains*. Agricultural Handbook, Washington, D.C., 282: 61-69.
- WISCHMEIER W.H., SMITH D.D., 1978 – *Prediction rainfall erosion losses: a guide to conservation planning*. Agricultural Handbook, Washington, D.C., 537: 1-60.