

Il processo di erosione

Problema dell'erosione

Pimentel et al., Science Magazine Vol. 267, February 1995

“Soil erosion is a major environmental threat to the sustainability and productive capacity of agriculture. During the last 40 years, nearly one-third of the world’s arable land has been lost by erosion and continues to be lost at a rate of more than 10 million hectares per year. With the addition of a quarter of a million people each day, the world population's food demand is increasing at a time when per capita food productivity is beginning to decline.”

“In the United States, an estimated 4×10^9 tons of soil and 130×10^9 tons of water are lost from the 160×10^6 ha of cropland each year. This translates into an on-site economic loss of more than \$27 billion each year, of which \$20 billion is for replacement of nutrients and \$7 billion for lost water and soil depth. The most significant component of this cost is the loss of soil nutrients.”

sono 25 t ha⁻¹perse !

torbida del 3% del runoff

Degradazione dei suoli

Oldeman (1994) ha stimato che, dal 1990, 562 milioni di ettari di suolo, pari al 38% degli 1,5 miliardi di ettari di terra disponibili a livello mondiale, sono stati degradati da pratiche agricole non sostenibili.

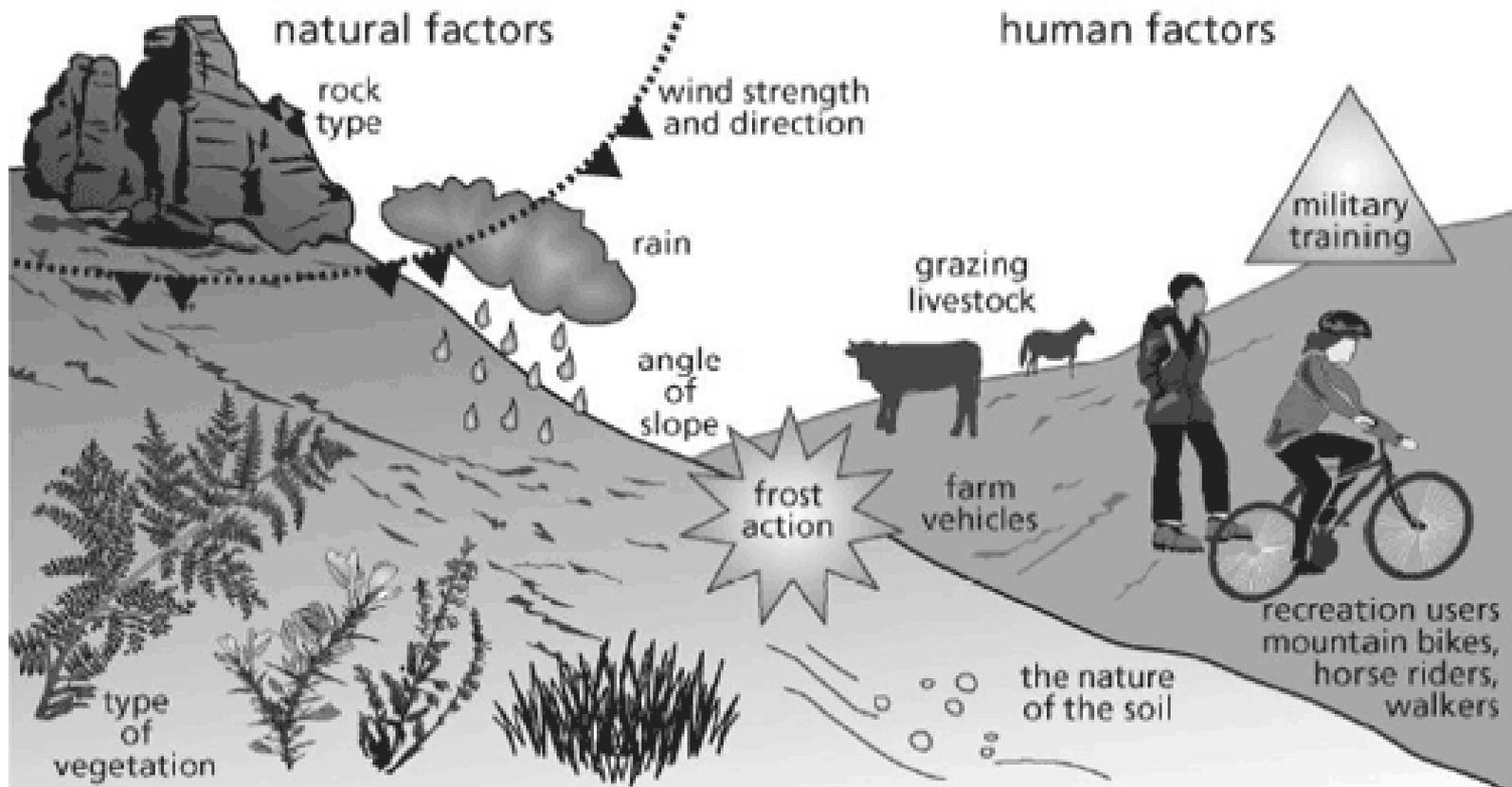
Questo fenomeno continua ad aumentare. L'UNEP (1997) stima che ogni anno 5-6 milioni di ettari di suolo sono soggetti a degradazione.

L'**erosione** rappresenta, a livello mondiale, la componente più importante della degradazione dei suoli: ne spiega circa l' **84%** e in alcune parti del pianeta (terre intensamente sfruttate anche in condizioni subottimali) interessa il 60% dei terreni agricoli. (Bazzoffi, 2002).

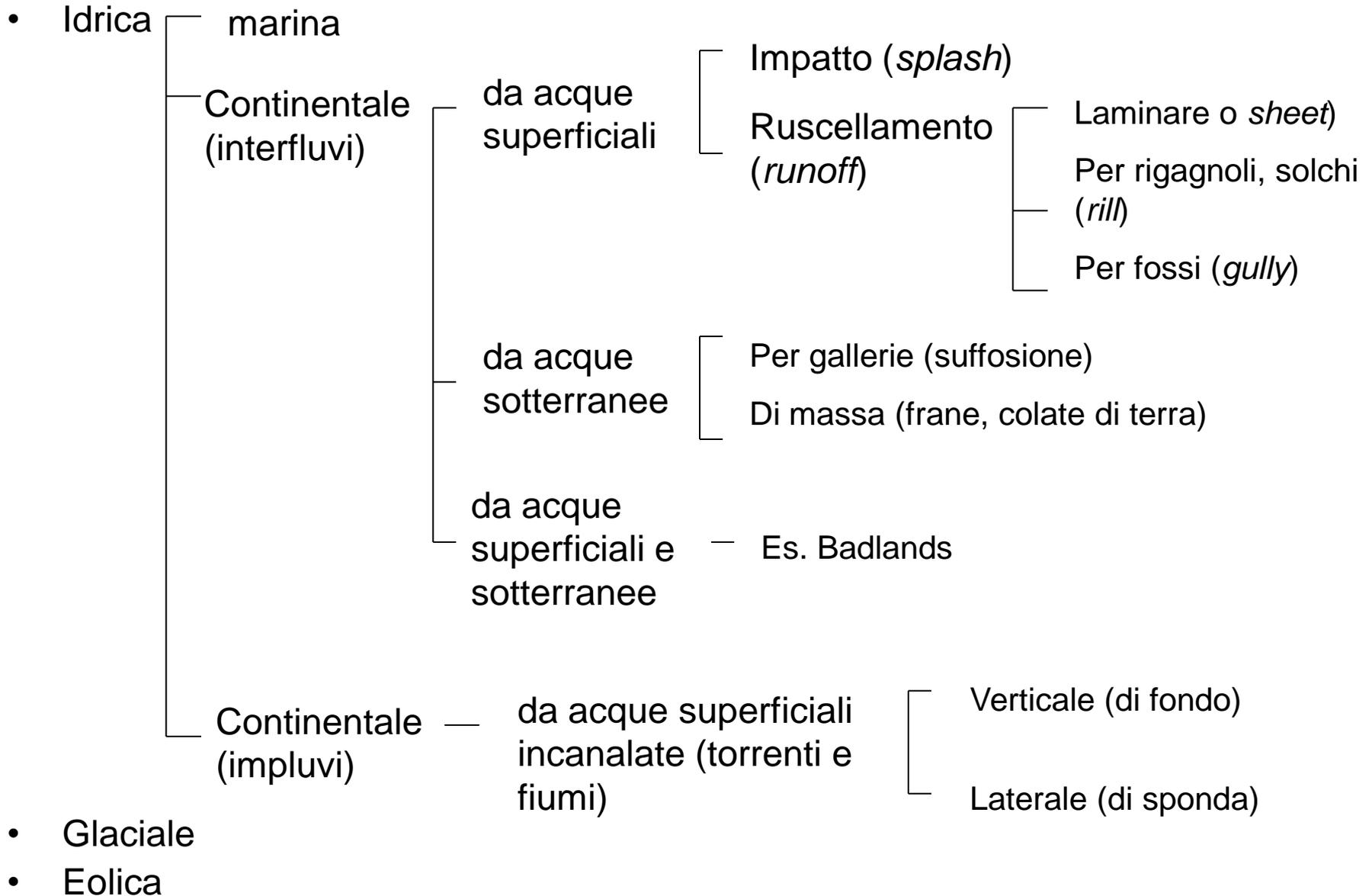
Si stima che in Europa siano soggetti al fenomeno dell'erosione 25 milioni di ettari di suolo e che in diversi areali l'ordine di grandezza delle perdite si aggiri attorno alle decine di tonnellate di suolo all'anno (de Ploy et al., 1991)

| Uso del Suolo | Erosione (t ha ⁻¹ anno ⁻¹) |
|--|---|
| Foreste con gestione selvicolturale | 1 |
| Pascoli | 3 |
| Coltivazioni | 40 |
| Miniere e suoli di aree in costruzione | 300 - 400 |

Cause dell'erosione



Tipi di Erosione

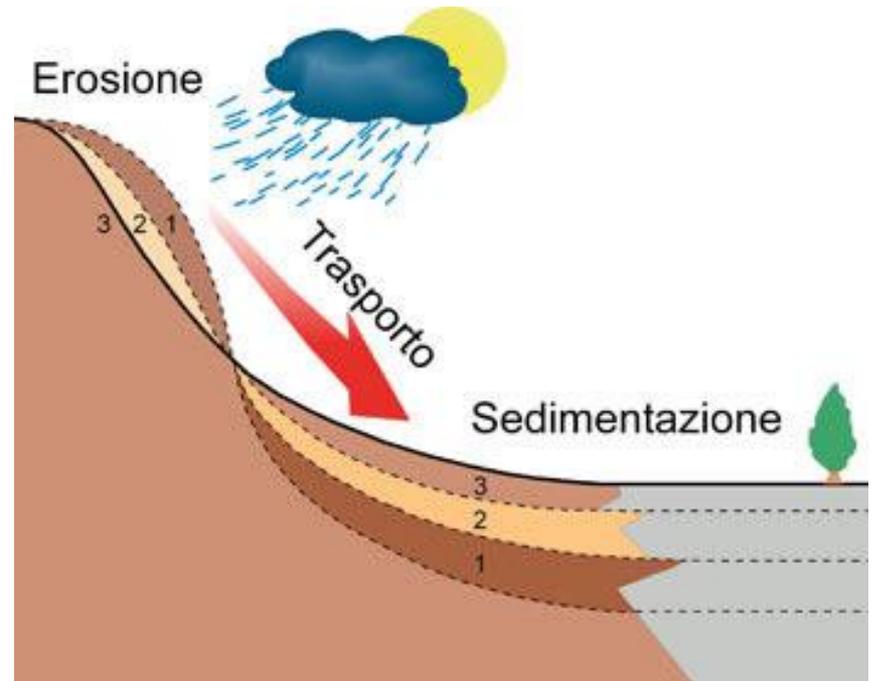


Erosione Idrica

Costituisce la causa principale del modellamento di estese porzioni della superficie terrestre.

I processi di erosione includono:

- Distacco delle particelle del suolo.
- Trasferimento dalla superficie del suolo alla corrente idrica.
- Trasporto.
- Deposito delle particelle trasportate.



Le particelle trasportate in forma elementare o di aggregati, vengono denominate *sedimenti*.

Erosione Idrica

La **trasportabilità dei sedimenti**, cioè l'attitudine delle particelle distaccate ad essere trasportate, dipende dalla loro dimensione e dal peso specifico.

. Particelle grosse e pesanti sono meno trasportabili di quelle piccole e leggere.

La **capacità di trasporto**, che rappresenta la massima quantità di materiale solido veicolata, dipende dalle caratteristiche idrauliche dell'agente erosivo (es. portata della corrente).

Quando la quantità di particelle distaccate e rese disponibili al trasporto supera la capacità di trasporto della corrente, si verificano fenomeni di deposito che provocano l'accumulo di particelle sulla superficie del suolo.

Due termini:

Erosività: attitudine dell'agente erosivo a produrre distacco e trasporto delle particelle (condizionata dalle caratteristiche climatiche).

Erodibilità: suscettibilità del suolo ad essere eroso a seguito dei processi di distacco e di trasporto attuati dagli agenti erosivi.

Erosione da impatto (Splash Erosion)



Erosività della pioggia dipende da:

- Altezza delle precipitazioni (mm)
- Intensità (mm/h)
 - Energia cinetica delle piogge

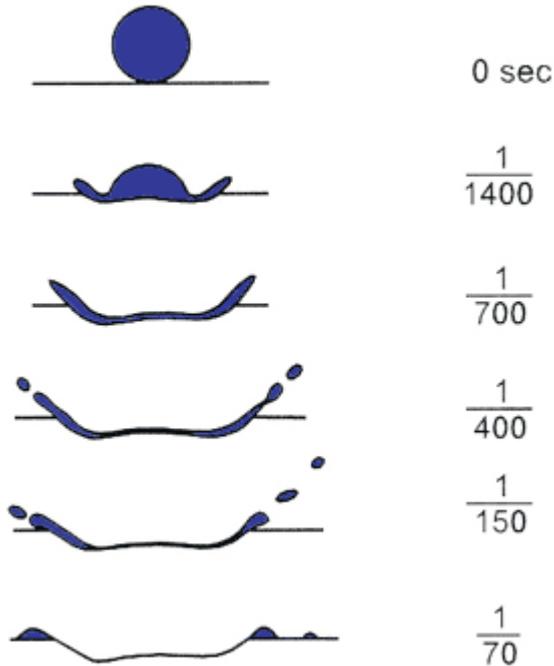
Energia cinetica delle piogge

Dimensioni delle gocce d'acqua: acquazzoni, pioggerelline...

Velocità di impatto: altezza di caduta (pioggia diretta, da *leaf drip*)

L'energia cinetica per unità di altezza di precipitazione cresce con l'intensità stessa e pertanto il prodotto tra l'intensità e l'altezza di pioggia è un indicatore dell'erosività totale dell'evento.

Erosione da impatto



Esempio di come impatta una goccia di pioggia.

Durante l'impatto la goccia disperde la sua energia cinetica, compattando il terreno e formando una corona di spruzzamento, che disperde in giro gocce più piccole, assieme alle quali se ne vanno via anche particelle di suolo.

Alla fine del processo è evidente la formazione di una pellicola sulla zona impattata, quando questa asciuga che è formata dalle particelle staccate e poi ridepositatesi altrove.

Si possono creare problemi di infiltrazione, che favoriscono, in seguito, il processo di trasporto del materiale.

Se il piano è inclinato le particelle si distribuiscono in maniera asimmetrica: quelle che vanno verso il basso si allontanano di più dal punto di impatto.



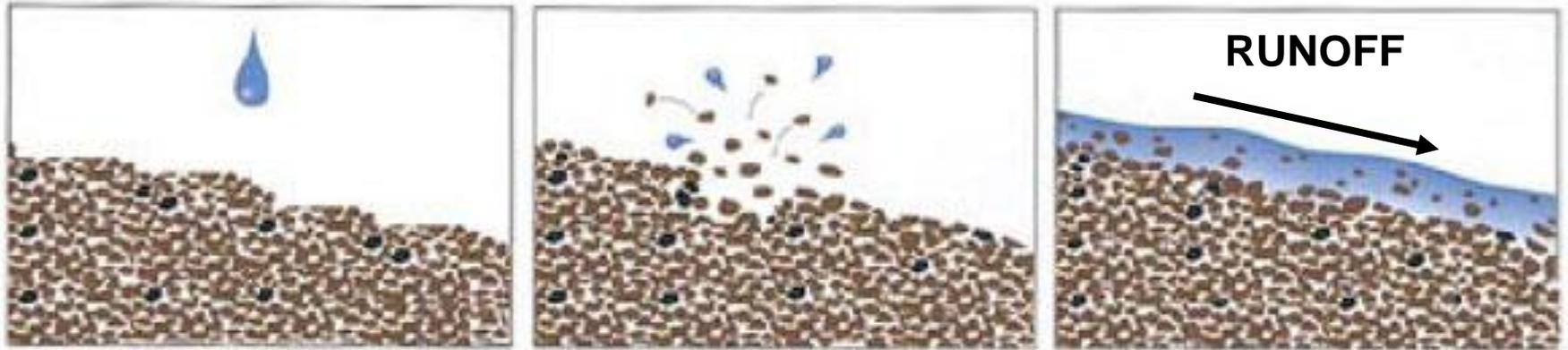
Dal distacco al trasporto

Spesso ad un'erosione da impatto segue quella di scorrimento e l'acqua trasporta via le particelle di suolo.

Affinchè questo avvenga, l'acqua deve cominciare a scorrere sul terreno.

- Struttura del terreno, fatta a macropori all'esterno e micropori all'interno: l'acqua si infiltra trasportando con se la particelle prodotte dall'erosione di impatto, fino a quando queste tendono a "tappare" la microposità. Da questo momento in poi il terreno non riesce più a ricevere acqua (diminuzione della velocità di infiltrazione rispetto a quella della pioggia).
- Si forma una lamina d'acqua sulla superficie del suolo che comincia a scorrere.
- Man mano che procede l'evento piovoso l'acqua acquista velocità e si arricchisce di particelle con dimensioni sempre maggiori.
- L'azione combina dei due, più altri fattori quali pendenza..., può portare alla formazione di piccoli canali (rigagnoli) preferenziali nei quali l'acqua si incanala. Si passa quindi da erosione laminare ad erosione per solchi (rill erosion).

Erosione da Scorrimento (Runoff Erosion)



Erodibilità del suolo = attitudine al distacco + attitudine al trasporto

es. **suolo sabbioso**

- + Distacco (particelle incoerenti)
- Trasporto (dimensione e peso alti)

es. **suolo argilloso**

- Distacco (alta coesione)
- + Trasporto (dimensione e peso piccoli)

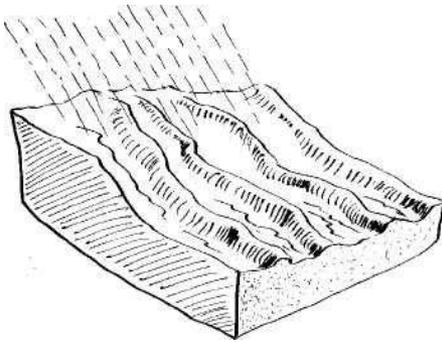
Suoli maggiormente erodibili sono quelli di medio impasto, limosi, franco limosi.

Runoff Erosion



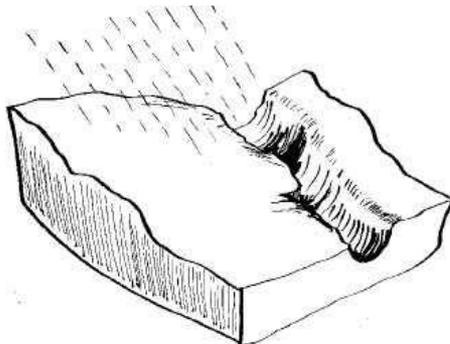
Laminare (Sheet Erosion)

Avviene quando si ha rimozione uniforme di suolo dalla superficie ad opera dell'acqua che comincia a scorrere; è ritenuta la prima fase dell'intero fenomeno erosivo.



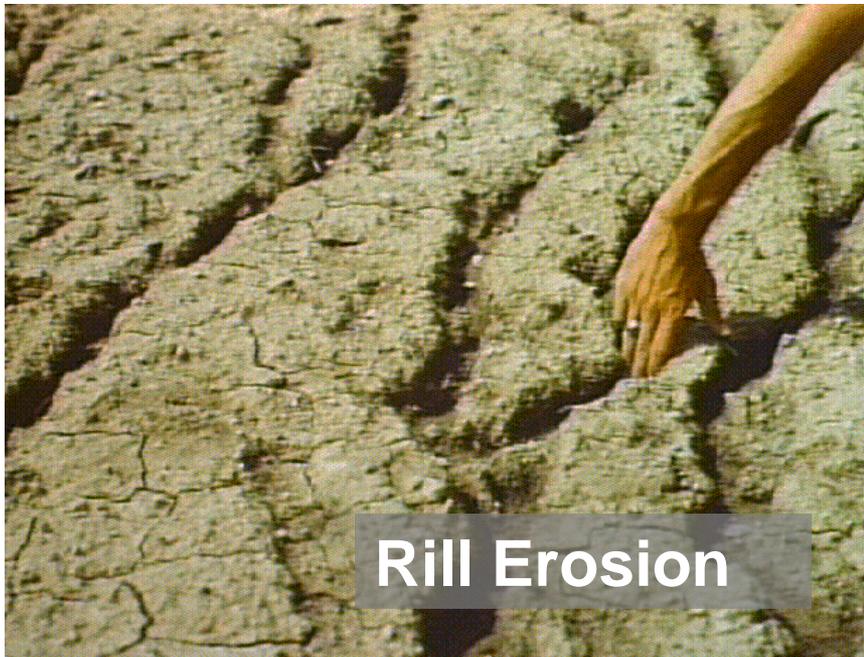
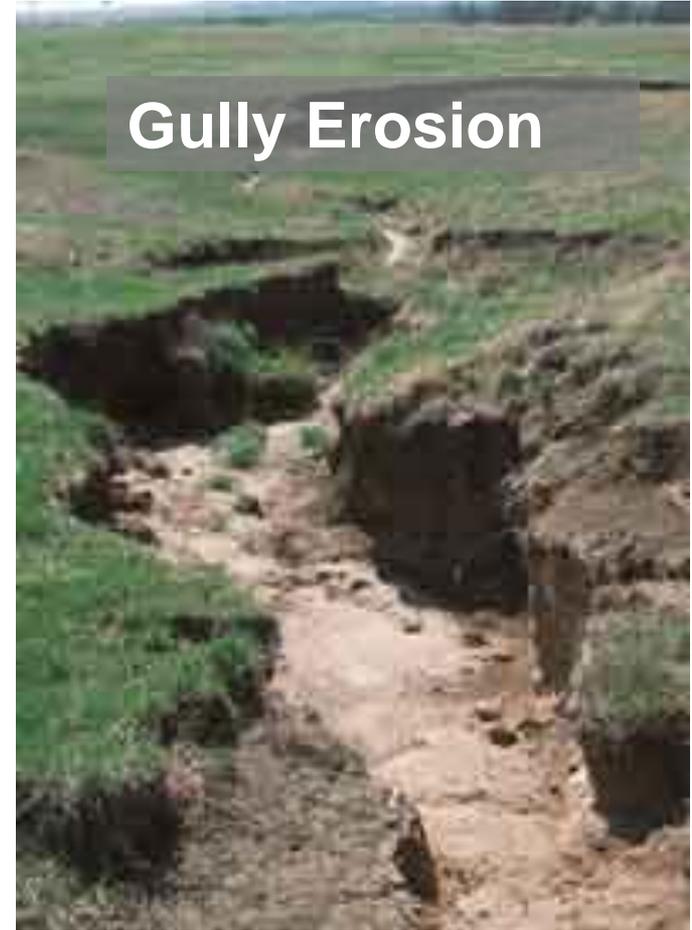
Per rigagnoli-solchi (Rill Erosion)

Lo scorrimento dell'acqua crea incisioni, poco profonde e planimetricamente contenute sulla superficie del suolo. Possono essere eliminate con le normali operazioni colturali di aratura. Una volta eliminato, il solco non tende a riformarsi nella stessa posizione originaria.



Per fossi (Gully Erosion)

A differenza dei solchi, i fossi sono troppo profondi per essere rimossi con una ordinaria operazione colturale; inoltre hanno dimensioni tali da non poter essere attraversati dai mezzi meccanici. Si formano da piccole depressioni; la corrente, dopo aver provocato l'incisione di tutto lo strato erodibile, inizia ad erodere la base delle sponde ed il solco conseguentemente si allarga.



Erosione Sotterranea

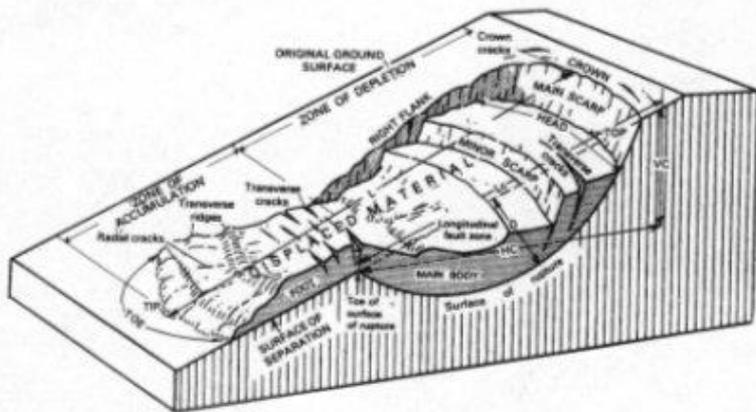


L'acqua si incanala sotto la superficie e poi sgorga alla base del pendio.

Questo può provocare il crollo delle strutture sovrastanti se l'erosione è forte.

Si ha quindi EROSIONE DI MASSA.

L'erosione di massa può anche provocare il distacco dell'intero versante.



Badlands -USA

(erosione da acque superficiali e sotterranee)

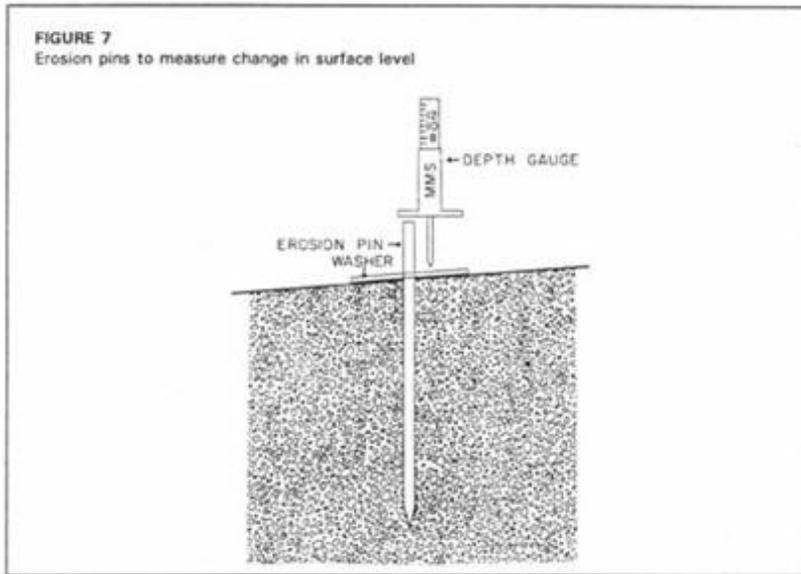


Valutazione dell'erosione

- girare per il territorio e guardare le caratteristiche del territorio notando i segni di erosione
- effettuare delle misure dell'erosione in campo
- stima dell'erosione: modelli teorici e semplici (precipitazioni totali) o complessi (equazioni matematiche)

Misura dell'erosione superficiale

Tratto da: N.W. Hudson, 1993, *Field measurement of soil erosion and runoff*, FAO Soils Bulletin n.68, Roma, FAO.



Erosion Pin - Scala di versante

Misura in un punto dell'abbassamento del suolo provocato dai fenomeni erosivi (mm di spessore).

Vengono utilizzati tre elementi lineari (cilindretti di 3 cm x 5 mm) infissi nel terreno.

Lunghe scale temporali di rilievo

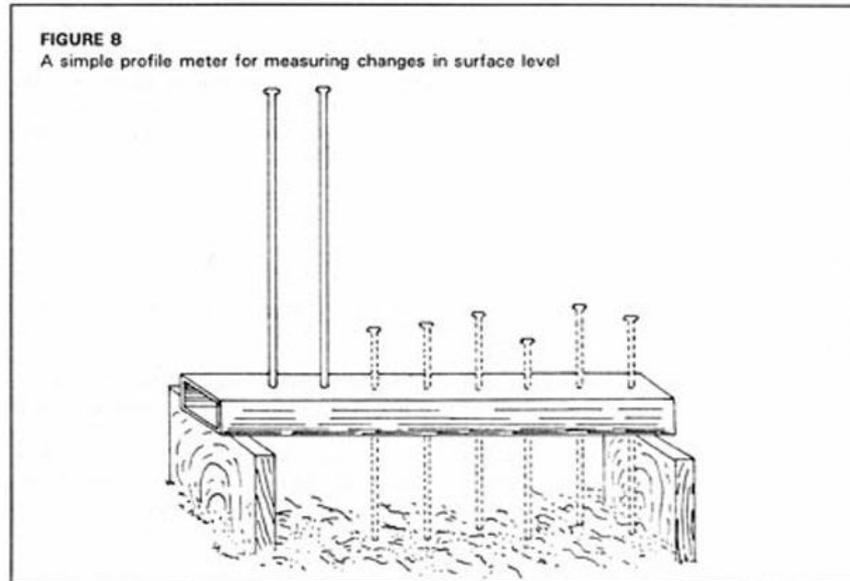
Monitorare rilevanti fenomeni erosivi

Il cilindretto rappresenta un ostacolo fisso al deflusso di cui può sia incrementare il carattere turbolento, inducendo fenomeni erosivi localizzati, sia determinare il rallentamento, provocando depositi imputabili soltanto alla presenza fisica dell'ostacolo rappresentato dal *pin*.

A scala di versante è una misura di notevole interesse per la possibilità sia di avere misure distribuite secondo un reticolo di rilievo, e, quindi, di ricostruire l'evoluzione della superficie monitorata, che di rilevare oltre che i fenomeni erosivi anche i siti in cui si verificano depositi.

Misura dell'erosione superficiale

Tratto da: N.W. Hudson, 1993, *Field measurement of soil erosion and runoff*, FAO Soils Bulletin n.68, Roma, FAO.



Ricostruzione della microtopografia di una linea tracciata sul terreno.

Si posiziona una trave parallela al suolo e infilo dei chiodi fino a che questi non toccano il terreno.

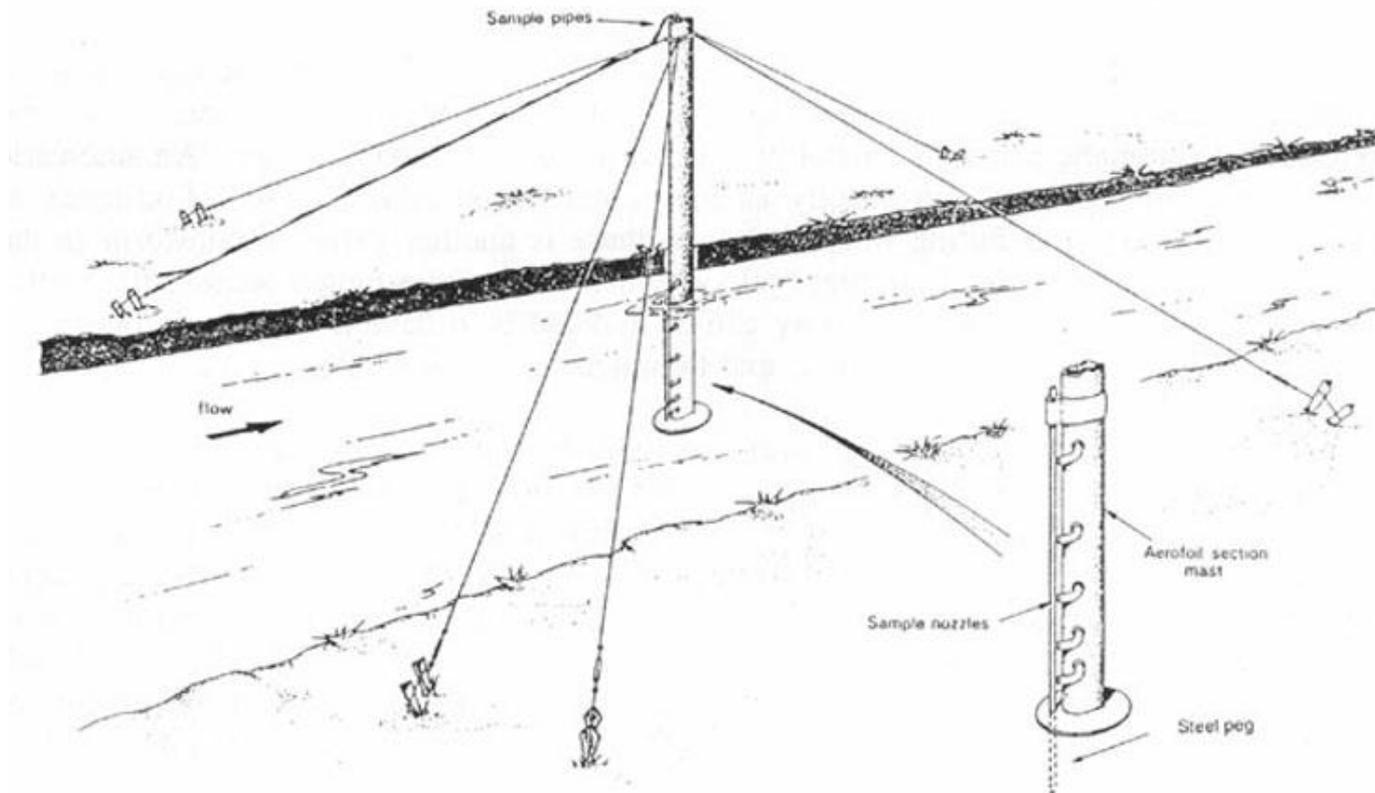
Misuro la loro lunghezza.

Si lascia la trave in loco e dopo un paio di mesi si riefettua questa misura, e si tiene conto se ci sono state delle modifiche.

Misura dell'erosione scala di bacino

Esempio di metodo di raccolta sedimenti alla sezione del bacino di riferimento.

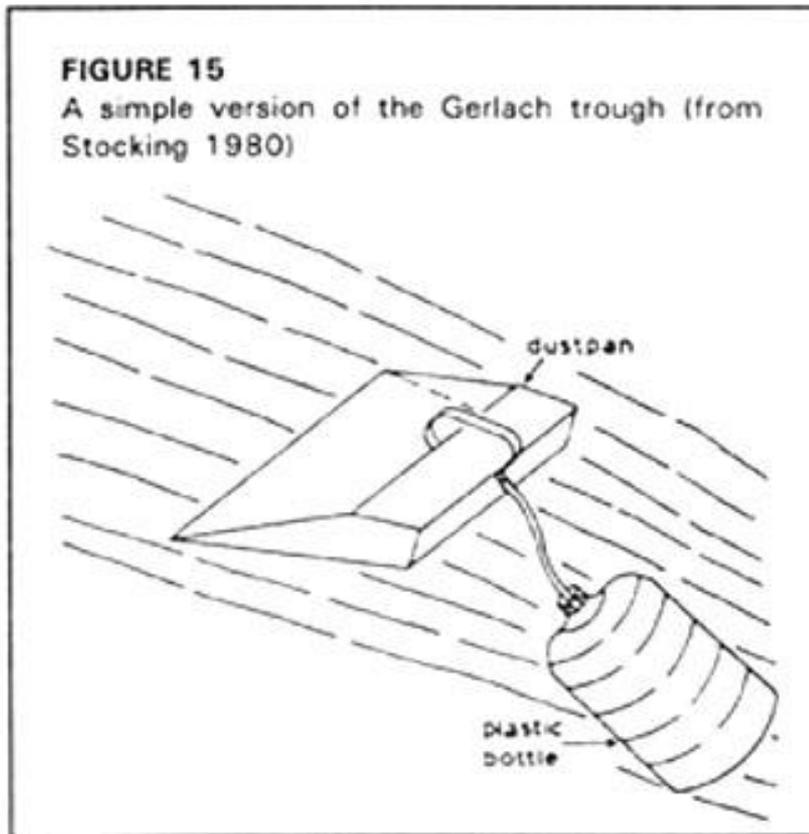
FIGURE 43
Sediment sampling mast (redrawn from Hydraulics Research 1984)



Tratto da: N.W. Hudson, 1993, *Field measurement of soil erosion and runoff*, FAO Soils Bulletin n.68, Roma, FAO.

Misura dell'erosione

Scala di parcella sperimentale



Es. Collettore gerlach type

Alla base di ogni parcella sperimentale viene collocato un collettore Gerlach type che ad ogni evento piovoso, preleva un campione rappresentativo delle torbide (acqua runoff + sedimento).

Nei casi in cui i volumi di deflusso attesi sono elevati si utilizzano dei *partitori* il cui scopo è quello di frazionare il deflusso intercettato in modo che solo una prefissata aliquota venga raccolta negli appositi campionatori.

Tratto da: N.W. Hudson, 1993, *Field measurement of soil erosion and runoff*, FAO Soils Bulletin n.68, Roma, FAO.

Metodi di stima dell'erosione

MODELLI QUALITATIVI

Metodo Corine (AA. VV. 1992) messo a punto dall' UE. Valuta la stima dell'erosione idrica negli ambienti mediterranei: Italia, Spagna, Grecia...

(informazione calcolata su celle di 1 Km²)

Tre componenti entrano nel calcolo:

- a) Erodibilità del suolo
- b) Erosività del clima
- c) Pendenza superficiale

Come risultato si ottiene un indice che va da 0 (rischio nullo) a n (rischio alto) in base all'intensità del fenomeno studiato.

Erodibilità del suolo

Dipende da:

- ❖ **Tessitura**: ad ogni classe tessiturale viene assegnato un punteggio che va da 0 (roccia nuda) a 3 (SL, L, ZL, Z).
- ❖ **Spessore**: 1 se > 750 mm a 3 se < 250 mm.
- ❖ **Pietrosità superficiale**: 1 se % di copertura è maggiore di 10; 2 se % minore o uguale 10.

Erosività

- 1) Fournier Index (precipitazioni)
- 2) Bagnouls – Gaussen Aridity Index (precipitazioni e temperatura)

1. Fournier Index

$$FI = \sum_{i=1}^{12} \frac{P_i^2}{P}$$

2. Bagnouls – Gaussen Aridity Index

$$BGI = \sum_{i=1}^{12} (2T_i - P_i) \cdot k_i$$

P = piogge medie annue

P_i = precipitazioni totali dell' i-esimo mese

T_i = temperatura media dell' i-esimo mese

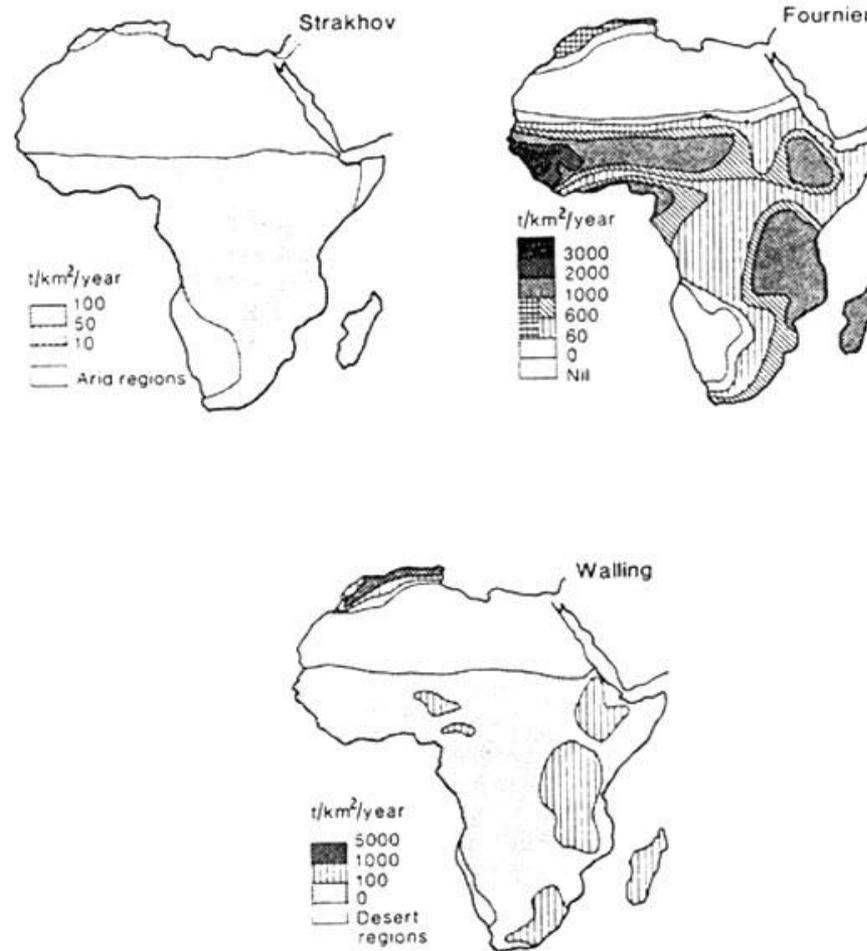
K_i = porzione del mese durante il quale 2T_i – P_i > 0

FIGURE 61

Alternative estimates of soil erosion in Africa (from Fournier 1960; Strakov 1967; Walling 1984, cited in Stocking 1987)

Esempio di stima dell'erosività

Tratto da: N.W. Hudson, 1993, *Field measurement of soil erosion and runoff*, FAO Soils Bulletin n.68, Roma, FAO.

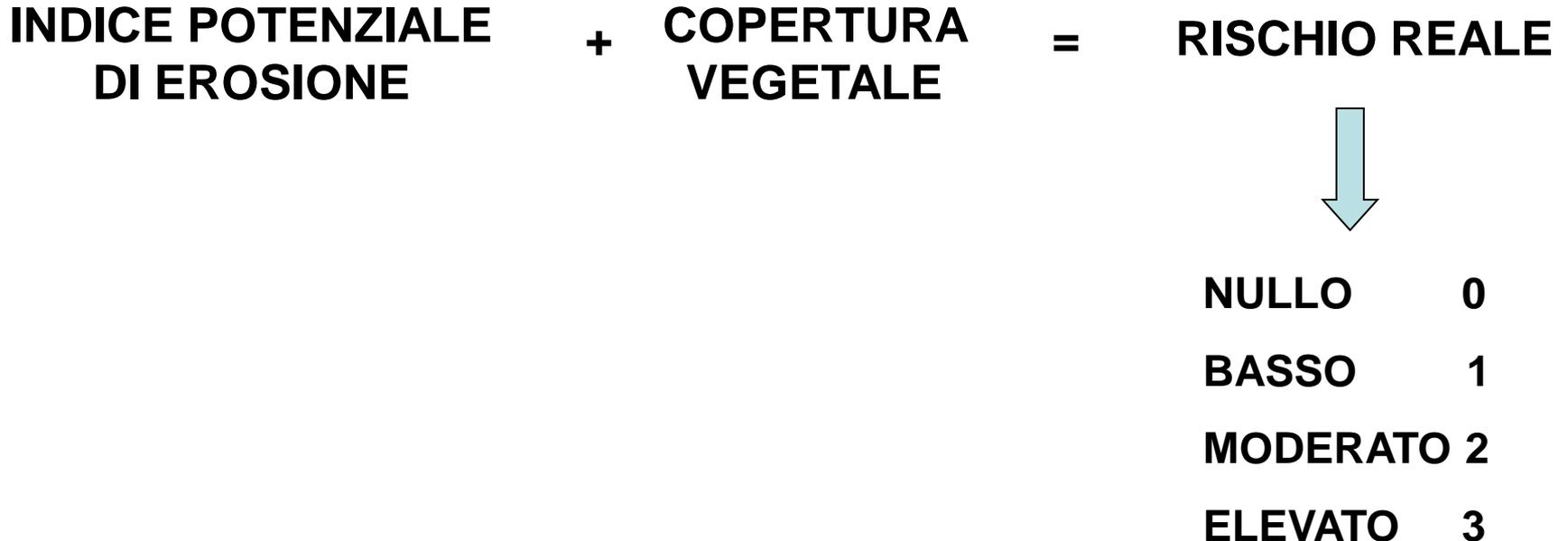


Pendenza superficiale

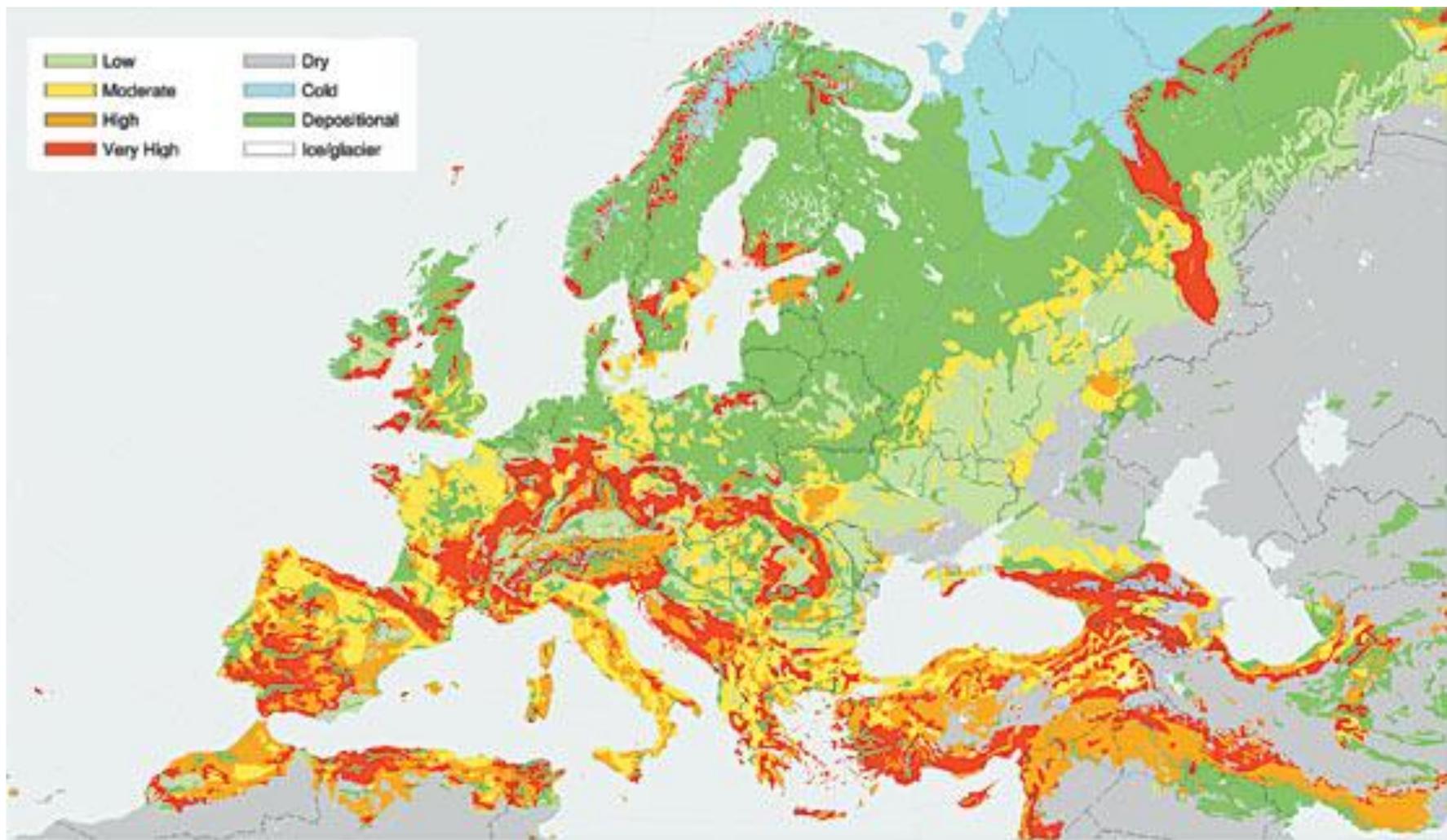
| Index | Description | Slope angle (%) |
|-------|---------------------|-----------------|
| 1 | Very gentle to flat | < 5 |
| 2 | Gentle | 5 to 15 |
| 3 | Steep | >15 to 30 |
| 4 | Very steep | >30 |

Metodo CORINE

Unendo *erodibilità*, *erosività* e *pendenza superficiale* si ottiene l'INDICE POTENZIALE DI EROSIONE del suolo, in quanto manca la copertura vegetale.



Esempio di stima qualitativa



Source: USDA 2001

Metodi di stima dell'erosione

METODI QUANTITATIVI

USLE – Universal Soil Loss Equation (Wischmeier, 1954-78)

Modello teorico di previsione della perdita di suolo per erosione idrica, laminare e incanalata su periodi poliennali.

Sviluppato presso il National Runoff and Soil Loss Data Center a partire dal 1954, con i dati provenienti da 49 parcelle sperimentali sparse negli USA (a est delle Montagne Rocciose), relativamente a circa 10.000 eventi di pioggia. Dal 1960 in poi, tramite l'impiego di un simulatore di pioggia, furono raccolti i dati mancanti necessari per mettere a punto l'equazione.

Campo di validità: pendenze limitate, atte alle coltivazioni (0-7°); suoli con basso contenuto di smectiti e non fortemente sabbiosi.

USLE – Universal Soil Loss Equation

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

| | |
|---|--|
| A | Perdita di suolo per erosione (t ha ⁻¹ anno ⁻¹) |
| R | Fattore erosività della pioggia |
| K | Fattore erodibilità del suolo |
| L | Fattore lunghezza del versante |
| S | Fattore pendenza del versante |
| C | Fattore copertura vegetale e coltura agraria |
| P | Fattore tecnica di sistemazione |

Erosione = f (erosività, erodibilità, fattore topografico, fattore copertura vegetale e gestione)

? ? ?

- Constatazione della presenza sul territorio di interesse del processo erosivo
- Stima qualitativa e/o quantitativa del fenomeno erosivo

Come si può affrontare tale fenomeno?

Quali sono le strategie o le tecniche per combattere tale fenomeno?

Pro Memoria

- Il fenomeno erosivo riguarda lo strato più superficiale del suolo.
- Questo è ricco di elementi nutritivi (N e P), S.O....
- Perdita per erosione dello strato più fertile!
- Il processo va ad incidere sulla produttività dei suoli e, quindi, sulla capacità di una nazione di produrre cibo e reddito.

Inquinamento delle acque superficiali:

- Il materiale trasportato, ricco di elementi nutritivi, può provocare eutrofizzazione lì dove vi è deposizione o arricchimento di sedimenti nei corpi idrici.
- Alle particelle organiche possono essere legati, adsorbiti varie sostanze xenobiotiche o inquinanti che accumulandosi possono creare problemi di vario genere, sia a livello abiotico (qualità delle acque) che biotico (perdita di fauna e flora degli ambienti inquinati).

Tecniche Antierosive

Si basano:

- Rispetto delle caratteristiche del suolo
- Adozione di pratiche colturali opportune
- Modifiche del profilo topografico
- Lotta contro i fenomeni calanchivi e gully erosion
- Ripristino copertura forestale

Adozione di pratiche colturali opportune

- Miglioramento della stabilità di struttura:
 - concimazione organica;
 - correzione con calcare;
 - rotazione delle colture (differenti sistemi radicali e lavorazioni);
 - drenaggio.
- Limitazione del ruscellamento
 - aumento della permeabilità (lavorazioni del terreno, miglioramento della struttura);
 - creazione di ostacoli al flusso idrico superficiale (maggesi vestiti, mulching, lavorazione lungo le isoipse, coltivazione a bande alternate).

Modifiche del profilo topografico

- Sistemazione ad onde (diffuso in paesaggi dolci, con pendenze lievi);
- Terrazzamenti (versanti con forti pendenze).

Si basano sulla interruzione della continuità del pendio con l'introduzione anche di ostacoli; in questo modo l'acqua che scorre rallenta di velocità e, di conseguenza, diminuisce l'energia di erosione.

Bibliografia

Articoli:

D. Pimentel, N. Kounang (1998), "Ecology of soil erosion in ecosystems", Ecosystem 1: 416-426.

Testi:

AA. VV. (1992), "CORINE soil erosion risk and important land resources in the southern regions of the European Community", Commission of the European Communities, Brussel.

N.W. Hudson (1993), "Field measurement of soil erosion and runoff", FAO Soils Bulletin n.68, Rome, FAO.

E. Roose (1996), "Land husbandry - Components and strategy", FAO Soils Bulletin n. 70, Rome; FAO.

Bagarello V., Ferro V. (2006) "Erosione e conservazione del suolo" McGraw-Hill.