

UNA PROCEDURA PER LA STIMA DEL GRUPPO IDROLOGICO (CN) E DELL'ERODIBILITÀ (RUSLE) DEI SUOLI AGRO-FORESTALI

Enrico Gregori, Maria Costanza Andrenelli, Giovanni Zorn

C.R.A. Istituto per lo Studio e la Difesa del Suolo - Firenze



Introduzione

Alla fine di contenere le perdite di acqua per ruscellamento e di ridurre l'erosione idrica del suolo negli ecosistemi agricoli e forestali sono necessari strumenti che permettano di valutare le conseguenze ambientali di diverse alternative di uso del suolo e gestione degli ordinamenti colturali. Molto utilizzati sono i metodi del Curve Number (CN) e della Universal Soil Loss Equation (USLE - RUSLE) i cui risultati sono però spesso condizionati dalle difficoltà di interpretazione ed attribuzione di alcune variabili. Il lavoro che viene presentato si propone pertanto di rendere la procedura univoca e riproducibile con particolare riferimento alla definizione del comportamento idraulico del profilo edafico e della resistenza degli orizzonti superficiali all'azione erosiva delle piogge.

Definizione del comportamento idraulico del profilo edafico (gruppo idrologico SCS-CN)

La procedura proposta dal Soil Conservation Service (1972) per la determinazione del gruppo idrologico del suolo (HSG) è basata sulla somma di valori codificati provenienti da due tabelle: la prima considera il gruppo tessuturale e la struttura dell'orizzonte superficiale, la seconda l'infiltrabilità dello stesso e l'entità e profondità di eventuali riduzioni di permeabilità all'interno del profilo. La procedura proposta si basa sulle seguenti fasi:

1 Introduzione nella prima tabella CN di due classi tessuturali intermedie (evidenziate in bianco)

Tessitura	Struttura forte o moderata		debole, lamellare, massiva	
	1	2	3	4
grossolana	1	2	3	4
gross-media	2.5	3.5	4.5	5.5
media	4	5	6	7
medio-line	5.5	6.5	7.5	8.5
fine	7	8	9	10

2 Sostituzione della seconda tabella CN con l'equazione:

$$P = \text{MAX} \left(11.65 - 0.43 \cdot K_{sat, sup} - 4.89 \cdot \left(\frac{K_{sat, i}}{K_{sat, sup}} \right) - 0.02 \cdot H_i \right)$$

in cui $K_{sat, sup}$ e $K_{sat, i}$ sono le conducibilità idrauliche (cm/h) rispettivamente dell'orizzonte superficiale e dei singoli orizzonti sottostanti ad una profondità H_i , calcolate secondo la pedofunzione di Bloemen (1980)

3 Determinazione del gruppo idrologico (HSG) a partire dalla somma dei punteggi relativi alle fasi **1** e **2**

Punteggio finale	HSG
0-5	A
5-10	B
10-15	C
15-19	D

La procedura, applicata su un campione di 40 profili dei quali era noto HSG (Soil Survey Staff 2005), è risultata attendibile solo per il gruppo idrologico A; per gli altri casi è stata osservata una tendenza ad un peggioramento della classificazione rispetto a quella nota. Questo potrebbe essere imputabile all'utilizzo della formula di Bloemen che tende a sovrastimare la K_{sat} dei suoli sabbiosi, sostituito al contempo quella dei suoli argillosi. L'accuratezza predittiva è stata migliorata tramite una regressione lineare multipla che considera, oltre ai punteggi tabellari descritti sopra, la profondità e l'entità della massima riduzione di permeabilità, la media ponderata (in funzione dello spessore) di K_{sat} dei singoli orizzonti, il diametro medio geometrico della terra fine e la categoria di struttura secondo la USLE. Tale processo produce buoni esiti con un *non error rate* (NER) medio dell'80% (tabella accanto); tuttavia permangono incertezze nella classificazione del gruppo D, da mettere in relazione probabilmente a condizioni di idromorfia dei suoli, non contemplate da alcuna delle variabili in esame.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
3																		
4	Entisols	0	7.8	6.4	15.7	12.7	15.8	9.3	17.8	16.5	lamellare	GM	4.5	38.12	1.00	0.5	A	A
5		3	6.2	5.1	7.3	10.2	14.5	9.7	21.9	25.1	massiva	G		112.29	1.00			
6		20	6.3	4.6	8	11.3	16.4	10.6	20.6	22.2	incoerente	G		86.35	1.00			
7		41	6.6	4.6	9.1	12.5	17.0	11	20	19.4	incoerente	G		67.42	1.00			
8		71	8.3	6.6	11.4	12	12.5	7.3	15.9	26	incoerente	GM		73.54	0.91			
9		89	8.5	6.4	12.2	11.8	15.8	9.8	16.5	17.4	incoerente	GM		34.68	1.00			
10		132	6.8	5	9.5	12.7	19.1	11.2	19.6	15.7	incoerente	G		57.15				
11	Inceptisols	0	5	23	31.3	30.3	8.9	0.9	0.4	0.2	debole	M	6	1.13	1.00	5.7	C	B
12		20	3.2	14	25.1	45.5	11.2	0.9	0.1	0.0	debole	GM		2.67	1.00			
13		47	3	14.2	31.1	42.9	8.2	0.5	0.1	0.0	massiva	GM		1.92	1.00			
14		81	3.2	10.7	28.1	48.8	9.3	0.8	0.1	0.0	massiva	GM		2.40	1.00			
15		79	2.5	5.9	24.5	53.1	12.5	1.2	0.2	0.1	massiva	GM		3.15				
16	Ultisols	0	13.3	33.8	12.7	12.9	18.2	8.3	0.5	0.3	debole	M	6	0.82	1.00	7.9	C	C
17		13	12.9	33.2	13.4	12.3	18.1	9.2	0.8	0.3	debole	M		0.93	0.89			
18		30	16.7	33.5	11.8	11.2	17.4	9	0.4	0.0	moderata	M		0.71	0.49			
19		50	22.5	32.9	11.1	10	14.5	8.3	0.4	0.3	debole	M		0.41	0.34			
20		80	29.0	20.5	9.9	9.0	14.4	9.2	0.4	0.2	moderata	M		0.20				
21	Vertisols	0	48.7	27.2	11	6	5.4	1.4	1.1	1.2	moderata	F	8.0	0.02	0.51	10.0	D	B
22		23	51.2	20.3	13.1	5.7	3.4	1.5	1.2	1.8	moderata	F		0.01	0.58			
23		41	50.8	20.8	12.3	6	5.7	1.6	1.3	1.5	moderata	F		0.01				

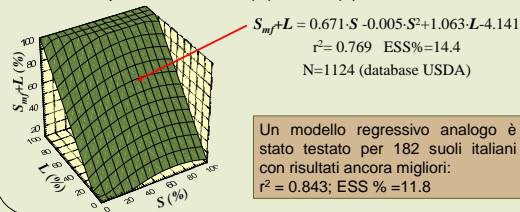
Esempio di foglio di calcolo per la stima di HSG e confronto con la classificazione USDA

HSG secondo database USDA				
	A	B	C	D
Entisols	11	1		
Inceptisols	2	8		
Ultisols		1	9	4
Vertisols				4
NER%	85	80	100	50
theta=0.26				
K=0.73				

Definizione dell'erodibilità degli orizzonti superficiali del suolo (fattore K USLE-RUSLE).

La RUSLE (Renard et al, 1997), riprendendo l'impostazione originaria proposta da Wischmeier e Smith (1978), definisce il fattore erodibilità del suolo (K) sulla base di due variabili qualitative (struttura e permeabilità) e di altre quantitative come le percentuali di sabbia, di sostanza organica (SO) e di limo più sabbia molto fine (S_{mf+L}). Le incertezze nella stima di K sono riconducibili alla determinazione delle variabili qualitative ed alla presenza di soglie massime per SO (4%) e per S_{mf+L} (70%), oltre le quali l'equazione classica non viene considerata applicabile; inoltre l'applicazione della formula è spesso compromessa dalla mancanza di dati relativi alla sabbia molto fine (S_{mf}). Le modifiche che presentiamo si propongono di ovviare a tali problemi attraverso i seguenti passaggi:

1 Stima, in assenza del dato misurato, del tenore in S_{mf+L} a partire da una funzione di regressione che contempla come variabili indipendenti sabbia (S) e limo (L):



2 Ampliamento del campo di applicazione dell'equazione originaria per valori di $S_{mf+L} > 70\%$ tramite l'inserimento di un addendo α ricavato analiticamente dal nomografo di Wischmeier e Smith (1978):

$$\alpha = -0.15 \cdot \exp\left(\frac{-10 + 1.5 \cdot SO}{(S_{mf} + L) - 70}\right)$$

3 Introduzione di un fattore moltiplicativo γ per elevati tassi di SO in orizzonti superficiali di spessore (SP) > 2.54 cm, secondo le indicazioni di Dissmeyer e Foster (1984):

$$\gamma = 1 - \frac{0.3}{(1 + \exp(-10 \cdot SP - 3)) \cdot (1 + \exp(SO - 5.5))}$$

4 La permeabilità del profilo è stata determinata in modo quantitativo attribuendo al punteggio finale della procedura CN (vedi sopra) appropriati valori di K_{sat} ai quali sono state associate le sei classi di permeabilità previste dalla USLE

HSG	Punteggio finale	Permeabilità (cm h ⁻¹)	classe
D	16-19	<0.102	6
C/D	14-16	0.102	5
C	10-14	0.203	4
B	5-10	0.508	3
A	2.5-5	2.032	2
A+	0-2.5	6.096	1

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1												
2	Soil taxonomy	S_{mf+L}	Limo	SO	Struttura (fattore b)	α	γ	Classe di permeabilità	K USLE calcolato a partire da S_{mf+L}	calcolato a partire da S_{mf+L}	Limo	
3	Entisols	32.8	39.6	20.1	1.7716	4	0	0.999998	2	0.032	0.036	0.020
4	Inceptisols	84.6	72.6	54.3	1.5824	3	-0.0880	0.999998	3	0.086	0.073	0.054
5	Ultisols	59.4	64.2	48.5	3.1478	2	0	0.999742	5	0.048	0.052	0.038
6	Vertisols	44.2	45.5	38.2	1.3244	4	0	0.999999	6	0.039	0.040	0.038

Esempio di foglio di calcolo per il calcolo del fattore K USLE

La procedura, resa automatica in un foglio di calcolo (tabella a destra), è stata applicata agli stessi 40 suoli utilizzati per l'HSG. I valori di K ottenuti utilizzando la stima di S_{mf+L} sono risultati confrontabili con quelli derivati dai dati misurati (tabella a lato): l'errore standard commesso non è trascurabile (21% della media), ma comunque accettabile rispetto a quello registrato impiegando L in sostituzione di S_{mf+L} .

K USLE calcolato a partire da S_{mf+L} e S_{mf+L} (stimato)			
	S_{mf+L}	S_{mf+L} (stimato)	L
Media	0.04	0.042	0.029
Dev. St	0.022	0.017	0.02
ESS%		21%	37%

K espresso in Mg ha h ha⁻¹ MJ-1 s⁻¹ mm⁻¹

Conclusioni

Le procedure descritte sembrano fornire risultati apprezzabili anche se necessitano di ulteriori affinamenti. In particolare, per la determinazione di HSG, è in corso la verifica di altre formule per il calcolo della K_{sat} al fine di un'eventuale integrazione/sostituzione di quella di Bloemen; è allo studio anche l'inserimento di variabili che contemplino le condizioni di drenaggio interno ed esterno del suolo (screziature e morfologia) e la presenza e tipologia di un contatto litico o paralitico poco profondo. Anche per il calcolo del fattore K della USLE è in fieri l'applicazione, a titolo di confronto, di altre formule di stima. Risulta comunque necessario applicare queste procedure a casistiche più consistenti.

Bibliografia

- Bloemen G.W., 1980. Calculation of Hydraulic Conductivities of Soils from Texture and Organic matter Content. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde, 143, 581-605.
- Dissmeyer G. E., Foster G. R., 1984. A Guide for Predicting Sheet and Rill Erosion on Forest Land. U.S.D.A. Forest Service, Southern Region, Atlanta, Georgia.
- Renard K.G., Foster G.R., Weesies G.A., McCool D.K., Yoder D.C., 1997. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE). USDA, Agriculture Handbook 537.
- Soil Conservation Service, 1972. National Engineering Handbook: Hydrology. U.S. Department of Agriculture, Washington.
- Soil Survey Staff 2005. National Soil Survey Characterization Data. Soil Survey Laboratory, National Soil Survey Center, USDA-NRCS - Lincoln, NE.
- Wischmeier W.H., Smith D.D., 1978. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. USDA, Agriculture Handbook 537.