

Indicatori per la valutazione a scala geografica regionale dell'efficacia dello Standard 1.1 di condizionalità (solchi acquai temporanei)

Paolo Bazzoffi

CREA-ABP, Centro di Ricerca per l'Agrobiologia e la Pedologia, Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria, Firenze, Italia

Autore corrispondente: Paolo Bazzoffi
E-mail: paolo.bazzoffi@crea.gov.it

Parole chiave: Indicatori; condizionalità; standard; erosione; solchi acquai.

Lavoro svolto nell'ambito del Progetto MO.NA.CO. (Rete di monitoraggio nazionale dell'efficacia ambientale della condizionalità e del differenziale di competitività da essa indotto a carico delle imprese agricole) finanziato dal Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali (MiPAAF) nell'ambito del Programma Rete Rurale Nazionale nel contesto dell'Azione 1.2.2 "Laboratori interregionali per lo sviluppo" del Programma Operativo denominato "Rete Rurale Nazionale 2007 - 2013".

Paolo Bazzoffi: Dirigente di Ricerca CREA-ABP, Coordinatore del progetto MO.NA.CO.

©Copyright P. Bazzoffi, 2015
Licenziatario PAGEPress, Italy
Italian Journal of Agronomy 2015; 10(s1):718
doi:10.4081/ija.2015.718

Questo articolo è distribuito secondo i termini della licenza Noncommercial Creative Commons Attribution (by-nc 3.0) che permette qualsiasi uso non commerciale, la distribuzione e la riproduzione con qualsiasi mezzo, a condizione che l'autore (autori) originale(i) e la fonte siano accreditati.

Premessa

Il Reg. di esecuzione (CE) N. 808/2014 (All. V - Questionario valutativo comune per lo sviluppo rurale) impone che nelle relazioni annuali sull'attuazione (RAE) presentate nel 2017 e nel 2019, nonché nella relazione di valutazione ex post, debba essere fornita risposta all'Aspetto specifico 4C: "in che misura i PSR hanno contribuito alla prevenzione dell'erosione dei suoli e a una migliore gestione degli stessi?".

Il "Valutatore Indipendente", chiamato ad effettuare la valutazione del PSR sotto la responsabilità dell'Autorità di Gestione (art. 84, paragrafo 4, del Reg. (CE) n. 1698/2005), per quantificare correttamente l'efficacia ambientale delle misure di Sviluppo Rurale aventi valenza nel diminuire l'erosione del suolo (in modo particolare le azioni della Misura 10 dei PSR 2014-2020), dovrà valutare preventivamente l'effetto della baseline, ovvero l'efficacia dello Standard 1.1 (impegno a) di condizionalità. Una volta effettuata questa valutazione, sarà possibile determinare l'efficacia **aggiuntiva** delle diverse misure dell'agroambiente finalizzate alla Priorità 4.c - Prevenire l'erosione del suolo e migliorarne la gestione.

Per la valutazione dell'efficacia dei solchi acquai temporanei nella diminuzione del rischio di erosione è consigliabile che il Valutatore Indipendente utilizzi una modellistica di facile applicazione. Nel presente lavoro si propongono due modelli di regressione che consentono di stimare l'erosione del suolo in presenza dei solchi acquai (trattamento fattuale, F) o in assenza di solchi acquai temporanei (trattamento controfattuale, CF), nell'ipotesi di utilizzazione del suolo a cereale a paglia autunno-vernino. Nel caso di colture diverse, facendo variare i valori medi annui del fattore culturale e del fattore pratiche conservative dell'equazione RUSLE è possibile valutare l'efficacia di contenimento dell'erosione in relazione sia agli impegni di condizionalità sia a quelli della M10 dei PSR, finalizzati anche alla conservazione del suolo.

I modelli

Come universalmente noto, l'equazione universale per le perdite di suolo USLE (Universal Soil Loss Equation; Wischmeier e Smith, 1978) è il modello più largamente usato nel mondo negli studi sull'erosione a differenti scale geografiche. Si tratta di un modello semplice di natura empirica adatto alla stima, come media di lungo periodo, dell'erosione del suolo.

Nella formulazione originaria l'equazione universale della perdita di suolo si presenta nel seguente modo:

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \quad (\text{eq. 1})$$

dove:

A rappresenta le perdite annue di suolo per unità di superficie (nel sistema metrico decimale vengono espresse in $\text{Mg ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$);

R indica l'aggressività, o meglio, il potere erosivo delle precipitazioni;

K rappresenta "l'erodibilità" del suolo, cioè la sua attitudine ad essere eroso dall'aggressività della pioggia;

LS è un fattore legato alla situazione topografica del versante e deriva dalla combinazione della lunghezza (sottofattore L) e della pendenza (sottofattore S);

C è un fattore connesso con il tipo di copertura vegetale del suolo;

P è un parametro che tiene conto delle eventuali tecniche di regimazione idrica e/o delle pratiche colturali eventualmente messe in atto per contrastare il fenomeno erosivo.

Sebbene l'equazione abbia molte limitazioni, essa è largamente usata per la sua semplicità di applicazione e per la sua robustezza (Desmet e Govers, 1996); soprattutto nella sua versione revisionata RUSLE (Renard *et al.*, 1997).

La RUSLE è stata applicata dalla maggior parte delle Regioni Italiane per la produzione di mappe del rischio di erosione potenziale e reale ai fini dell'attuazione delle politiche di sviluppo rurale (PSR); pertanto si ritiene opportuno non utilizzare altri modelli previsionali, come ad

esempio il modello PESERA (Gobin *et al.*, 1999) che, pur indicato in Europa come modello di riferimento, determinerebbe una discrepanza nell'interpretazione dei risultati.

Applicazione del modello RUSLE in 60 aree del controllo AGEA 2009

In un precedente lavoro, realizzato nel progetto EFFICOND (Bazzoffi *et al.*, 2011), il modello RUSLE è stato applicato nella valutazione comparativa del rischio di erosione su aree campione in presenza o in assenza dei solchi acquai, così come prescritti dalla Norma 1.1_(impegno a).

Al fine di un'indagine significativa si sono scelte 60 aree cerealicole (casi studio) nelle aree campione del controllo AGEA 2009 (Figura 1). Tali aree sono caratterizzate da un notevole rischio di erosione, in relazione al suolo, alla morfologia e al clima.

Le immagini satellitari ad alta risoluzione sono state messe a disposizione dal AGEA-SIN e l'analisi è stata condotta in ambiente ArcGIS applicando la RUSLE secondo una metodologia originale messa a punto per la presente indagine. La nuova metodologia simula la presenza dei solchi acquai sulle aree campione mediante l'affossamento del modello digitale delle quote in corrispondenza delle curve di livello distanziate 80 m le une dalle altre.

Gli strati usati nell'applicazione della metodologia sono: 1) Modello Digitale delle quote (DEM) su territorio nazionale a risoluzione 20 metri con estensione Fuso 32 (MATTM-Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare); 2) Raster dell'erosività della pioggia a maglia 75 m (P. Bazzoffi, *comunicazione personale*); 3) Strato vettoriale dell'erodibilità del suolo (dal progetto BADASUOLI; E. Costantini, *comunicazione personale*).

Ai fini della valutazione in oggetto, i fattori richiesti dalla USLE sono stati così determinati:

- **fattore R:** cartografia digitale in formato raster dell'erosività delle piogge con maglia di 75 m (P. Bazzoffi, *comunicazione personale*);
- **fattore K:** cartografia digitale vettoriale dell'erodibilità del suolo (progetto BADASUOLI, E. Costantini, *comunicazione personale*);
- **fattore C:** in assenza di informazioni dettagliate sull'uso del suolo nelle aree di studio, è stato posto pari a 0,12, valore che si può considerare rappresentativo di un generico utilizzo a seminativi;
- **fattore P:** in assenza di specifiche informazioni dettagliate è stato posto pari a 1;
- **fattore LS:** a differenza dei precedenti, il fattore LS è direttamente influenzato dalla presenza dei solchi acquai temporanei previsti dalla Norma 1.1. Per tale motivo, il punto focale del presente lavoro è stato il calcolo del fattore LS in assenza di solchi acquai e ipotizzando la presenza.

Rispetto alla formulazione originaria della USLE, attualmente si tende a calcolare il fattore LS in maniera più complessa e aderente alla realtà morfologica del processo di scorrimento superficiale. In particolare è molto utilizzato il concetto di "Flow Accumulation" (o anche "Catchment Area", ovvero "Area del bacino sotteso") (Moore and Burch, 1986; Mitasova *et al.*, 1995; Desmet e Govers, 1996).

Dalla formulazione di Mitasova, ampiamente utilizzata, si ricava il fattore LS nel seguente modo:

$$LS = (\text{FlowAccumulation} \cdot \text{CellSize}/22,13)^{0,4} \cdot ((\sin(\text{Slope} \cdot 0,001745)/0,09)^{1,4}) \cdot 1,4 \quad (\text{eq. 2})$$

dove

FlowAccumulation è calcolata con ArcHydro Tools di ArcGis 9.3;

CellSize indica la dimensione in metri della griglia del DEM utilizzato;

Slope è l'inclinazione della cella espressa in gradi.

I risultati ottenuti con la formulazione di Mitasova sono però poco accurati per pendenze dei versanti elevate. Per tale motivo si è preferito adottare la formulazione proposta da Nearing (1997), che, pur rimanendo concettualmente analoga a quella di Mitasova, se ne differenzia per il diverso metodo di calcolo del termine dell'equazione che considera l'inclinazione del pendio.

Utilizzando la formulazione di Nearing il fattore LS è così calcolato:

$$LS = (\text{FlowAccumulation} \cdot \text{CellSize}/22,13)^{0,4} \cdot (1,5 + 17 / (1 + \exp(2,3 - 6,1 \cdot \sin([\text{slope}] \cdot 3,14/180)))) \quad (\text{eq. 3})$$

Per simulare la presenza di solchi acquai, equidistanti 80 m sul piano campagna, sono stati utilizzati gli strumenti di DEM Manipulation e Terrain Preprocessing presenti in ArcHydro Tools di ArcGis. Il risultato di questo processo è un nuovo DEM in cui è simulata la presenza dei solchi acquai sulle aree campione mediante l'affossamento di 1 m delle quote del modello digitale originale in corrispondenza delle curve di livello distanziate 80 m le une dalle altre. Per affossare il DEM a 20m lungo le curve di livello è stato necessario un ricampionamento del DEM a 1 metro.

Per ricavare l'equidistanza delle curve di livello corrispondenti a una



Figura 1. Localizzazione delle 60 aree-studio. I numeri indicano quante aree studio sono localizzate nei pressi dei siti indicati con i triangoli.

distanza inclinata pari a 80 metri [in applicazione dello Standard 1.1(impegno a)] si è utilizzata la pendenza media dell'area in esame e tale valore si è utilizzato nella seguente formula:

$$\text{Equidistanza curve (m)} = 80 \cdot (\sin(\alpha/180 \cdot \pi)) \quad (\text{eq. 4})$$

dove α è la pendenza media dell'area in gradi sessagesimali.

Utilizzando un foglio di calcolo Microsoft Excel la formula per ricavare l'equidistanza è la seguente:

$$=80 \cdot (\text{SEN}(A2/180 \cdot \text{PI.GRECO})) \quad (\text{eq. 5})$$

In questo modo è stato possibile calcolare la perdita di suolo utilizzando il fattore LS in assenza di solchi acquai. Successivamente, mantenendo invariati gli altri fattori ed utilizzando il fattore LS ottenuto simulando la presenza di solchi acquai, si è ottenuto il valore di erosione in attuazione dello Standard 1.1(impegno a).

Nella Figura 2 viene mostrata la comparazione del rischio di erosione su una delle aree studio, ottenuta mediante la procedura RUSLE

applicata simulando la presenza o l'assenza dei solchi acquai distanziati 80 m. Si è utilizzata la distanza di 80 m in quanto è la massima consentita dalla Norma 1.1.

Nella Tabella 1 vengono illustrati i valori di perdita di suolo stimati nelle aree di studio, in assenza e in presenza di solchi acquai temporanei. Complessivamente, nelle 60 aree di studio, la presenza dei solchi acquai temporanei farebbe diminuire l'erosione mediamente del 67% e questo risultato è in accordo con il valore di riduzione dell'erosione osservata sulle parcelle idrologiche attrezzate a Vicarello e con rilievo UAV-GIS, rispettivamente dell'84,4% e del 41,7% (Bazzoffi, 2015; Bazzoffi *et al.*, 2015).

Dall'applicazione del modello risulta che in 22 aree di studio le perdite di suolo in presenza di solchi rientrerebbero entro la soglia di tollerabilità di $6 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$ fissato dall'OCSE(2001), in 17 risulterebbero comprese fra il limite OCSE e il limite USDA (ossia tra 6 e $11,2 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$) (Schertz e Nearing, 2005); nei restanti 21 casi le perdite di suolo, pur risultando superiori al limite USDA ($11,2 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$) non raggiungerebbero valori catastrofici (valore massimo $34,2 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$).

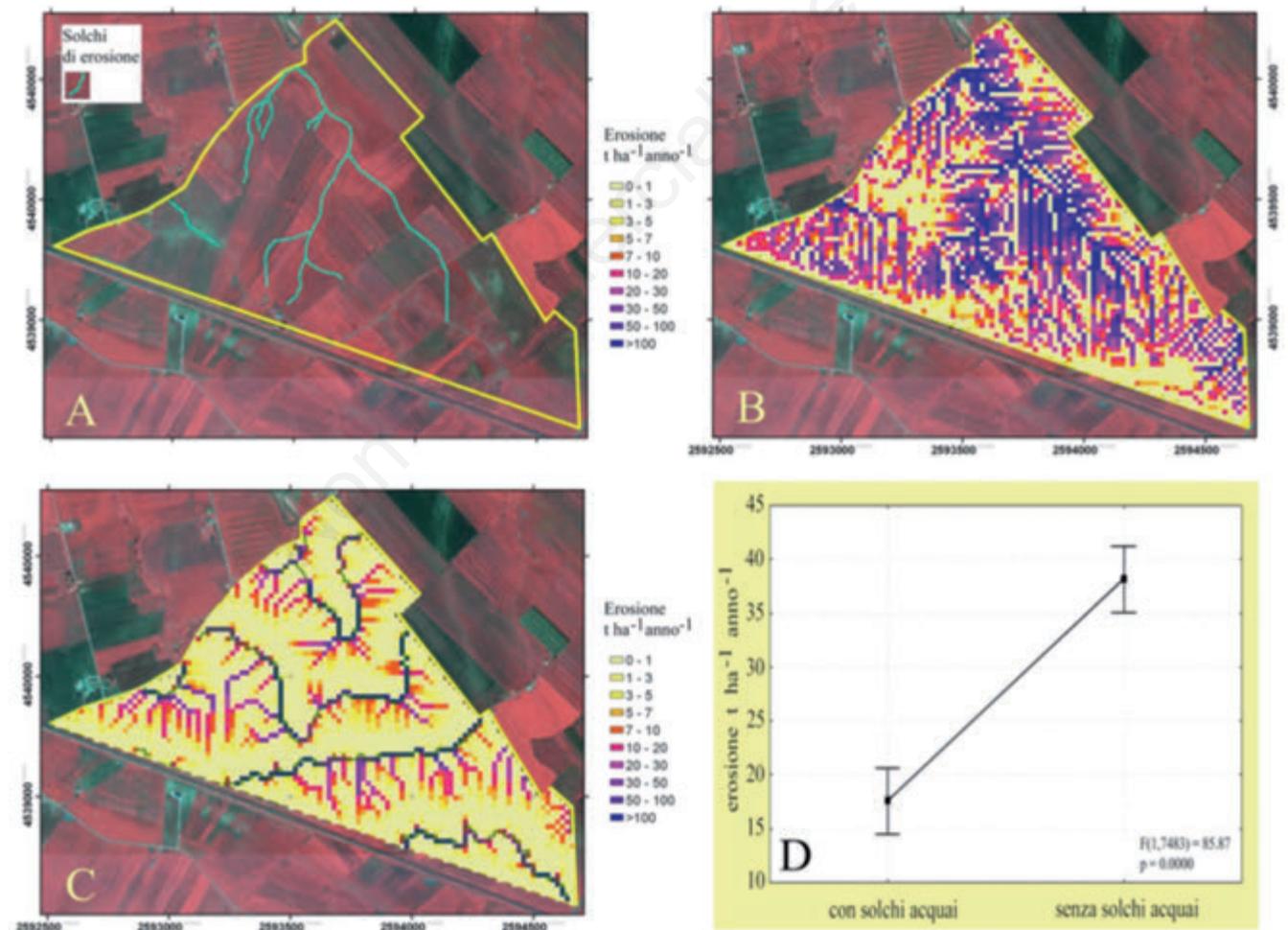


Figura 2. Comparazione del rischio di erosione su una delle aree campione del controllo AGEA 2009, ottenuta mediante la procedura RUSLE simulando l'assenza o la presenza dei solchi acquai distanziati 80 m. A) Immagine satellitare con evidenziati i rigagnoli di erosione sviluppatasi nel periodo autunno-vernino 2008-2009. B) Rischio di erosione senza solchi acquai. C) Rischio di erosione con solchi acquai. D) Confronto statistico sui valori di erosione associati alle celle del raster.

Tabella 1. Caratteristiche delle 60 aree di studio e risultati dell'applicazione del modello RUSLE in assenza e in presenza di solchi acquai temporanei distanziati 80 m.

Provincia e codice dell'area di studio	Superficie (ha)	Fattore K erodibilità del suolo (Mg ha h ha ⁻¹ mj ⁻¹ mm ⁻¹)	Fattore R erosività della pioggia (mj mm ha ⁻¹ h ⁻¹ anno ⁻¹)	Fattore Colturale C (adimensionale)	Pendenza media (%)	Erosione in assenza di solchi acquai (t ha ⁻¹ anno ⁻¹)	Erosione in presenza di solchi acquai (t ha ⁻¹ anno ⁻¹)	Riduzione dell'erosione per effetto dei solchi acquai (t ha ⁻¹ anno ⁻¹)	Riduzione dell'erosione per effetto dei solchi acquai (%)	Significatività statistica della diminuzione dell'erosione (con solchi vs senza solchi)
AG_1	26,6	0,022	1656	0,12	19,5	30,8	6,2	24,7	80,0	**
AG_2	51,9	0,022	1618	0,12	13,8	19,1	7,8	11,3	59,3	**
AR_1	11,1	0,035	2041	0,12	9,2	20,7	6,6	14,0	67,9	**
AR_2	9,7	0,035	1951	0,12	6,4	15,3	5,2	10,0	65,7	**
BA_2	40,5	0,035	1155	0,12	4,7	6,0	1,7	4,3	71,4	**
BA_4	23,4	0,033	1091	0,12	4,3	4,5	1,3	3,2	71,0	**
BA_5	15,5	0,018	1235	0,12	8,5	4,7	1,7	3,0	63,4	**
BN_1	6,2	0,022	1900	0,12	11,3	12,2	5,3	7,0	57,0	**
BN_2	27,4	0,022	2457	0,12	9,8	29,6	8,5	21,2	71,4	**
BN_3	23,2	0,022	2566	0,12	13,0	33,2	13,6	19,6	59,0	**
BN_4	4,8	0,022	2010	0,12	11,2	12,1	5,2	6,9	57,0	**
BO_1	16,0	0,059	1736	0,12	15,3	52,3	18,7	33,6	64,3	**
BO_2	21,5	0,059	1669	0,12	10,8	31,4	13,8	17,6	55,9	**
BO_3	6,4	0,053	1596	0,12	16,6	45,3	10,6	34,7	76,6	**
CB_1	49,2	0,035	1032	0,12	10,2	14,8	4,1	10,7	72,2	**
CB_3	53,1	0,027	1090	0,12	10,6	11,7	3,0	8,6	74,0	**
CB_4	97,4	0,022	1013	0,12	16,1	17,7	4,5	13,2	74,7	**
CB_5	48,4	0,022	1107	0,12	7,5	7,6	2,0	5,6	74,1	**
CB_6	24,6	0,022	1150	0,12	11,7	12,6	3,7	8,9	70,5	**
CB_7	16,7	0,022	1445	0,12	12,6	13,9	5,2	8,6	62,2	**
CB_8	23,5	0,022	1643	0,12	13,5	21,1	7,6	13,6	64,1	**
CB_9	34,3	0,022	1670	0,12	7,6	8,7	2,3	6,4	73,1	**
CS_1	4,8	0,034	2903	0,12	9,4	17,4	9,1	8,2	47,4	**
GR_1	19,9	0,035	2646	0,12	7,3	19,7	5,9	13,9	70,3	**
GR_2	22,1	0,039	2630	0,12	8,2	23,0	3,8	19,2	83,7	**
GR_3	16,7	0,047	2592	0,12	4,7	15,9	4,7	11,2	70,4	**
MT_1	9,4	0,036	1660	0,12	13,1	26,4	10,3	16,1	61,0	**
MT_2	32,0	0,040	1672	0,12	15,6	35,2	13,6	21,6	61,5	**
MT_3	50,3	0,059	1656	0,12	7,1	18,9	7,3	11,6	61,1	**
MT_4	9,9	0,052	1550	0,12	8,4	14,2	7,4	6,9	48,2	**
MT_5	12,8	0,035	1592	0,12	19,0	56,3	14,9	41,5	73,6	**
MT_6	11,6	0,018	1367	0,12	15,7	15,8	5,9	9,9	62,7	**
MT_7	70,1	0,033	1090	0,12	5,5	7,1	1,7	5,4	76,3	**
MT_9	27,3	0,035	1471	0,12	9,1	12,0	4,8	7,1	59,6	**
PE_1	6,5	0,035	1961	0,12	16,3	29,8	9,7	20,2	67,6	**
PE_2	10,8	0,047	1784	0,12	9,6	24,2	7,7	16,5	68,3	**
PE_3	45,0	0,039	1830	0,12	15,0	42,3	14,3	28,0	66,3	**
PE_4	5,9	0,035	2049	0,12	19,2	30,8	9,7	21,1	68,4	**
PG_1	17,1	0,059	2633	0,12	12,0	58,6	19,0	39,7	67,6	**
PG_2	18,4	0,059	2583	0,12	10,1	59,1	16,6	42,5	71,9	**
PG_3	22,1	0,059	2693	0,12	8,7	52,5	16,6	35,9	68,4	**
PI_1	42,7	0,035	2827	0,12	7,3	25,8	6,0	19,8	76,6	**
PI_2	39,7	0,035	2805	0,12	7,0	20,4	6,1	14,3	70,1	**
PI_3	54,3	0,035	2766	0,12	10,3	29,8	8,7	21,1	70,9	**

Continua nella pagina successiva.

Indicatori per la valutazione a scala geografica regionale dell'efficacia dello Standard 1.1 di condizionalità (solchi acquai temporanei)

I valori di erosione stimata per le 60 aree di studio sono stati messi in correlazione con le seguenti variabili di bacino:

Pendenza Media (%)

Pendenza Max. (%)

Fattore K ($\text{Mg ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$)

Fattore R ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ year}^{-1}$)

Superficie parcella (ha)

Si sono così ricavati due modelli (o indicatori) ad uso del valutatore indipendente, che consentono di stimare facilmente il rischio di erosione su seminativi (nell' ipotesi di coltivazione di un cereale a paglia autunno-vernino) in applicazione dello Standard 1.1_a (Fattuale, ovvero con esecuzione dei solchi acquai) e in caso di infrazione

Tabella 1. Continua dalla pagina precedente.

Provincia e codice dell'area di studio	Superficie (ha)	Fattore K erodibilità del suolo ($\text{Mg ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$)	Fattore R erosività della pioggia ($\text{mj mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ anno}^{-1}$)	Fattore Colturale C (adimensionale)	Pendenza media (%)	Erosione in assenza di solchi acquai ($\text{t ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$)	Erosione in presenza di solchi acquai ($\text{t ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$)	Riduzione dell'erosione per effetto dei solchi acquai ($\text{t ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$)	Riduzione dell'erosione per effetto dei solchi acquai (%)	Significatività statistica della diminuzione dell'erosione (con solchi vs. senza solchi)
PR_1	11,7	0,047	2556	0,12	12,1	56,8	20,6	36,2	63,7	**
PR_2	15,5	0,047	2544	0,12	10,6	37,5	12,8	24,7	65,8	**
PU_1	13,7	0,053	2654	0,12	17,2	71,3	21,5	49,8	69,9	**
PU_2	6,5	0,035	2821	0,12	17,9	46,9	13,1	33,8	72,1	**
PU_3	17,1	0,035	2824	0,12	20,1	72,7	19,6	53,1	73,1	**
PU_4	11,6	0,035	2761	0,12	25,5	89,2	34,2	55,0	61,6	**
PU_5	7,3	0,059	2745	0,12	18,0	118,3	30,2	88,1	74,5	**
PU_6	3,3	0,043	2753	0,12	13,0	26,8	14,7	12,1	45,2	**
PU_7	26,1	0,059	2736	0,12	20,2	114,4	27,9	86,5	75,6	**
PU_8	25,1	0,058	2714	0,12	18,6	135,3	31,3	103,9	76,8	**
PZ_1	112,1	0,035	1490	0,12	3,6	9,0	2,1	6,9	77,1	**
PZ_2	110,0	0,035	1479	0,12	4,4	10,9	2,0	8,9	81,9	**
TE_1	5,4	0,047	1747	0,12	9,7	18,9	7,4	11,4	60,5	**
TE_2	11,9	0,035	1713	0,12	21,1	44,0	19,6	24,5	55,5	**
TE_3	19,4	0,035	1703	0,12	14,9	35,7	12,8	22,9	64,2	**
TE_4	13,0	0,035	1700	0,12	10,8	24,6	6,8	17,8	72,3	**
Medie generali	26,5		32,9	10,3	22,6	67,4				

Tabella 2. Riepilogo della regressione e analisi della varianza per il modello Fattuale (con solchi acquai).

Modello F (Fattuale- con solchi acquai)

Riepilogo Regressione Variabile Dipendente ($\text{Mg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$):

$R= 0,93016835$ $R^2= 0,86521316$ R^2 Aggiustato= $0,85273290F(5,54)=69,327$ $P<0,0000$ Err.Standard di stima: 2,989

n=60	Beta	Err.Std. di Beta	B	Err.Std. di B	t(54)	P-level
Intercetta			-19,806778	2,100483	-9,429632	0,000000
Pendenza media (%)	0,7800	0,0854	1,236061	0,135400	9,128932	0,000000
Pendenza max. (%)	-0,1671	0,0805	-0,116686	0,056209	-2,075953	0,042674
Fattore K ($\text{Mg ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$)	0,4217	0,0546	262,762261	34,040582	7,719088	0,000000
Fattore R ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ year}^{-1}$)	0,3145	0,0587	0,004063	0,000758	5,357060	0,000002
Superficie parcella (ha)	0,1183	0,0626	0,038381	0,020318	1,889020	0,064264

Analisi varianza

	Somme quadrati	gl	Media quadrati	F	P-level
Regress.	3098,248	5	619,6496	69,32652	0,000000
Residui	482,659	54	8,9381		
Totale	3580,907				

(Controfattuale, ovvero senza esecuzione dei solchi acquai).

Il due modelli sono i seguenti:

MODELLO F (Fattuale - con solchi acquai)

$$t \text{ ha}^{-1} \text{ anno}^{-1} = -19,807 + 1,236 \cdot \text{Pend. Media (\%)} - 0,1167 \cdot \text{Pend. Massima (\%)} + 262,76 \cdot K + 0,004063 \cdot R + 0,038 \cdot \text{ha} \quad (\text{eq. 6})$$

MODELLO CF (ControFattuale - senza solchi acquai)

$$t \text{ ha}^{-1} \text{ anno}^{-1} = -79,641 + 3,681 \cdot \text{Pend. Media (\%)} - 0,0653 \cdot \text{Pend. Massima (\%)} + 978,77 \cdot K + 0,0145 \cdot R + 0,074 \cdot \text{ha} \quad (\text{eq. 7})$$

Il riepilogo della regressione e l'analisi della varianza per i due modelli sono riportati nelle Tabelle 2 e 3.

Valutazione del potenziale di mitigazione dell'erosione degli impegni della Misura 10 (Pagamenti agro-climatico-ambientali) dei PSR 2014-2020

La misura 10 dello Sviluppo Rurale 2014-2020 si articola in SOTTO-MISURE le quali a loro volta si articolano in INTERVENTI che sono specifici per ciascuna Regione. Ciascun intervento contiene il dettaglio degli IMPEGNI (o azioni) che il beneficiario dei pagamenti compensativi si impegna ad adottare.

Diversi impegni della M10 impattano sulla copertura vegetale e sulla gestione del suolo. Ne deriva che la valutazione dell'efficacia della misura 10 nella protezione del suolo dall'erosione può essere fatta uti-

Tabella 3. Riepilogo della regressione e analisi della varianza per il modello Controfattuale (senza solchi acquai).

Modello CF (Controfattuale - senza solchi acquai)						
Riepilogo Regressione Variabile Dipendente (Mg ha ⁻¹ year ⁻¹):						
R= 0,90010419 R ² =0,81018756 R ² Aggiustato= 0,79261233 F(5,54)=46,098 P<0,00000 Err.Standard di stima: 12,705						
n=60	Beta	Err.Std. di Beta	B	Err.Std. di B	t(54)	P-level
Intercetta			-79,6411	8,9266	-8,92177	0,000000
Pendenza media (%)	0,648682	0,101398	3,6812	0,5754	6,39736	0,000000
Pendenza max. (%)	-0,026131	0,095544	-0,0653	0,2389	-0,27350	0,785510
Fattore K (Mg ha h ha ⁻¹ MJ ⁻¹ mm ⁻¹)	0,438616	0,064829	978,7714	144,6653	6,76577	0,000000
Fattore R (MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹ year ⁻¹)	0,313126	0,069668	0,0145	0,0032	4,49454	0,000037
Superficie (ha)	0,165003	0,074328	0,1917	0,0863	2,21992	0,030643

Analisi varianza					
	Somme quadrati	gl	Media quadrati	F	P-level
Regress.	37207,98	5	7441,596	46,09827	0,000000
Residui	8717,16	54	161,429		
Totale	45925,15				

Tabella 4. Valori medi annui del fattore culturale C e del fattore P (pratiche conservative) dell'equazione RUSLE desunti dalla letteratura scientifica internazionale.

Tipo di coltura e gestione	Fattore C (annuale)
Suolo nudo	
Suolo arato e preparato per la semina (senza residui di colture precedenti) (Wischmeier e Smith, 1978)	1
Cereali a paglia e soia	
Cereali a paglia (a semina autunnale o primaverile) e soia su quantità bassa di residui colturali (Stone e Hilborn, 2012)	0,12
Soia e cereali a paglia (a semina autunnale o primaverile) su abbondanti residui colturali (Stone e Hilborn, 2012)	0,09
Frutteti e altre arboree	
Frutteti a vaso m 8x8 a chiome molto coprenti (valore per la parte sottochioma) (Rousseva, 2004)	0,42
Frutteti a vaso m 8x8 a chiome molto coprenti (valore medio per tutto il frutteto) (Rousseva, 2004)	0,30
Frutteti a palmetta (Rousseva, 2004)	0,39
Patata (e similari) V	
Patata (e similari) dopo cereali a paglia con aratura estiva	0,35

Continua nella pagina successiva.

Tabella 4. Continua dalla pagina precedente.

Tipo di coltura e gestione	Fattore C (annuale)
Mais da insilato (Stone e Hilborn, 2012)	
Mais da insilato che segue mais o cereali a paglia, aratura primaverile	0,3
Mais da insilato che segue cereali a paglia, aratura estiva	0,33
Mais da insilato che segue cereali a paglia, con 10% residui	0,23
Mais da insilato che segue cereali a paglia, con 30% residui	0,12
Mais da insilato che segue colture a righe, aratura primaverile	0,3
Mais da insilato che segue colture a righe, aratura estiva	0,34
Mais da insilato che segue colture a righe, 10% residui	0,21
Mais da insilato che segue colture a righe, 30% residui	0,17
Mais da insilato che segue colture a righe, con applicazione primaverile di letame	0,24
Mais da insilato che segue foraggera, aratura primaverile	0,18
Mais da insilato che segue foraggera, aratura estiva	0,20
Mais da insilato con cover crop invernale che segue cereali a paglia, aratura primaverile	0,26
Mais da insilato con cover crop invernale che segue colture a righe, aratura primaverile	0,24
Mais da insilato con cover crop invernale che segue colture a righe, 10% residui	0,17
Mais da insilato con cover crop invernale che segue colture a righe, con applicazione primaverile di letame	0,16
Mais da insilato con cover crop invernale che segue foraggera, aratura primaverile	0,14
Mais da insilato con file intervallate di loiessa, che segue mais o patata (e similari)	0,19
Mais da insilato con file intervallate di loiessa, che segue mais con file intervallate di loiessa	0,12
Mais da insilato con file intervallate di loiessa, che segue cereali a paglia o soia	0,17
Mais da insilato con file intervallate di loiessa, che segue mais con file intervallate di loiessa	0,09
Mais da insilato semina senza lavorazione su cover-crop invernale	0,11
Mais da insilato semina senza lavorazione su sodo ben affermato	0,05
Mais da insilato semina senza lavorazione su sodo, secondo anno	0,15
Mais da insilato semina senza lavorazione su sodo, dopo secondo anno	0,18
Mais da granella (Stone e Hilborn, 2012)	
Mais da granella che segue mais o cereali a paglia, aratura primaverile	0,21
Mais da granella che segue mais o cereali a paglia, aratura estiva	0,28
Mais da granella che segue mais o cereali a paglia, con 10% residui	0,15
Mais da granella che segue mais o cereali a paglia, con 30% residui	0,08
Mais da granella che segue colture a righe, aratura primaverile	0,18
Mais da granella che segue colture a righe, aratura estiva	0,24
Mais da granella che segue colture a righe, 10% residui	0,10
Mais da granella che segue colture a righe, 30% residui	0,07
Mais da granella che segue colture a righe, con applicazione primaverile di letame	0,13
Mais da granella che segue foraggera, aratura primaverile	0,11
Mais da granella che segue foraggera, aratura estiva	0,18
Girasole-barbabetola-tabacco-pomodoro (Rousseva, 2004)	
Girasole	0,32
Barbabetola	0,34
Tabacco	0,71
Orticole	
Lenticchia (Sonneveld e Nearing, 2003)	0,39
Fagioli (Stone and Hilborn, 2000)	0,5
Pisello (Sonneveld e Nearing, 2003)	0,32
Pomodoro (Sonneveld e Nearing, 2003)	0,3
Altre orticole (Neitsch <i>et al.</i>, 2000)	
Orticole miste dopo orticole miste	0,5
Orticole miste dopo cover crop invernale	0,42
Cavolo dopo colture a righe	0,29
Cavolo con cover crop invernale dopo colture a righe	0,25
Cavolo con aratura primaverile o con residui dopo foraggera	0,16
Cavolo con aratura primaverile o con residui o con cover crop invernale dopo foraggera	0,24
Cavolo dopo foraggera con aratura estiva	0,24
Cavolo dopo cover crop che segue foraggera, aratura estiva	0,18
Rape dopo patata (e similari)	0,30
Rape dopo cover crop invernale che segue patata (e similari)	0,26
Meloni/angurie dopo foraggera, aratura estiva	0,2
Meloni/angurie dopo foraggera o cover crop invernale, aratura primaverile	0,16
Meloni/angurie dopo meloni/angurie con cover crop invernale	0,24
Meloni/angurie con 10 di residui, dopo meloni/angurie pacciamati	0,17
Piantagione in sequenza di lattuga, dopo cover crop di loiessa, aratura primaverile	0,16
Carote dopo foraggera, aratura estiva	0,30

Continua nella pagina successiva.

Tabella 4. Continua dalla pagina precedente.

Tipo di coltura e gestione	Fattore C (annuale)
Altre orticole (Neitsch <i>et al.</i> , 2000)	
Carote dopo cover crop che segue foraggiera, aratura estiva	0,24
Carote dopo cereali a paglia, aratura estiva	0,50
Carote dopo cereali a paglia, aratura primaverile	0,46
Cipolle dopo cover crop che segue cereali a paglia, aratura primaverile	0,40
Cipolle dopo cover crop che segue cereali a paglia, aratura primaverile e 30% di residui	0,26
Foraggere	
1° anno - Foraggiera, semina diretta primaverile o estiva su quantità elevata di residui colturali	0,14
1° anno - Foraggiera, semina diretta primaverile su bassa quantità di residui colturali	0,15
1° anno - Foraggiera, semina diretta primaverile su quantità elevata di residui colturali	
2° anno e successivi foraggiera (se ben sviluppata)	0,01
Medica dopo 2° anno	0,03
Favetta (Sonneveld e Nearing, 2003)	
Favetta (da erbaio, da granella o da sovescio) semina autunnale	0,25
Prato stabile (Sonneveld e Nearing, 2003)	
Prato stabile misto in ottimo stato	0,005
Piante da fibra (Sonneveld e Nearing, 2003)	
Lino	0,48
Pratiche conservative (gestionali) del suolo (P) (Stone e Hilborn, 2012)	
Lavorazione e semina a rittochino	Fattore P (annuale) 1
Lavorazione e semina in traverso	0,75
Aratura estiva-autunnale e successiva preparazione del letto di semina con amminutamento del suolo	1
Aratura primaverile e preparazione del letto di semina con amminutamento del suolo	0,85
Lavorazione con ripuntatore o altri strumenti conservativi (chisel)	0,65
Semina su residui (mulch tillage)	0,6
Presenza di drenaggio tubolare profondo	0,8
Coltivazione a strisce non livellari (in traverso)	0,37
Coltivazione con semina sui culmi dell'assolcatura dell'anno precedente (ridge tillage)	0,35
Semina dopo discatura	0,3
Culture alternate fra le righe (intercropping)	0,8
Culture alternate fra le righe copertura densa (intercropping)	0,7
Semina mediante disco assolcatore (zone tillage)	0,25
Semina su sodo	0,2
Applicazione artificiale di mulch (paglie, ecc.)	0,6

lizzando il modello RUSLE, modificando il fattore C (copertura del suolo dovuto alla coltura) e attribuendo un valore adeguato al fattore P (pratiche gestionali finalizzate alla protezione del suolo).

Il valutatore indipendente potrà valutare l'efficacia degli impegni della M10 utilizzando i due suddetti modelli (1) e (2) facendo variare il fattore C (fattore Copertura vegetale) in relazione ad una coltura praticata, A tal fine, si suggerisce di operare come segue:

Si applicheranno le due equazioni: Fattuale (F) e Controfattuale (CF) in ambiente GIS ai poligoni del Land Parcel System che identificano le aree a seminativo a rischio di erosione e per le quali il beneficiario del pagamento unico ha l'obbligo di applicazione dello standard 1,1 di condizionalità e per le quali ha aderito alla M10 con impegni che modificano la copertura del suolo (fattore C) o la gestione del suolo, In questo modo si otterrà il valore del rischio di erosione in condizioni F e CF.

Il risultato delle due equazioni verrà diviso per 0,12 (che è il valore del fattore C utilizzato per ricavare l'erosione media annua sulle 60 aree campione), ottenendo il valore dell'erosione in assenza di vegetazione nelle due condizioni F e CF.

I valori così ottenuti verranno moltiplicati per il fattore colturale C appropriato per la coltura in esame e per il fattore P (pratiche conservative), In assenza di misure sperimentali dirette dei valori da attribuire ai fattori C e P si potrà fare riferimento ai valori riportati in Tabella 4, desunti dalla letteratura scientifica internazionale.

Bibliografia

- Bazzoffi P, 2015. Measurement of rill erosion through a new UAV-GIS methodology. *Ital. J. Agron.* 10(s1):708.
- Bazzoffi P, Ciancaglini A, Laruccia N, 2011. Effectiveness of the GAEC cross compliance standard Short-term measures for runoff water control on sloping land (temporary ditches and grass strips) in controlling soil erosion. *Ital. J. Agron.* 6(s1):e3.
- Bazzoffi P, Francaviglia R, Neri U, Napoli R, Marchetti A, Falcucci M, Pennelli B, Simonetti G, Barchetti A, Migliore M, Fedrizzi M, Guerrieri M, Pagano M, Puri D, Sperandio G, Ventrella D, 2015. Efficacia ambientale degli Standard di condizionalità 1.1a (Solchi acquai temporanei) e 1.2 g (Copertura vegetale durante tutto l'anno nei seminativi ritirati dalla produzione) nella riduzione dell'erosione del suolo e valutazione del differenziale economico di competitività a carico delle aziende agricole. *Ital. J. Agron.* 10(s1):710.
- Desmet P. J. J., Govers G. 1996. A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units, *J. Soil and Water Cons.*, 51(5), 427-433.
- Gobin A, Govers G, Kirkby MJ, Le Bissonnais Y, Kosmas C, Puigdefabregas J, Van Lynden G, Jones RJA, 1999. PESERA Project Technical Annex, European Commission.
- Mitasova H, Mitas L, Brown BM, Gerdes DP, Kosinovsky I, 1995.

- Modeling spatially and temporally distributed phenomena: new methods and tools for GRASS GIS. *Int. J. Geogr. Inf. Sci.* 9:443-446.
- Moore I, Burch G, 1986. Physical basis of length-slope factor in the universal soil loss equation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50:1294-1298.
- Neitsch SL, Arnold JG, Kiniry JR, Srinivasan R, Williams JR, 2002. Soil and water assessment tool user's manual, ver. 2000. GSWRL Report 02-02, BRC Report 02-06, TR-192. Texas Water Resources Institute, College Station, TX, USA.
- OCSE, 2001. Environmental indicators for agriculture. Methods and results. *Agriculture and Food*. Vol. 3. OECD, Paris, France.
- Renard KG, Foster GR, Weesies GA, McCool DK, Yoder DC, 1997. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). *Agriculture Handbook 703*, US Department of Agriculture.
- Rousseva S, 2004. Ideas for physical interpretation of the USLE. In: D.M. Gabriels, D.R. Ghirardi, I. Nielsen, S. Pla and E.L. Skidmore (eds.) *Invited Presentations, College on Soil Physics. ICTP Lecture notes 18:309-320*. http://users.ictp.it/~pub_off/lectures/Ins01826Rousseva1.pdf
- Schertz DL, Nearing MA, 2005. Erosion tolerance/soil loss tolerance. In: R. Lal. (ed.) *Encyclopedia of Soil Science*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, pp 640-2.
- Sonneveld B, Nearing M, 2003. A nonparametric/parametric analysis of the Universal Soil Loss Equation. *Catena* 52:9-21.
- Stone PR, Hilborn D, 2012. Universal Soil Loss Equation (USLE). Factsheet Agdex #572/751. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Ontario, Canada. Site web: <http://www.omafra.gov.on.ca/english/engineer/facts/12-051.htm>
- Wischmeier WC, Smith DD, 1978. Predicting rainfall erosion losses - A guide to conservation planning. *Agricultural Handbook No. 537*. US Department of Agriculture, Washington, DC, USA.

Non commercial use only