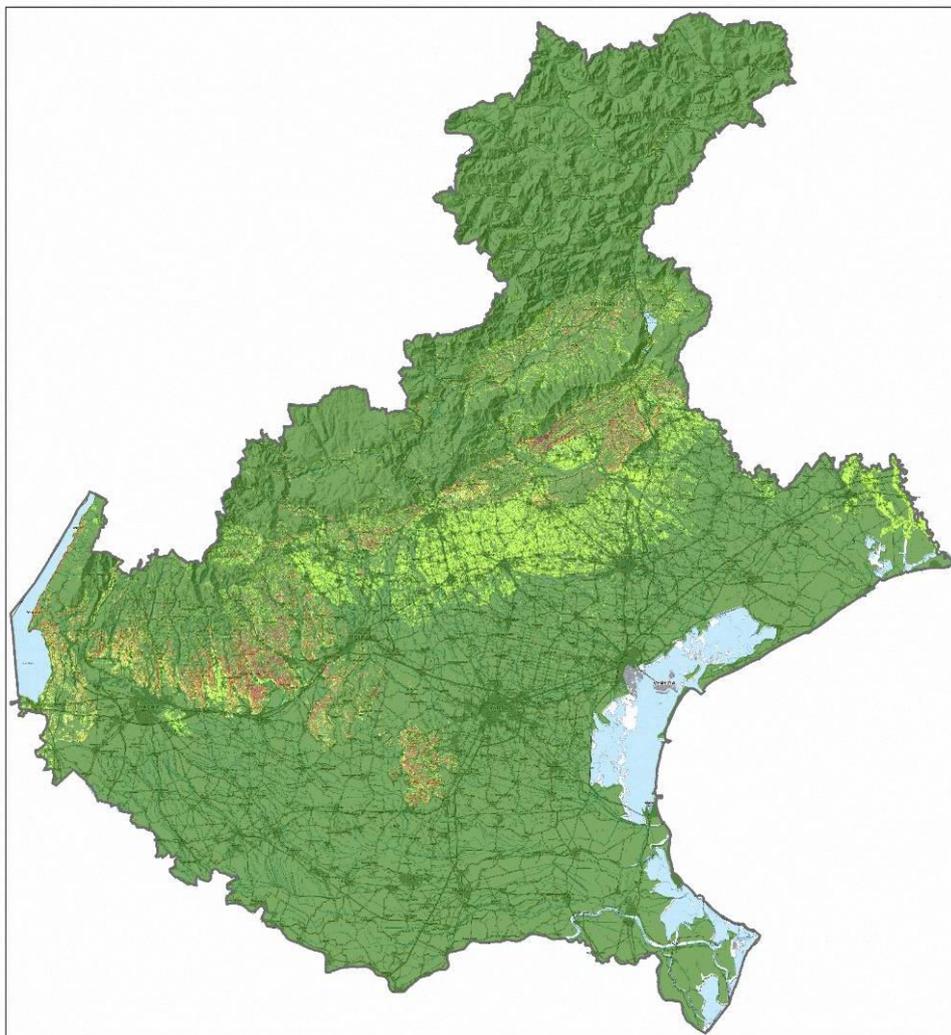


VALUTAZIONE DEL RISCHIO D'EROSIONE PER LA REGIONE VENETO



6 *Aggiornamento 2017*

1. INTRODUZIONE

In questa relazione si fa riferimento alla versione precedentemente elaborata da ARPAV di "VALUTAZIONE DEL RISCHIO D'EROSIONE PER LA REGIONE VENETO", giugno 2008". Vengono qui messi in evidenza solo gli aspetti approfonditi, aggiornati e/o cambiati rispetto all'elaborazione precedente, riassumendo solo i dettagli metodologici e tecnici. Per gli aspetti teorici, descrittivi dei vari modelli e per le definizioni dei vari fattori coinvolti nelle elaborazioni, si rimanda alla relazione suddetta.

L'aggiornamento del rischio di erosione è stato elaborato in seguito alla disponibilità di una maggior quantità e miglior qualità di dati sui suoli e di carte tematiche a maggior dettaglio (Carta della Copertura del Suolo in scala 1:10.000, DTM a 30m). L'approfondimento riguarda l'applicazione del modello USLE, considerato già nella versione precedente, il più affidabile.

2. L'APPROCCIO MODELLISTICO

Dato che nel territorio regionale non esiste una rete di monitoraggio dell'erosione, la valutazione del rischio d'erosione è stata ottenuta mediante modelli che consentono una definizione sia quantitativa che qualitativa del fenomeno. I risultati dell'applicazione dei modelli sono da considerare come un primo *screening* per l'identificazione di aree a rischio su cui si potrà operare in seguito, con un monitoraggio che preveda misure a terra.

La scelta dei modelli è stata guidata principalmente da due fattori:

- dati di input richiesti dal modello e loro disponibilità nelle banche dati regionali;
- diffusione dei modelli e possibilità di confronto con loro precedenti applicazioni.

Tabella 2: Sintesi delle caratteristiche dei principali modelli previsionali dell'erosione del suolo (Bazzoffi, 2007).

Modelli di erosione del suolo	Empirico/ Fisicamente basato/Parametrico	Eventi Singoli/Continui	Scala di Campo/Bacino/ Regione	Richiesta dati Bassa/Media/Alta	Complessità Bassa/Media/Alta	Integrazione GIS Bassa/Media/Alta	Difficoltà d'uso Bassa/Media/Alta
USLE (Wischmeier & Smith 1978)	E	S/C	C/B	M	M/A	A	M
EPIC/apex/almanac (Sharpley & Williams 1990)	E	C	C	M	M	B	M
RUSLE (Renard et al. 1991)	E	C	C/B	M	B	M	B
AGNPS (Young, R.A. et al. 1989).	E	S/C	C/B	M	B	A	B
MUSLE (Williams, 1975)	E	S	C/B	M	B	B	M
USPED (Mitasova et al. 1996),	E	C	C/B	M	M	M	B
CREAMS (Knisel, 1980)	F	S/C	C	A	M	B	A
SWRRB (Arnold et al.1990)	F	C	W	M	M	B	B
PSIAC (1968)	E	C	L	B	B	M	A
SPUR (Hanson et al. 1992)	F	C	C/B	M	A	B	A
SWAT/HUMUS (Arnold et al. 1995)	F	C	B/L	M	M/A	A	M
GLEAMS 2.1 (Knisel, 1993)	F	C	C	A	M	M	A
CASC2D (Julien & Saghafian 1991).	F	S/C	B	M	M	A	B
MULTSED (Simons et al. 1980)	F	S	B	A	A	B	A
ARMSD (Riggins et al 1989)	F	S	B	A	A	B	A
WEPP prof/basin (Flanagan & Nearing 1995)	F	C	C/B	M	M	B	M
SIMWE (Mitas & Mitasova, 1998)	F	S	C/B	M	M	A	M
ANSWERS (Beasley et al., 1980)	F	S	C/B	M	M	A	M
KINEROS (Woolhiser et al., 1990)	F	S	C/B	A	M	B	M
EUROSEM (Morgan et al.1993)	F	S	C/B	A	A	B	M
SHE (Abbott et al.1986a,b)	F	S/C	C/B	A	A	M	M
SEMME (De Jong & Riezebos 1997).	F	S	B/L	A	M	M	A
CSEP (Kirkby and Cox, 1995)	F	C	B/R	B	M	M	M
MEDRUSH (Kirkby, 1998)	F	C	B	A	A	A	M
EROSION3D (Werner et al., 1997)	F	S	F/B	A	A	A	M
ACRU (New & Schulze 1996)	E	C	F/B	A	A	B	A
PISA (Bazzoffi,1993; Bazzoffi et al. 1998)	E	C	B	B	B	A	B

AGQA (Ciccacci et al. 1987)	E	C	B	B	B	A	B
CORINE erosion (EEA, 1995)	P	C	R	B	B	A	B
PESERA (Kirby et al., 2004)	E	C	R	A	A	A	A

I tre modelli scelti per la Regione Veneto, sulla base della disponibilità dei dati di input e della diffusione dei modelli stessi sono:

- CORINE erosion;
- USLE (Universal Soil Loss Equation);
- PESERA (Pan European Soil Erosion Risk Assessment).

La scelta di applicare tre modelli predittivi, anziché uno solo, se da un lato ha portato ad un aggravio del lavoro, dall'altro è stata vista come l'unica possibilità per fare dei confronti tra risultati diversi che potessero fornire un inquadramento generale del fenomeno erosivo; ciò ha permesso di mettere in evidenza eventuali zone critiche e di fornire spunti di riflessione per un futuro approfondimento del fenomeno e si auspica, per progetti finalizzati alla raccolta di dati sperimentali con cui validare i risultati forniti dai modelli.

3. DESCRIZIONE DEI TRE MODELLI PRESCELTI

3.1. Corine Erosion

Con il programma CORINE (Coordination of Information on the Environment) la Commissione Europea prima, e l'Agenzia Europea per l'Ambiente poi, hanno definito una serie di strati informativi da realizzare, tra cui quelli del rischio d'erosione potenziale ed attuale, attraverso un modello previsionale di tipo qualitativo e parametrico. Esso prevede la redazione di una serie di carte suddivise in aree omogenee rispetto alle variabili che influenzano l'erosione; la classe di rischio di erosione è ottenuta mediante l'incrocio (moltiplicazione del valore delle classi sovrapposte) delle diverse carte. Essendo stato ideato per l'intera Europa, i parametri considerati in questo un modello, dovevano essere a disposizione per l'intero continente. L'uso del suolo ad esempio, non esistendo ancora il Corine Land Cover per tutta Europa, è semplificato a due sole classi. In figura 1 sono rappresentati i risultati del modello Corine Erosion applicato al territorio dell'Europa mediterranea, mentre lo schema logico del modello è riportato in figura 2.

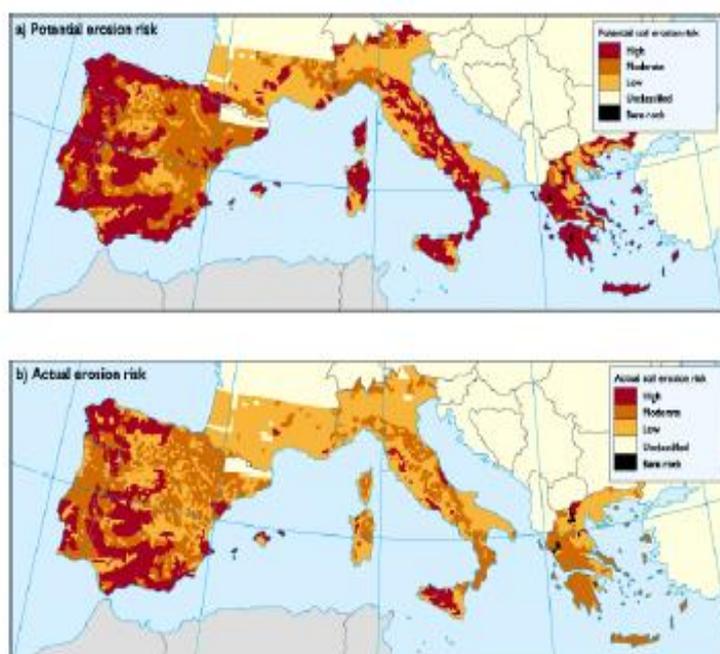


Figura 1: Applicazione del modello CORINE erosion all'Europa mediterranea.

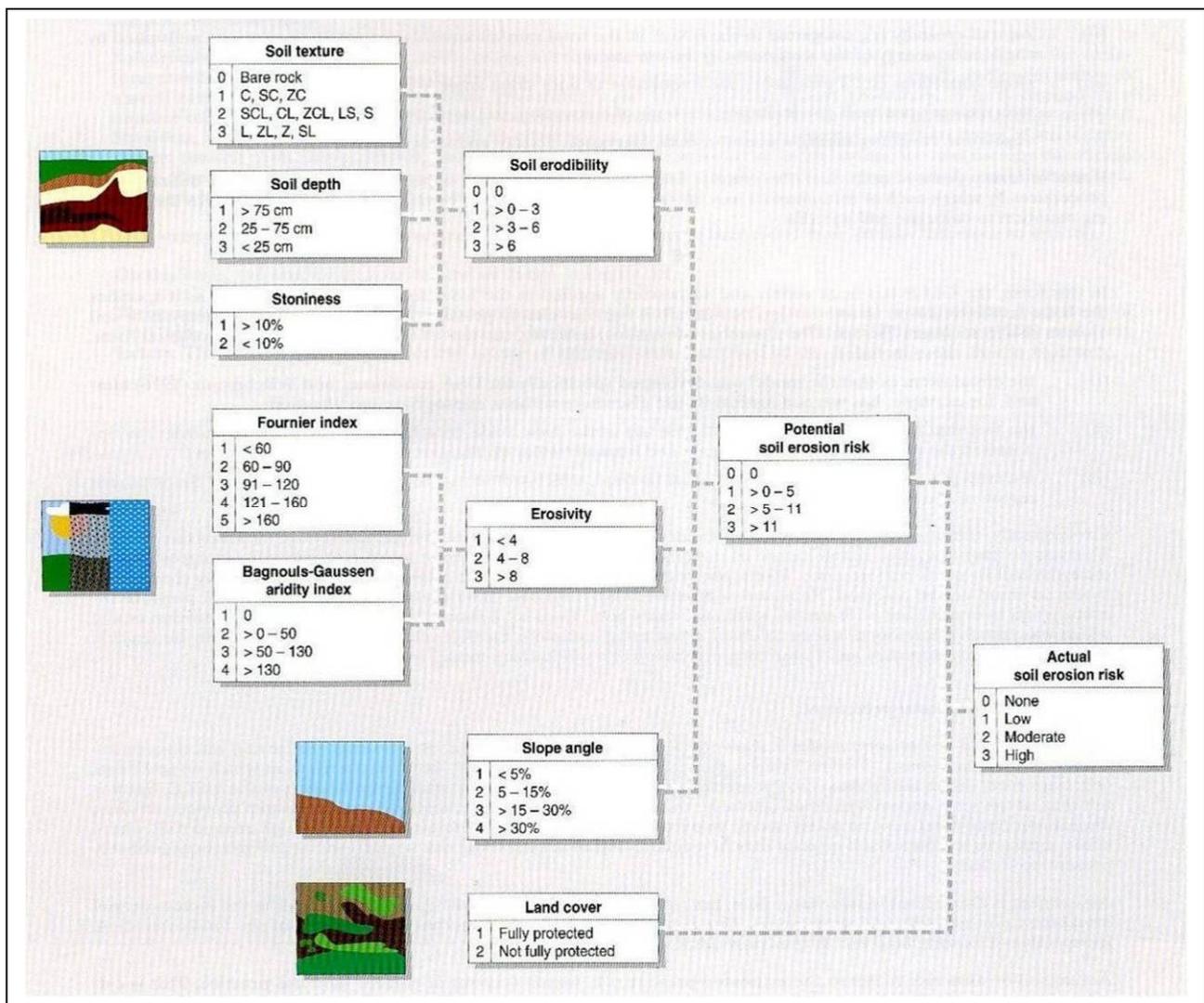


Figura 2: Schema del modello CORINE erosion.

3.2. USLE (Universal Soil Loss Equation)

Il modello USLE (Wischmeier e Smith, 1965, 1978) è uno dei modelli maggiormente applicati a livello mondiale ed è stato definito dall'USDA (United States Department of Agriculture). E' un modello quantitativo, fornisce quindi come output la stima (in tonnellate/ettaro/anno) della quantità di suolo che può essere asportata da fenomeni erosivi. Il modello è stato realizzato e definito attraverso misure dirette in campo (parcelle di Wischmeier) e gli algoritmi utilizzati sono stati individuati quindi per via empirica. Le misure in campo sono state effettuate nelle grandi pianure americane su circa 2000 parcelle in condizioni standard (pendenza 9%, lunghezza 22,6 m, suolo nudo). Quanto più ci si allontana da tali condizioni, tanto più il risultato del modello diventa inaffidabile. Questa può essere una limitazione nell'applicazione del modello nei territori collinari e/o montani, dove parametri quali la pendenza e la lunghezza del versante, molto diverse da quelle delle parcelle standard, influenzano notevolmente il risultato finale.

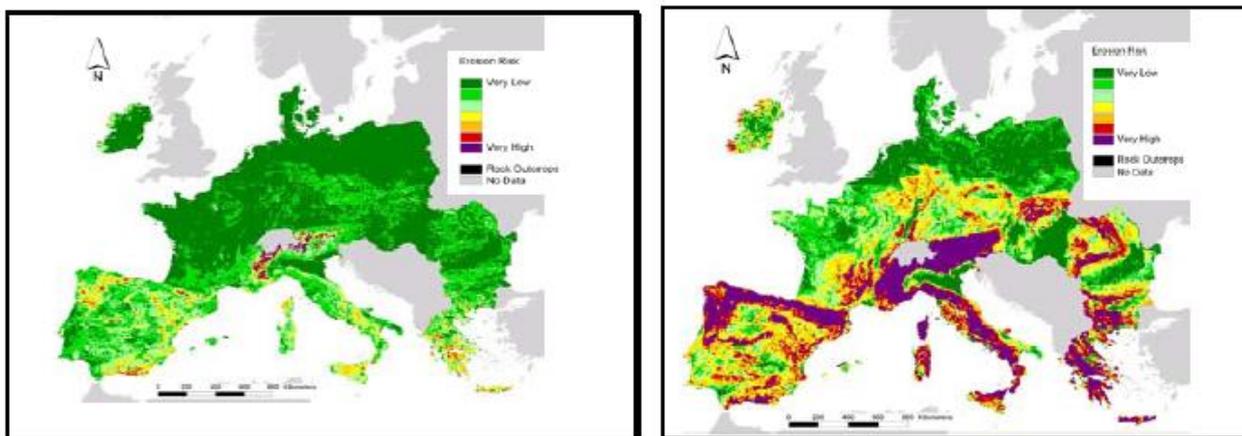


Figura 3: Applicazione del modello USLE a livello Europeo, (Van Der Knijff et al., 2002).

3.3. PESERA (Pan-European Soil Erosion Risk Assessment)

Il modello PESERA è stato definito nell'ambito di un progetto europeo. I parametri che esso considera sono sostanzialmente gli stessi del modello USLE, con alcuni approfondimenti legati principalmente agli aspetti idrologici del suolo (ritenzione idrica - AWC) i quali influenzano fortemente i fattori legati allo scorrimento superficiale delle acque (run-off). Una delle limitazioni principali di questo modello è la sua scarsa duttilità: nella sua attuale versione, infatti, esso funziona unicamente se tutti i parametri di input vengono forniti. Essendo il progetto definito a livello europeo, i dati di input sono stati identificati sulla base dei dati disponibili a questa scala. Per il suolo, ad esempio, tutti i dati provengono dalle voci presenti nel database dei suoli europei a scala 1:1.000.000 ed in parte derivano dall'applicazione di pedofunzioni. In figura 4 si riporta il risultato dell'applicazione del modello a livello europeo.

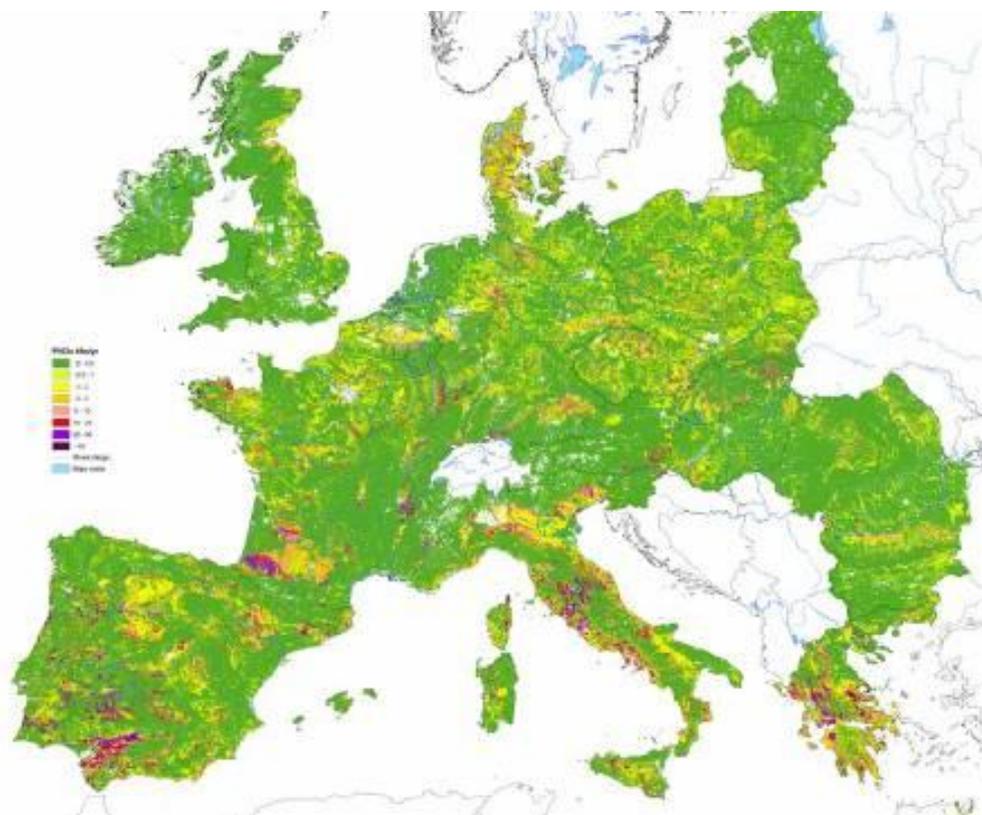


Figura 4: Applicazione del modello PESERA a livello europeo.

4. I DATI CLIMATICI

Nell'ambito dell'elaborazione dei dati climatici, è stata avviata una collaborazione con il Centro Meteorologico di Teolo dell'ARPAV, il quale ha fornito il proprio contributo, analizzando i fattori climatici che intervengono nei processi erosivi ed elaborando gli indici climatici richiesti dai modelli prescelti.

Sono stati, allo scopo, utilizzati i dati climatologici acquisiti da circa 130 stazioni agrometeorologiche dell'ARPAV distribuite sul territorio regionale, considerando il periodo di funzionamento 1992-2004. Tali dati, monitorati ad elevata scansione temporale, erano già stati oggetto, da parte dei tecnici dell'ARPAV, di un processo quotidiano di acquisizione, controllo ed archiviazione. E' stata effettuata l'analisi dei dati climatologici disponibili in Regione Veneto in termini di:

- tipo di parametri rilevati;
- frequenza d'acquisizione dati;
- dislocazione dei punti di misura;
- periodo di disponibilità delle misure e valutazione dei periodi di interruzione.

Si sono privilegiati i dati meteorologici rilevati a partire dal 1992 dalla rete di circa 150 stazioni automatiche agrometeorologiche dell'ARPAV, rispetto ai dati termopluviometrici rilevati dall'Ufficio Idrografico del Magistrato alle Acque di Venezia, pure digitalizzati dal Centro di Teolo e relativi al trentennio 1961-1990. Ciò in considerazione sia della migliore copertura spaziale da parte della prima rete di monitoraggio che della maggiore frequenza di acquisizione dei dati termopluviometrici.

5. APPLICAZIONE DEL MODELLO CORINE EROSION

5.1. Clima – Indice di erosività

Il modello Corine richiede la determinazione di due indici climatici: l'Indice di Fournier e l'Indice di Bagnouls Gausson.

INDICE DI FOURNIER

Rispetto a quanto indicato nella metodica originale (Fournier, 1960) si è utilizzata una formula modificata (Arnoldus, 1977 e 1980) con calcolo dell'indice anno per anno e determinazione successiva della media pluriennale. Tale ipotesi consente una maggiore variabilità spaziale all'interno del territorio regionale e si è ritenuto che tale soluzione fosse più appropriata.

L' IMF tende a dare un'idea della distribuzione delle piogge all'interno di ciascun anno ed assume valori tanto più bassi quanto più è uniforme la distribuzione delle precipitazioni nell'arco dell'anno e viceversa, assume valori più elevati laddove le precipitazioni tendono ad essere concentrate solo in alcuni mesi. L'IMF è stato calcolato con la seguente formula:

$$\frac{\sum_{l=1993}^{n=2004} \sum_{i=1}^{12} \frac{P_i^2}{P_{tot}}}{n}$$

dove:

P_i : piovosità totale di ogni mese in ognuno degli anni presi in considerazione;

P_{tot} : piovosità totale di ogni singolo anno;

n : numero di anni presi in considerazione.

anziché con la più semplice espressione riportata nella metodologia originale:

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

dove:

P_i : piovosità media di ognuno dei 12 mesi dell'anno;
 P : piovosità media annua.

L'IMF è stato poi classificato secondo quanto previsto dalla metodologia Corine.

<i>Classi</i>	<i>Valori</i>
1	< 60
2	60-90
3	90-120
4	120-160
5	> 160

Per la determinazione dell'IMF si è provveduto ad utilizzare gli archivi delle piogge giornaliere di 124 stazioni gestite dal Centro Meteorologico dell'ARPAV. In prevalenza il periodo preso in considerazione è rappresentato da 13 anni (1992-2004), con alcune eccezioni: per 8 stazioni sono stati considerati 12 anni di dati; per 4 stazioni 11 anni, per 2 stazioni 10 anni. Altre 31 stazioni sono state scartate perché incomplete o con molti dati mancanti.

I dati mancanti giornalieri di ciascuna stazione sono stati ricostruiti con il metodo dell'inverso del quadrato della distanza delle 4 stazioni più vicine per ognuno dei 4 quadranti (NE, SE, SO, NO). Qualora non fosse stato possibile ricostruire i dati con 4 stazioni, ne sono state utilizzate 3 o 2 o al limite, una soltanto. Nei casi, rari ma comunque presenti, in cui mancassero i dati utili per la ricostruzione in ciascuna delle 4 stazioni più vicine, il dato giornaliero è stato dichiarato "non ricostruibile".

Stazione: **Castelfranco Veneto (TV)**
Coordinate Gauss-Boaga X: 1729544 **Y:** 5064403 **Quota:** **50** m s.l.m.
N° anni osservazione: **13** (1992-2004)

Indice Modificato di Fournier

Annimesi	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	IMF anno
2004	0.8	31.0	6.5	4.4	16.7	17.7	1.3	7.0	8.1	23.9	6.0	6.6	130.0
2003	6.4	0.1	0.0	15.9	0.6	5.4	1.8	1.8	4.5	9.9	33.3	19.0	98.8
2002	0.9	4.9	0.2	17.5	39.0	9.9	37.1	11.8	6.6	11.4	18.6	3.9	161.8
2001	12.0	0.1	32.9	6.2	8.5	1.1	19.8	11.2	11.2	2.5	3.6	0.0	108.9
2000	0.0	0.0	6.3	4.1	4.7	6.2	7.7	6.1	14.0	31.3	47.3	3.9	131.6
1999	1.4	0.1	4.1	8.3	6.4	15.8	7.8	8.6	4.1	21.5	12.3	2.1	92.5
1998	1.6	0.5	0.0	36.1	2.0	24.6	1.6	3.7	33.0	45.5	0.3	0.0	148.9
1997	7.2	0.0	0.0	5.1	6.5	10.3	6.1	4.4	2.3	1.2	20.9	27.0	91.2
1996	8.3	1.5	0.2	10.8	8.9	3.0	7.1	29.9	3.4	25.0	8.8	8.1	115.0
1995	1.6	4.4	1.7	3.1	35.9	21.4	6.1	16.6	19.8	0.0	1.0	19.5	131.0
1994	5.1	1.5	0.0	18.7	8.7	3.6	3.2	5.0	38.8	7.6	5.4	0.8	98.3
1993	0.0	0.1	1.5	3.0	0.9	4.1	4.3	3.3	10.3	61.5	6.5	2.4	97.8
1992	0.0	0.2	1.1	8.8	1.7	20.3	27.0	5.1	2.6	57.9	3.4	12.8	140.7

IMF Medio	119.0
Classe Corine Land Resource	3

Per ogni stazione è stata prodotta una stampa di riepilogo mese per mese ed anno per anno dell'IMF con indicazione dell'indice medio definitivo, utilizzato per la spazializzazione, la classe di appartenenza di tale indice secondo la classificazione Corine, nonché l'indicazione del numero di

dati mancanti nella colonna dei dati giornalieri, il numero di dati ricostruiti e l'eventuale numero di dati non ricostruibili al termine del procedimento di ricostruzione.

Di seguito si riporta un esempio di calcolo dell'IMF relativo alla stazione meteorologica di Castelfranco Veneto (TV).

Di seguito viene riportata la distribuzione dell'IMF sul territorio regionale (fig. 5).

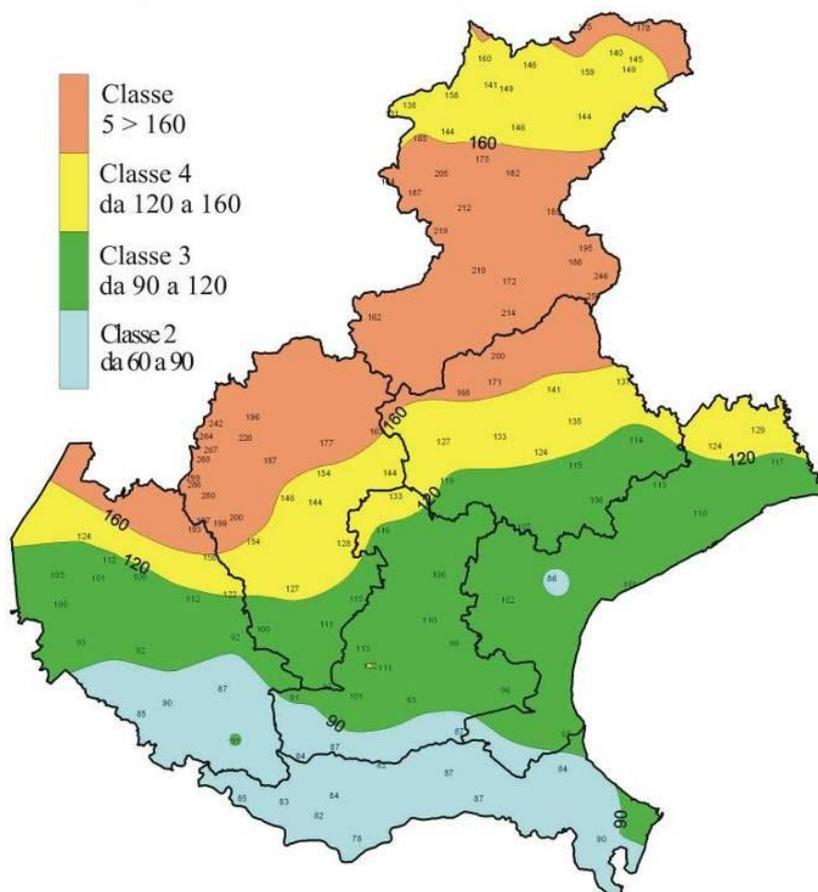


Figura 5: Indice Modificato di Fournier (IMF).

Si possono effettuare le seguenti considerazioni:

- Non vi sono stazioni in classe 1. Il metodo di calcolo dell'indice, considerando i valori mensili anno per anno, comporta una deriva significativa (generalmente almeno una classe) rispetto ai risultati ottenuti adottando valori medi pluriennali.
- Anche gli IMF delle stazioni classificate in classe 2 (bassa veronese, bassa padovana e provincia di Rovigo) sono vicini ai limiti della classe 3 collocandosi su valori compresi fra 80 e 90.
- Nella rappresentazione cartografica compaiono alcune "isole": la più evidente è quella di Mestre che si colloca in classe 2 in mezzo alla provincia di Venezia (tutta in classe 3). Le peculiarità di tale stazione (pluviometro collocato sul terrazzo del palazzo del Gazzettino a circa 30 metri dal suolo) potrebbero essere la causa di tale peculiarità. Altre due isole riguardano la stazione di Cerea (bassa veronese) con un IMF di 90,6 appena sopra il limite per l'appartenenza alla terza classe (90) e contornata da stazioni comunque con valori di poco al di sotto di tale limite; più interessante risulta, la stazione di Faedo, sui Colli Euganei, che assume valori che la collocano di poco in classe 4 (IMF medio pari a 122) ed è contornata da stazioni che invece si collocano in classe 3. Osservando però i valori delle stazioni più prossime dei Colli Euganei ed anche dei Berici si verifica che tali stazioni hanno valori dell'IMF relativamente più

alti rispetto alle circostanti stazioni di pianura. In realtà, il regime pluviometrico degli Euganei e dei Berici non è del tutto assimilabile a quello della pianura circostante; l'IMF consente quindi di cogliere bene queste variazioni.

- L'andamento complessivo dell'indice ricalca abbastanza fedelmente la carta delle isoiete annuali del Veneto, con i valori più elevati nella zona Pasubio-Carega delle prealpi vicentine e nella zona del Cansiglio ai confini fra le province di Belluno e Treviso. Altrettanto corretta risulta la classificazione dell'alto bellunese in classe 4, che rispecchia una relativa minor piovosità complessiva sia rispetto alla prima linea displuviale delle prealpi, che rispetto alle estreme stazioni del bellunese ai confini col Friuli e con l'Austria.

INDICE DI BAGNOULS GAUSSEN

L'Indice Xerotermico di Bagnouls Gausсен (BGI - Bagnouls e Gausсен, 1953) è l'espressione di un numero proporzionale a due fattori:

- la lunghezza del periodo durante il quale la temperatura media mensile moltiplicata per due supera la precipitazione media mensile;
- la differenza tra questi valori.

Si tratta di un metodo di calcolo che viene determinato graficamente attraverso la misura dell'area che deriva dall'intersezione delle due curve annuali di temperatura (considerando il doppio del suo valore) e di precipitazione.

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

dove:

t_i : temperatura media del mese considerato;

P_i : precipitazione totale del mese considerato;

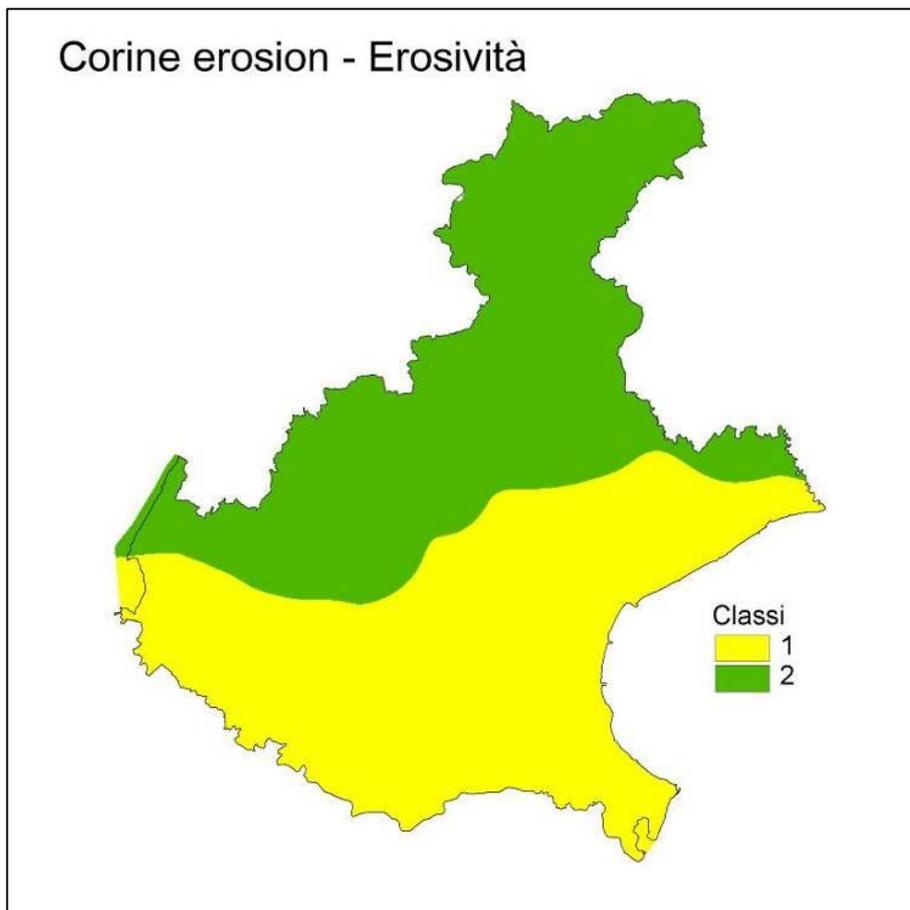
$K_i = 0$ se nel mese considerato $2t_i - P_i \leq 0$, $K_i = 1$ se nel mese considerato $2t_i - P_i > 0$.

Il BGI, secondo quanto previsto dalla metodologia Corine prevede la seguente classificazione.

Classi	Valori
1	0
2	0-50
3	50-130
4	> 130

Per quanto riguarda le stazioni del Veneto, si osserva che anche per le più "secche", cioè per quelle della provincia di Rovigo, l'indice risulta costantemente uguale a 0 ossia si verifica la condizione $2T - P < 0$ cioè $2T < P$ per tutti i mesi dell'anno. Non essendoci l'intersezione fra le due "curve", il BGI è pari a 0. E se tale è la condizione per le stazioni più secche, a maggior ragione ciò si verificherà per tutte le altre stazioni della Regione. Quindi tutto il territorio regionale rientra nella classe 1 che prevede appunto il BGI pari a 0.

In conclusione tale indice risulta non significativo per il Veneto essendo costante sull'intero territorio.



<i>Erosività</i>	
<i>Classi</i>	<i>Valori</i>
1	<4
2	4-8
3	>8

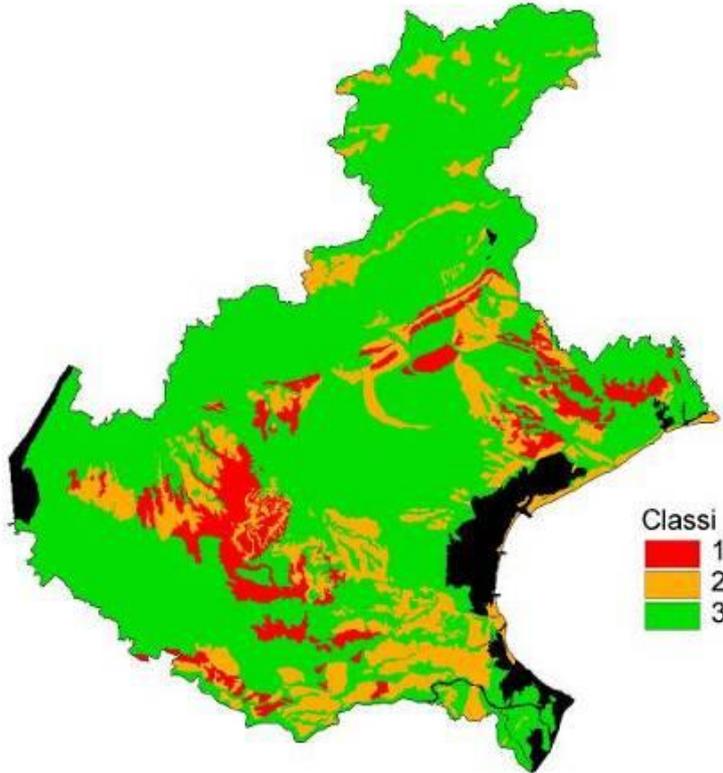
Figura 6: Erosività delle piogge, ottenuta dall'incrocio degli indici IMF e BGI.

Dall'incrocio (moltiplicazione dei rispettivi numeri di classe) delle carte dei due indici climatici, si ottiene la carta dell'indice di erosività secondo le classi del modello Corine (fig. 6). Essendo la classe dell'Indice di Bagnouls e Gausson pari a 1 per tutto il territorio regionale, l'indice di erosività è determinato esclusivamente dall'IMF. Risulta che le classi dell'indice di erosività sono la 1 (corrispondente alle classi 2 e 3 dell'IMF) e la 2 (corrispondente alle classi 4 e 5 dell'IMF).

5.2. Suolo – Indice di erodibilità

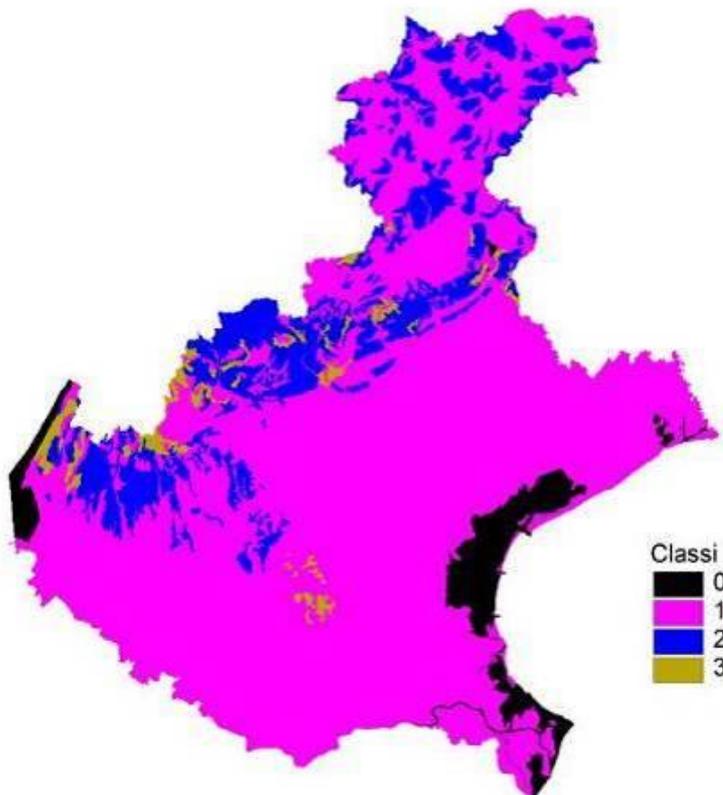
I dati sul suolo necessari al modello come dati di input sono: la tessitura superficiale, la profondità del suolo e la pietrosità superficiale. Questi sono stati estratti dalla banca dati delle unità tipologiche di suolo e sono stati spazializzati in base alla distribuzione delle tipologie di suolo all'interno delle unità cartografiche della carta dei suoli in scala 1:250.000. Si sono ottenute quindi tre carte, classificate secondo la metodologia Corine. I tre strati sono riportati di seguito.

Corine erosion - Tessitura del suolo



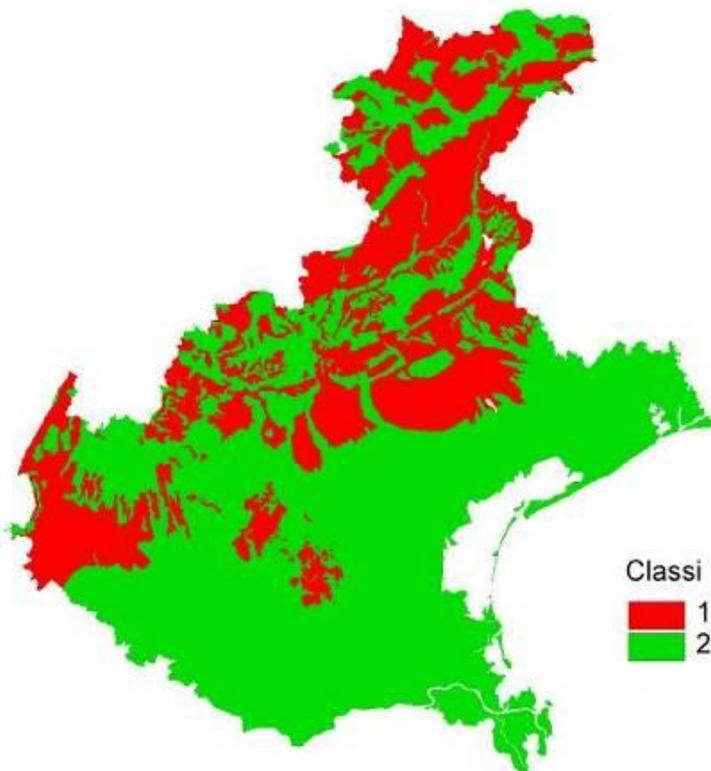
<i>Tessitura</i>	
<i>Classi</i>	<i>Classi tessiturali</i>
0	Roccia nuda
1	C, SC, ZC
2	SCL, CL, ZCL, LS, S
3	L, ZL, Z, SL

Corine erosion - Profondità del suolo



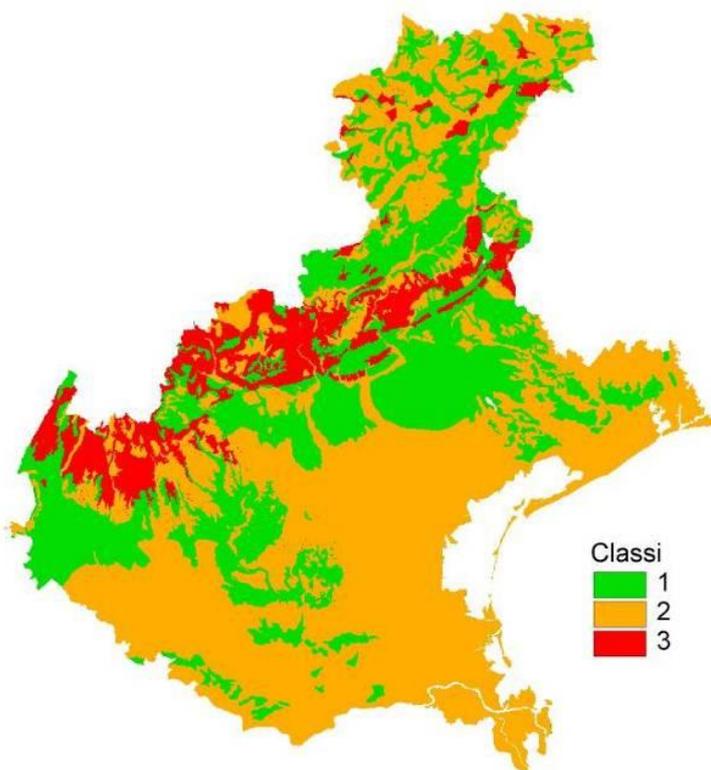
<i>Profondità del suolo</i>	
<i>Classi</i>	<i>Valori</i>
1	>75 cm
2	25-75 cm
3	<25 cm

Corine erosion - Pietrosità superficiale



<i>Pietrosità superficiale</i>	
<i>Classi</i>	<i>Valori</i>
1	>10%
2	<10%

Corine erosion - Erodibilità



<i>Erodibilità</i>	
<i>Classi</i>	<i>Valori</i>
0	0
1	0-3
2	3-6
3	>6

Dall'incrocio delle tre precedenti carte si ottiene l'erodibilità del suolo, secondo le classi del modello Corine.

5.3. Topografia

Per quanto riguarda il fattore topografico il modello Corine considera il fattore pendenza. Le classi di pendenza previste dal modello sono state ottenute utilizzando un modello digitale del terreno con risoluzione di 30 m e sono rappresentate in figura 8.

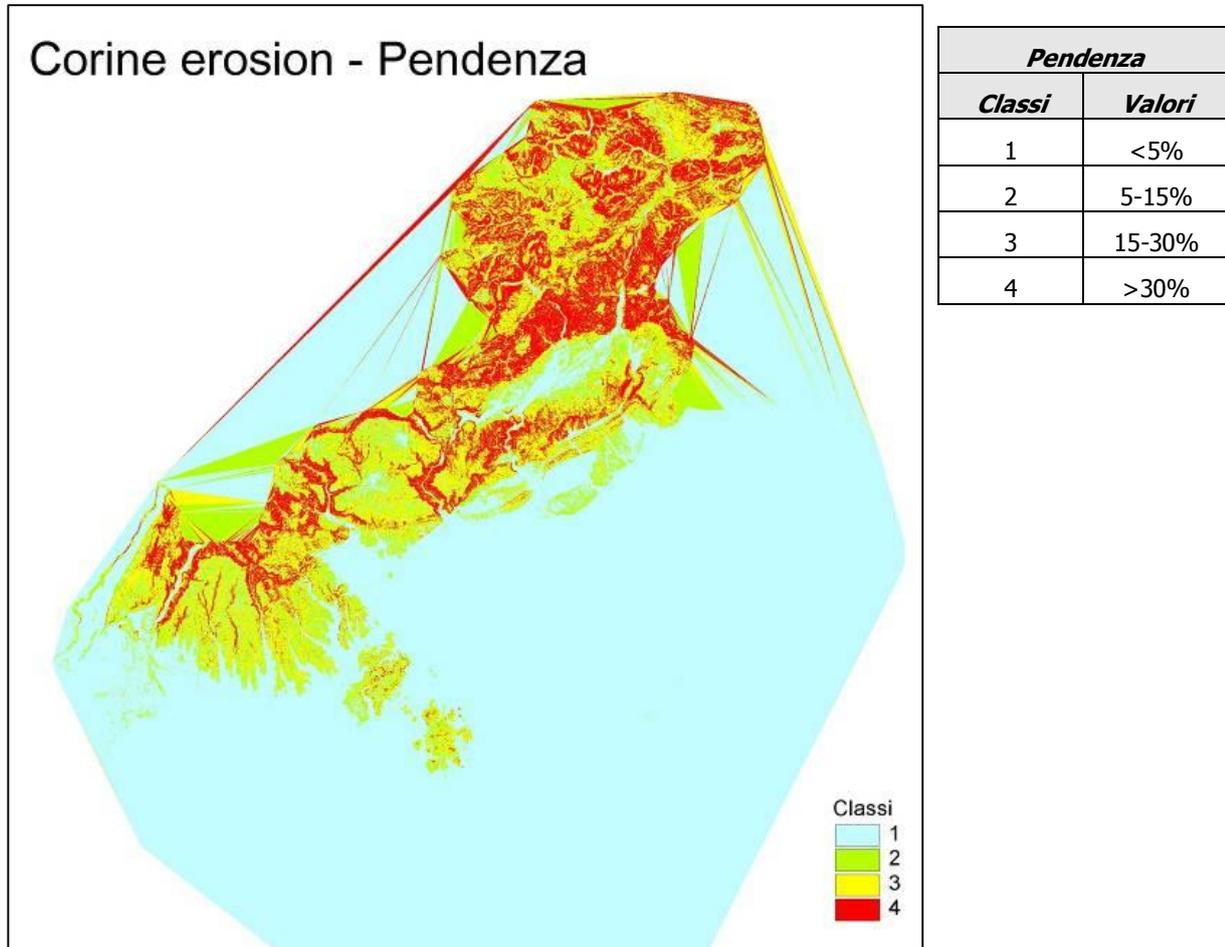


Figura 8: Carta delle pendenze (DTM 30 m), riclassificata secondo il modello Corine erosion.

5.4. Rischio d'erosione potenziale

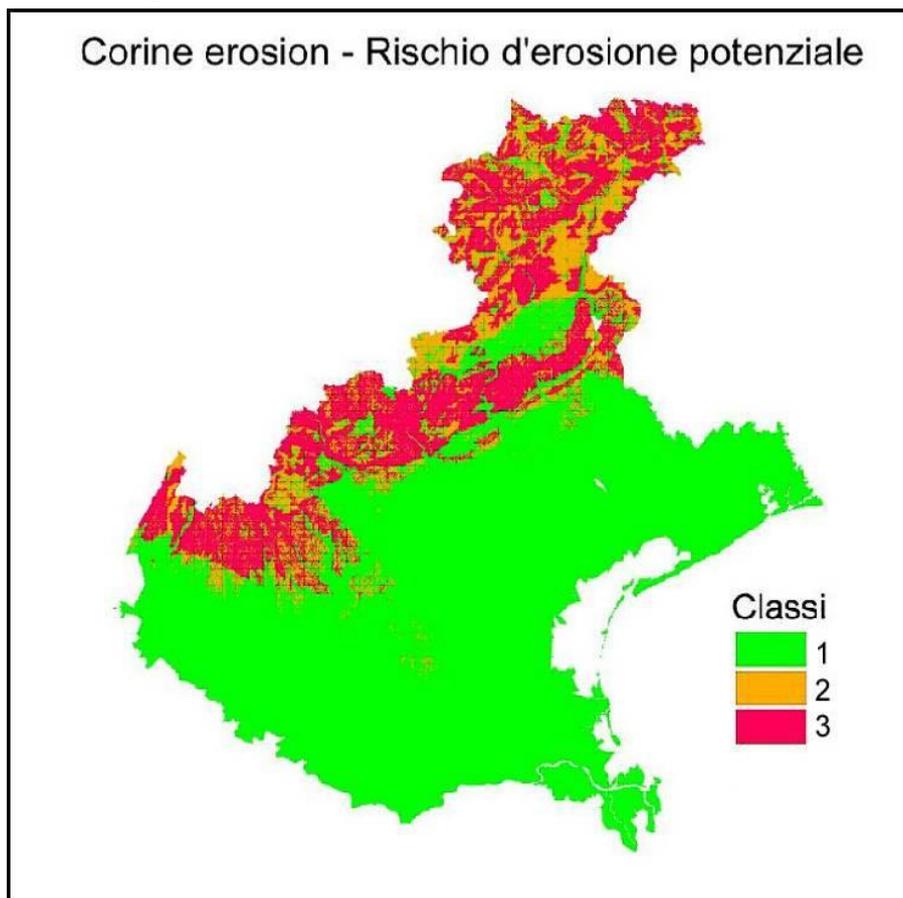


Figura 9: Rischio d'erosione potenziale, ottenuto dall'incrocio di erosività, erodibilità e pendenza.

Dall'incrocio degli strati di erosività, erodibilità e topografia (pendenza) si ottiene la carta del rischio di erosione potenziale (fig. 9), ossia il rischio erosivo che si avrebbe senza considerare l'azione attenuante della copertura del suolo. L'azione attenuante esercitata dalla copertura del suolo agisce sia sulla riduzione dell'azione battente della pioggia sulla superficie, sia impedendo lo scorrimento superficiale.

5.5. Copertura del suolo

La metodologia CORINE è stata definita all'inizio degli anni novanta quando non esisteva uno strato informativo sulla copertura del suolo per l'intera Europa. La classificazione per questo strato considera quindi due sole condizioni di copertura:

- suolo completamente protetto (prati, pascoli e vegetazione forestale), classe 0.5;
- suolo non completamente protetto (prevalentemente superfici coltivate), classe 1.

La classificazione del territorio regionale secondo queste due classi è stato ricavato dallo strato informativo Corine Land Cover 2000 (fig.10), dove le classi delle superfici artificiali (classe 1 del I° livello del CLC), della roccia nuda e delle acque, sono state considerate come classi di non suolo.

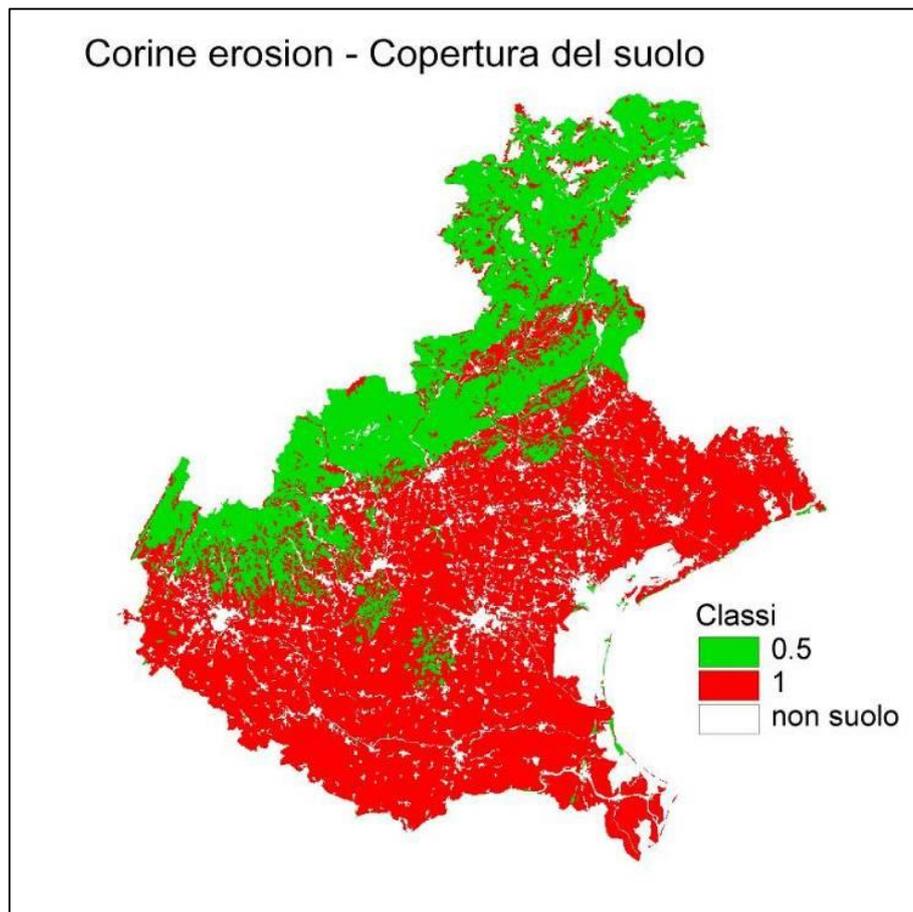


Figura 10: Copertura del suolo, riclassificata secondo il modello Corine erosion.

5.6. Rischio d'erosione attuale

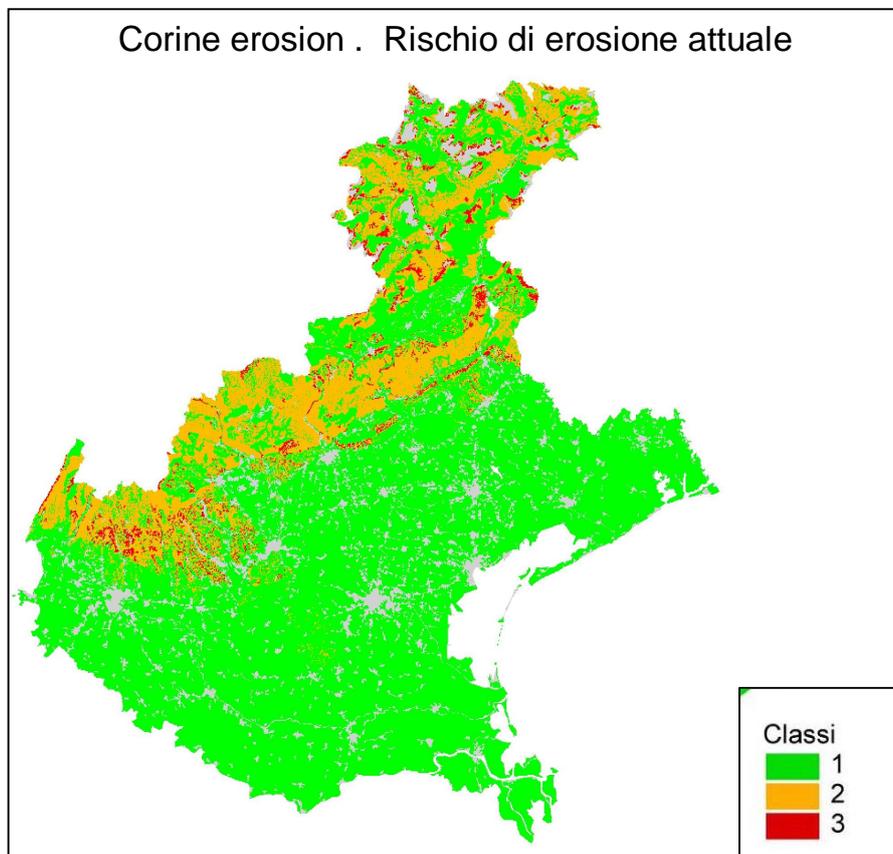


Figura 11: Rischio d'erosione attuale, ottenuto dall'incrocio del rischio d'erosione potenziale e della copertura del suolo.

Il rischio d'erosione potenziale, viene incrociato con lo strato relativo alla copertura del suolo. Ne risulta la carta del rischio d'erosione attuale (fig. 11), notevolmente attenuato rispetto a quello potenziale, dall'azione della copertura. Questo è particolarmente evidente nelle aree montane, penalizzate dall'elevata pendenza, ma allo stesso tempo protette da vegetazione arborea.

5.7. Considerazioni sui risultati dell'applicazione del modello

Il modello CORINE-Erosion presenta tra i suoi principali vantaggi quello della facilità d'impiego e della bassa richiesta di dati di input, particolarmente per quanto riguarda i dati climatici. Va sottolineato che dei due indici, quello di Bagouls Gausson, risulta poco sensibile a descrivere la situazione climatica del Veneto; questo è dovuto al fatto che il modello è stato sviluppato per essere applicato a paesi europei con climi mediterranei, dove l'indice di aridità risulta un aspetto molto significativo. Un altro aspetto debole del modello riguarda il fatto che il risultato è grossolano e puramente di tipo qualitativo e porta ad una netta sottoutilizzazione dei dati disponibili, relativamente a tutti gli strati informativi coinvolti (clima, suolo, topografia, copertura). Va d'altro canto sottolineato che il risultato di questa elaborazione risulta molto "leggibile" ed è adatto a scopi divulgativi o alla creazione di indici sintetici.

6. APPLICAZIONE DEL MODELLO USLE

Il modello USLE - Universal Soil Loss Equation (Wischmeier e Smith, 1965, 1978), è un modello quantitativo, ossia fornisce la quantità di suolo asportata dall'erosione idrica espressa in tonnellate/ettaro/anno. Tale quantità è espressa dal risultato della seguente equazione:

$$A=R*K*LS*C$$

dove:

A: tonnellate/ettaro/anno di suolo asportato dall'erosione idrica;

R: erosività delle precipitazioni;

K: erodibilità del suolo;

L: lunghezza del versante,

S: pendenza del versante;

C: fattore di copertura del suolo.

Ognuno di questi fattori si ottiene applicando degli algoritmi elaborati, empiricamente sulla base dei dati ottenuti nelle parcelle sperimentali.

6.1. Fattore R – erosività delle piogge

Il potere erosivo di un evento piovoso, pertanto, risulta proporzionale ad un fattore detto "indice di erosività" (EI_{30}) che rappresenta il prodotto fra l'energia cinetica totale (E) dell'evento piovoso e l'intensità di pioggia (I_{30} – espressa in mm h^{-1}) calcolata nei 30 minuti durante i quali si è registrato il maggior afflusso di precipitazione.

L'energia cinetica di un certo ammontare di precipitazione dipende dalla dimensione e dalla velocità di impatto con il terreno delle gocce di pioggia: entrambi questi fattori sono direttamente correlabili all'intensità di precipitazione. Revisioni successive dell'USLE, operate da autori diversi (Renard *et al.*, 1997) che hanno prodotto appunto una versione rivista di tale equazione (RUSLE) riportano una relazione fra energia cinetica ed intensità della pioggia di questo tipo:

$$E = 0.29[1 - 0.72 \exp(-0.05i_m)]$$

dove:

E : energia cinetica espressa in MegaJoule per ettaro di superficie e per mm di precipitazione caduta;

i_m : intensità di pioggia espressa in mm h⁻¹.

Tale relazione si deve a Brown e Foster (1987) e meglio si adatta alle precipitazioni di debole intensità tipiche dell'ambiente Veneto, soprattutto nella stagione autunno-invernale. L'energia totale di un evento piovoso deriva pertanto dalla quantità di pioggia caduta ma anche dalla diverse intensità di precipitazione registrate nel corso del medesimo evento. L'indice di erosività" (EI_{30}), rappresenta quindi una sintesi dei fattori "intensità" e "durata" che meglio esprime il potenziale erosivo di un evento piovoso: in pratica EI_{30} tende a mettere in evidenza come l'energia totale delle gocce di pioggia si combini con l'intensità di punta dello stesso evento. Si tratta quindi di una valutazione globale della capacità della pioggia di determinare da un lato il distacco delle particelle di terreno e, dall'altro, il loro trasporto lungo le linee di deflusso, in seguito allo scorrimento superficiale. La dimensione media delle gocce di pioggia tende ad aumentare al crescere dell'intensità di precipitazione e la velocità d'impatto con il terreno delle gocce tende ad aumentare al crescere delle dimensioni delle gocce stesse. Gli autori ritengono comunque che ad intensità superiori a 76 mm h⁻¹, la dimensione e la velocità di caduta delle gocce non subiscano ulteriori incrementi. Per il calcolo del fattore E si adotta quindi come limite massimo di i_m il valore di 76 mm h⁻¹, cioè, in pratica per tutte le intensità del limite indicato, si adotta un valore di E pari a quello ottenuto considerando intensità pari a 76 mm h⁻¹.

L'energia totale dell'evento piovoso, pertanto, può essere calcolata disponendo di un pluviometro registratore che consenta di determinare le intensità di precipitazione anche per periodi di tempo molto brevi, dell'ordine ad esempio, dei 5 minuti. In tal modo, suddividendo l'evento piovoso in porzioni di durata uniforme, all'interno delle quali si può ritenere che l'intensità di precipitazione rimanga pressoché costante, è possibile, tramite la relazione sopra indicata, calcolare la quantità di energia E per ognuna di tali porzioni in base alle quantità di precipitazione caduta. Se cioè in 5 minuti sono caduti 3 mm di pioggia (pari ad una intensità di 36 mm h⁻¹), l'energia di questa porzione di evento piovoso sarà pari a:

$$E = 0.29[1 - 0.72 \exp(-0.05 * 36)]$$

cioè a 0,26 MJ per ha di superficie per mm di precipitazione caduta.

Poiché in realtà la quantità di pioggia caduta in quei 5 minuti è stata pari a 3 mm l'energia effettiva risulta pari a 0,26 * 3 cioè a 0,78 MJ per ha di superficie. Sommando le quantità di energia relative a tutti gli altri periodi di 5 minuti in cui può essere suddiviso l'evento piovoso, si perviene alla determinazione dell'energia totale E . Tale valore va poi moltiplicato per I_{30} (così come sopra definito) onde ottenere il valore di EI_{30} che costituisce quindi l'indice di erosività di quel particolare evento piovoso.

Qualora la precipitazione si protragga per un tempo inferiore ai 30 minuti, gli autori della metodologia suggeriscono di adottare al posto di I_{30} un valore pari al doppio della quantità totale della pioggia caduta in quell'episodio. Inoltre, come si è detto, la dimensione e la velocità di caduta delle gocce non crescono indefinitamente al crescere dell'intensità di pioggia, si è ritenuto di porre il limite per la determinazione di I_{30} , di 63,5 mm h⁻¹. Piogge con intensità maggiore sono comunque molto rare nella Regione Veneto, per cui l'adozione di tale limite dovrebbe influenzare scarsamente il computo finale.

Sommando i valori di EI_{30} determinati per ogni evento piovoso di ogni anno che si vuole prendere in considerazione e dividendo il totale per il numero di anni si ottiene il valore R che corrisponde all'erosività media annuale delle precipitazioni e risulta quindi pari a:

$$R = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \left[\sum_{k=1}^m (E)(I_{30})_k \right]$$

dove:

E ed I_{30} sono già stati definiti;

n : numero di anni presi in considerazione per calcolare la media;

k : numero di eventi piovosi presi in considerazione per ogni anno in esame.

Gli autori della metodologia suggeriscono di omettere dal calcolo del fattore R piogge di ammontare complessivo inferiore a 12,7 mm, a meno che non si registrino almeno 6,4 mm in 15 minuti. Per separare due eventi di precipitazione è necessario un periodo di 6 ore in cui cadono meno di 1,3 mm.

Per ogni stazione, è stata prodotta una tabella di sintesi che riporta, per ciascun anno di osservazione, il calcolo del fattore "R". La media pluriennale dei singoli valori, costituisce il valore utilizzato per la classificazione del fattore "R" in ambito regionale.

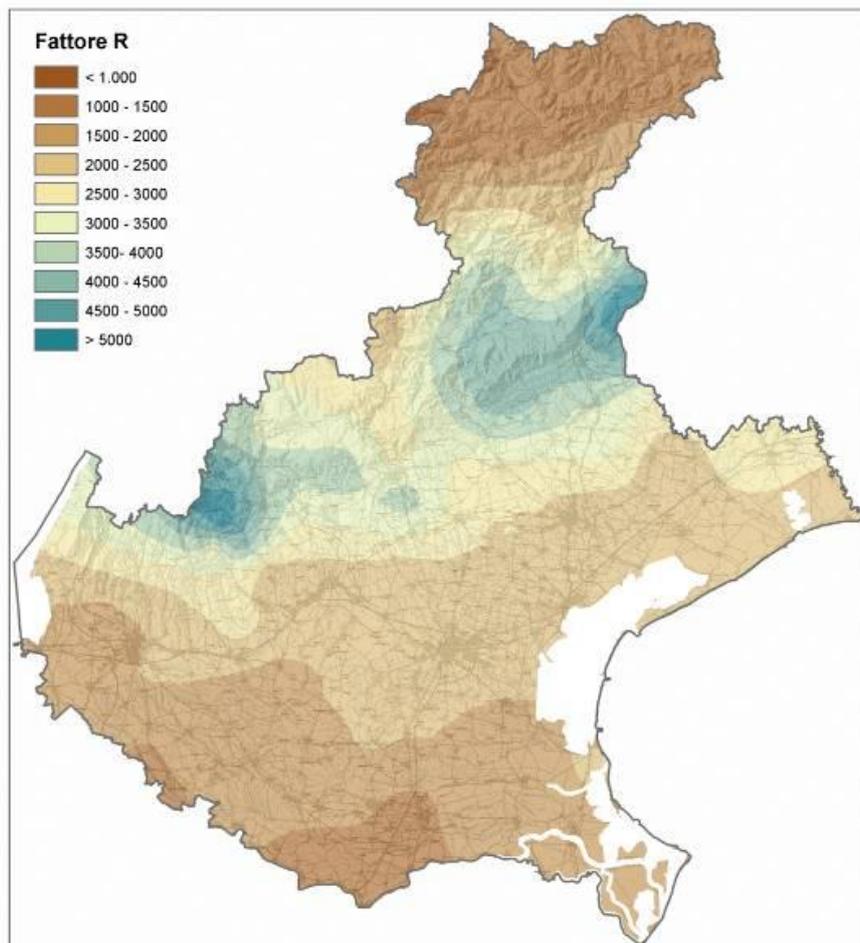


Figura 1: Fattore medio di erosività annuale (R)

L'aggiornamento riguarda la spazializzazione dei dati che è stata effettuata a maggior dettaglio:

- il valore di ogni stazione è stato spazializzato mediante la funzione "kriging" di ArcMap (*Spatial Analyst Tools/Interpolation/kriging*), utilizzando una griglia di 30m di lato. Per evitare che l'elaborazione risentisse dell'effetto del confine, si sono aggiunte quattro stazioni fittizie all'esterno della regione, con dati identici alle corrispondenti stazioni vicine.

6.2. Fattore K – erodibilità del suolo

Il fattore K rappresenta l'erodibilità dei suoli, ovvero la suscettibilità dei suoli ad essere erosi. Sulla base di quanto indicato dall'Handbook 703 "Predicting soil erosion by water: a guide to conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation" (Renard *et al.*, 1997) il fattore K dipende da diverse caratteristiche del suolo, considerate nella seguente equazione:

$$K=[2.1*10^{-4}(12-OM)*M^{1.14}+3.25(s-2)+2.5(p-3)]/100$$

dove:

OM: percentuale di sostanza organica dell'orizzonte superficiale;

M: percentuali tessiture, parametro (sabbia, sabbia molto fine, argilla e limo);

s: classe di struttura;

p: classe di permeabilità.

Il valore del fattore K è stato ricalcolato sulla base dell'aggiornamento dei dati sul suolo, in seguito alla redazione di carte al 50000.

Nella versione aggiornata, il fattore K è stato calcolato, per ogni UTS in base a tre pedofunzioni che prendono in considerazione diversi parametri del suolo. Questo ha permesso il controllo e confronto dei diversi risultati. Le tre pedofunzioni prese in considerazione sono:

PEDOFUNZIONE	PARAMETRI UTILIZZATI
<i>Wischmeier 1978</i>	Carbonio organico, argilla, sabbia totale, sabbia molto fine, permeabilità, forma ed evidenza della struttura
<i>Renard et al. 1997</i>	Argilla e sabbia totale
<i>Torri et al. 1997</i>	Carbonio organico, argilla, sabbia totale

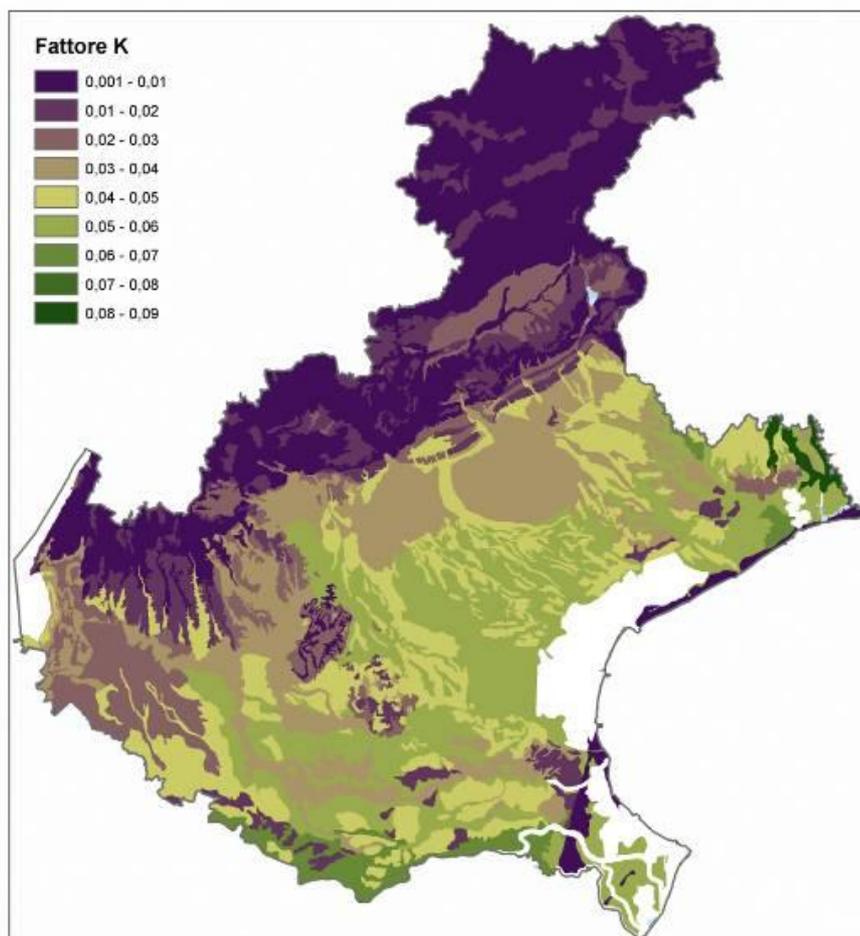


Figura 2: Fattore K per i suoli del Veneto.

Nella versione finale è stato utilizzato il K secondo la formula di Wischmeier che è stato spazializzato in base alla carta dei suoli e successivamente convertito in raster con pixel di 30m (fig. 2).

6.3. Fattore LS –lunghezza e pendenza

Il fattore LS è funzione della lunghezza e della pendenza delle superfici. Se per un verso, grazie ad un preciso DTM, il fattore S è calcolabile abbastanza semplicemente (fig. 16), il fattore L è difficilmente quantificabile. Esso è un elemento importante in quanto incide sull'energia cinetica che l'acqua acquisisce scorrendo in superficie e quindi sulla sua capacità di asportazione del suolo; una delle difficoltà nella sua determinazione sta nel dover considerare elementi quali strade, fossi e interruzioni di pendenza, che rappresentano punti di discontinuità nella lunghezza del versante e che incidono quindi sulle dinamiche di scorrimento dell'acqua.

Per ottenere valori di L il più vicini possibile alla situazione reale si è optato non per la formula prevista dalla metodica ufficiale (Wischmeier e Smith, 1965, 1978) ma per quella proposta da Moore e Burch (1986a e 1986b):

$$LS = (A_s/22,13)^m (\text{sen}\beta/0,0896)^n$$

con $m = 0,4$, $n = 1,3$ e $A_s = \text{specific catchment area } (A/b, \text{ vedi figura })$

dove $L = (A_s/22,13)^m$ e $S = (\text{sen}\beta/0,0896)^n$

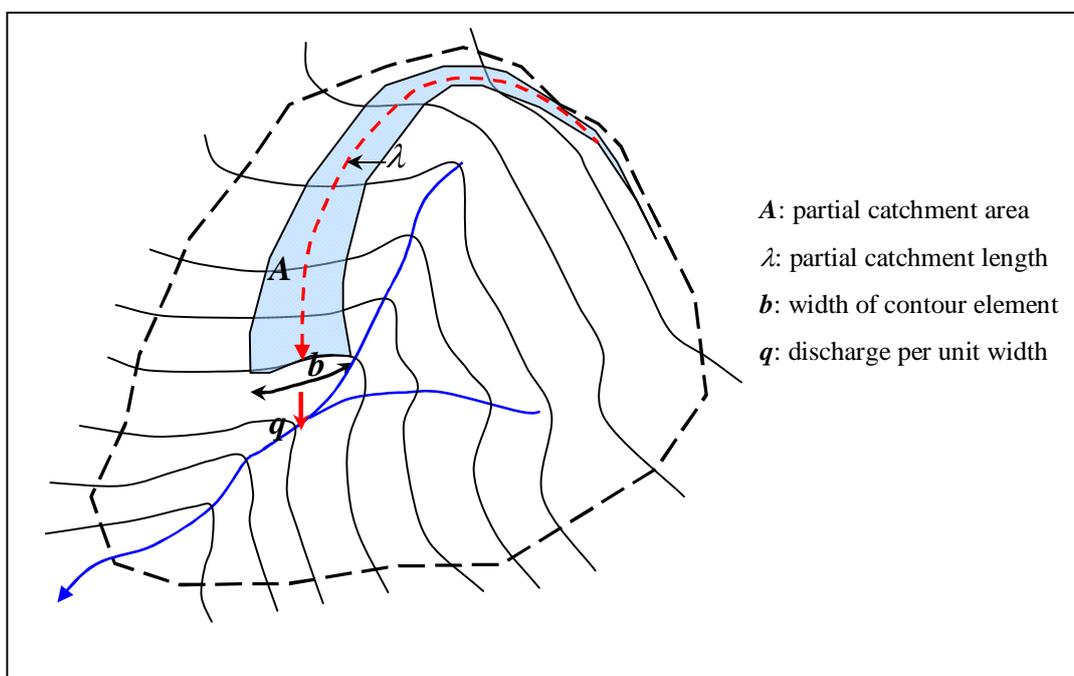


Figura 3: Identificazione della specific catchment area.

Moore e Burch (1986) non considerano la semplice lunghezza unidimensionale del versante ma ricorrono al concetto di *specific catchment area* (fig. 3), definita come rapporto tra l'area di un elemento del bacino, sottobacino (o versante o parte di esso) e la larghezza della sua parte terminale (dimensionalmente si tratta quindi di una lunghezza e non di un'area). L'area dell'elemento considerato è data dal prodotto tra la lunghezza di un elemento topografico del bacino (o del versante o di parte di esso) e la larghezza della sua parte terminale, moltiplicati per un fattore di forma maggiore, minore o pari a 1 a seconda che l'elemento considerato sia convergente, divergente o rettangolare.

Per il calcolo è stato utilizzato il DTM con risoluzione 30 m mentre la *specific catchment area* è stata determinata attraverso il tool *Hydrology* di ArcGis. L'utilizzo di questo metodo per il calcolo del fattore L porta ad una sicura sovrastima del suo valore in quanto non tiene conto di eventuali "trappole di sedimenti" presenti lungo il versante. Questo è probabilmente il limite maggiore riscontrabile nell'applicazione del modello USLE su superfici di dimensioni molto diverse rispetto alle parcelle utilizzate da Wischmeier per tarare il modello (22,6 metri di lunghezza). Per ridurre alcuni vistosi fenomeni di sovrastima si è deciso di limitare la lunghezza massima del versante a

450m, valore comunque ancora probabilmente sovrastimato. Nella versione 2011 si sono utilizzate le elaborazioni della versione 2008 che sono state poi spazializzate con un grid di risoluzione 30m (fig. 4).

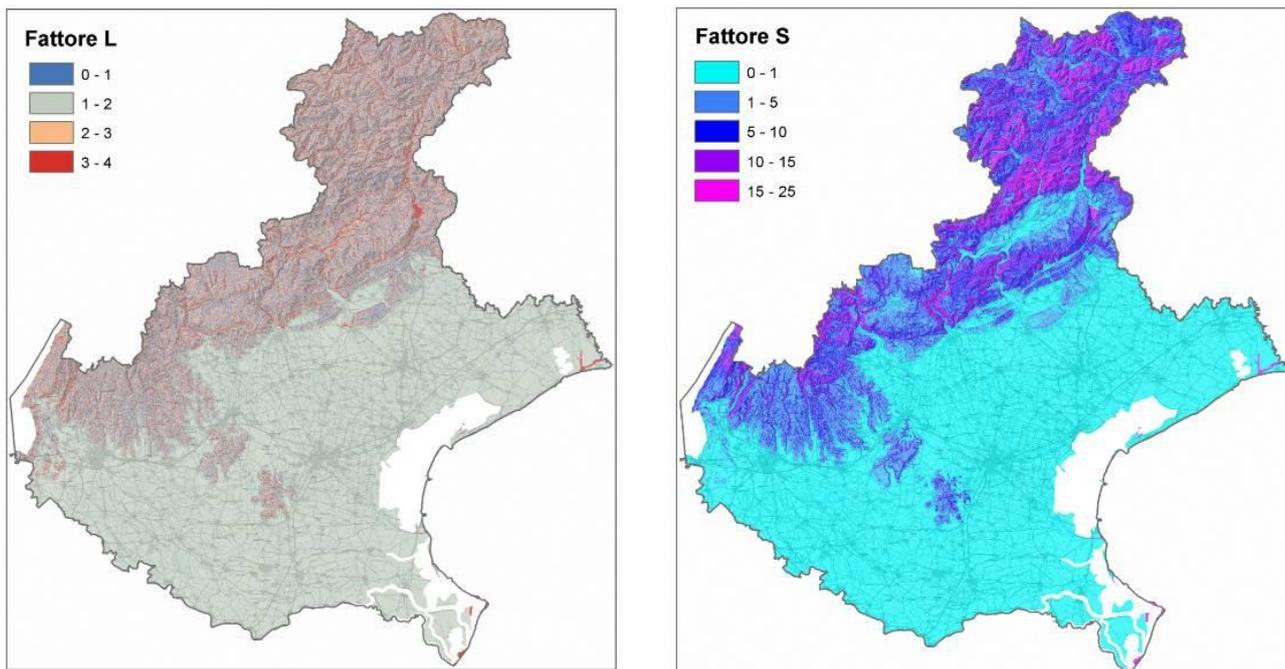


Figura 4: Fattore L e S per il Veneto.

Nella versione aggiornata solo la conversione in formato grid è stata rielaborata, con una risoluzione di 30m, (l_30_fin e s_30). Si è poi aggiustato il risultato (come per la versione precedente), inserendo la correzione dei vistosi fenomeni di sovrastima del parametro in alta pianura, aggiungendo la limitazione a 450m della lunghezza massima del versante.

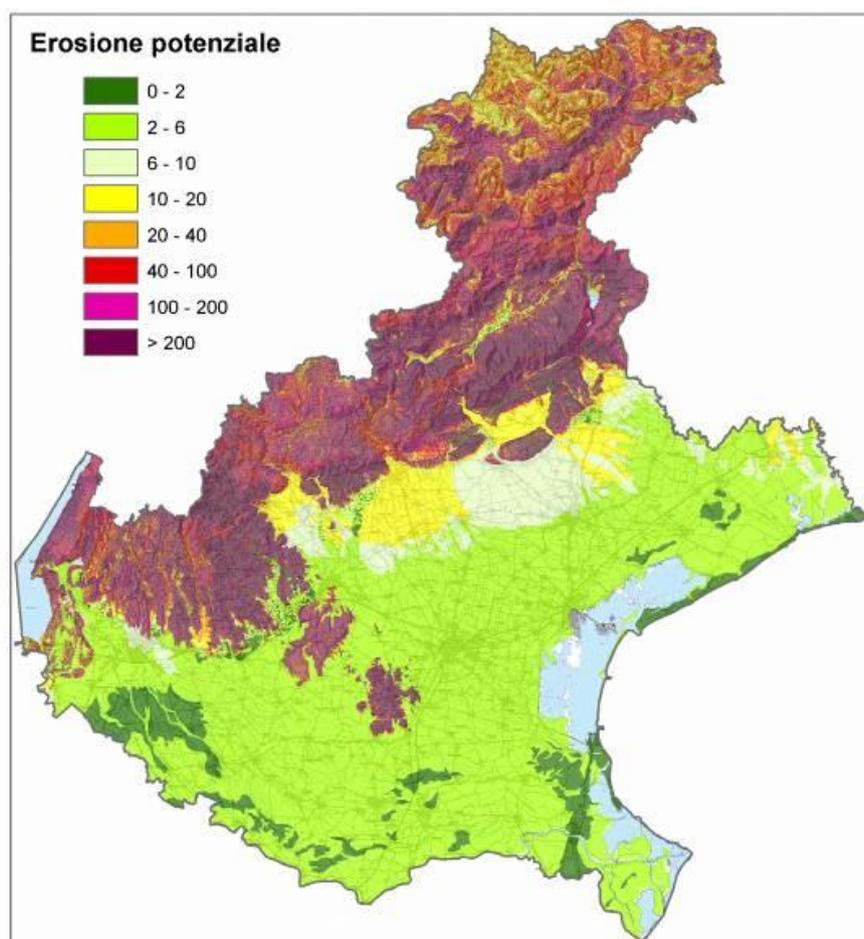


Figura 5: Rischio di erosione potenziale, secondo il modello USLE espresso in t/ha/anno.

6.4. Rischio d'erosione potenziale

Dalla moltiplicazione dei fattori precedentemente calcolati (*Spatial Analyst Tools/Map Algebra*), controllando nella voce "Environments" l'aggancio (*snap*) ad un grid di riferimento e ad una dimensione di cella di riferimento, si ottiene il rischio d'erosione potenziale, che non considera il fattore attenuante esercitato dalla copertura del suolo. Il risultato è rappresentato in figura 5 ed ha risoluzione 30m.

6.5. Fattore C – copertura del suolo

Il fattore C è legato al tipo di copertura del suolo. E' un fattore dal calcolo complesso, variabile nel tempo e che richiede una grossa mole di informazioni sui parametri e sulle pratiche colturali. Nella versione aggiornata lo strato di base utilizzato per la stima del fattore C è stato la Carta della Copertura del Suolo del Veneto, in scala 1:10.000. Le classi di questa carta più dettagliata rispetto al Corine Land Cover utilizzato nella versione precedente, sono state correlate a valori del fattore C. Come nella versione precedente, l'attribuzione si è basata su relazioni ricavate da bibliografia (Bazzoffi, 2007, Bartolini et al., 2004, Rousseva e Stefanova, 2006, Suri et al, 2002, Wischmeier. e Smith, 1978) ed è stata inoltre controllata e aggiustata sulla base di un confronto interregionale (Veneto, Emilia-Romagna, Piemonte, Lombardia, Toscana) dei risultati delle applicazioni del modello USLE, in occasione dello sviluppo dell'indicatore erosione nelle regioni italiane (progetto SIAS - Sviluppo di Indicatori Ambientali sul Suolo).

Il fattore C (fig. 5), attribuito ad ogni classe d'uso della Carta della Copertura del Suolo del Veneto è elencato in tabella 1

Tabella 1: Correlazione tra classi della Carta della Copertura del Suolo del Veneto e fattore C.

CODICE USO DEL SUOLO (4° livello)	LEGENDA	FATTORE C
1111	Centro città con uso misto, tessuto urbano continuo molto denso	0
112	Tessuto urbano discontinuo	0,02
1121	Tessuto urbano discontinuo denso con uso misto (Sup. Art. 50%-80%)	0,039
1122	Tessuto urbano discontinuo medio, principalm. residenziale (Sup. Art. 30%-50%)	0,066
1123	Tessuto urbano discontinuo rado, principalmente residenziale (Sup. Art. 10%-30%)	0,088
113	Classi di tessuto urbano speciali	0
1131	Complessi residenziali comprensivi di area verde	0,039
1132	Strutture residenziali isolate	0
121	Aree industriali, commerciali e dei servizi pubblici e privati	0
1211	Aree destinate ad attività industriali	0
1212	Aree destinate ad attività commerciali	0
1213	Aree destinate a servizi pubblici, militari e privati	0
1214	Infrastrutture di supporto alle acque, barriere frangiflutti, dighe	0
1221	Rete stradale veloce con territori associati	0
1222	Rete stradale secondaria con territori associati	0
1223	Rete ferroviaria con territori associati	0
123	Aree portuali	0
124	Aeroporti	0
131	Aree estrattive	0
132	Discariche	0
133	Aree in costruzione	0
134	Aree in attesa di una destinazione d'uso	0,11
141	Aree verdi urbane	0,004
142	Aree destinate ad attività sportive ricreative	0,004
211	Terreni arabili in aree non irrigue	0,3
21111	Mais in aree non irrigue	0,33
21112	Soia in aree non irrigue	0,29
21113	Barbabietola in aree non irrigue	0,3
21114	Girasole in aree non irrigue	0,35
21115	Tabacco in aree non irrigue	0,35
21116	Foraggiere in aree non irrigue	0,055
21121	Cereali in aree non irrigue	0,18
2113	Vivai in aree non irrigue	0,35
21141	Orticole in pieno campo in aree non irrigue	0,4
21142	Orticole in serra o sotto plastica in aree non irrigue	0
2115	Piante industriali in aree non irrigue	0,3
2116	Piante oleifere in aree non irrigue	0,18
2117	Sementi in aree non irrigue	0,25
2118	Superfici a riposo in aree non irrigue	0,15
212	Terreni arabili in aree irrigue	0,3
21211	Mais in aree irrigue	0,33
21212	Soia in aree irrigue	0,29
21213	Barbabietola in aree irrigue	0,3
21214	Girasole in aree irrigue	0,35
21215	Tabacco in aree irrigue	0,35
21216	Foraggiere in aree irrigue	0,055
21221	Cereali in aree irrigue	0,18
2123	Vivai in aree irrigue	0,35
21241	Orticole in pieno campo in aree irrigue	0,4
21242	Orticole in serra o sotto plastica in aree irrigue	0
2125	Piante industriali in aree irrigue	0,3
2126	Piante oleifere in aree irrigue	0,18
2127	Sementi in aree irrigue	0,25
2128	Superfici a riposo in aree irrigue	0,15
213	Risaie	0,15
221	Vigneti	0,12
222	Frutteti	0,12

223	Oliveti	0,12
224	Altre colture permanenti	0,12
2241	Arboricoltura da legno	0,06
2242	Pioppeti in coltura	0,06
231	Superfici a copertura erbacea: graminacee non soggette a rotazione	0,0047
232	Superfici a prato permanente ad inerbimento spontaneo, comunemente non lavorata	0,0047
241	Colture annuali associate a colture permanenti	0,15
242	Sistemi colturali e particellari complessi	0,15
311	Bosco di latifoglie	0,001
31111	Aceri-frassineto con ontano bianco	0,002
31112	Aceri-frassineto con ostria	0,002
31113	Aceri-frassineto tipico	0,002
31114	Aceri-tiglieto di versante	0,002
31115	Aceri-tiglieto tipico	0,002
31121	Alneto di ontano nero e/o bianco	0,001
31122	Alneto di ontano verde	0,001
31123	Betuleto	0,001
31131	Castagneto con frassino	0,001
31132	Castagneto dei substrati magmatici	0,001
31133	Castagneto dei suoli mesici	0,001
31134	Castagneto dei suoli xerici	0,001
31135	Rovereto dei substrati magmatici	0,001
31136	Rovereto tipico	0,001
31141	Faggeta altimontana	0,001
31142	Faggeta montana tipica esalpica	0,001
31143	Faggeta montana tipica esomesalpica	0,001
31144	Faggeta montana tipica mesalpica	0,001
31145	Faggeta primitiva	0,001
31146	Faggeta submontana con ostria	0,001
31147	Faggeta submontana dei suoli acidi	0,001
31148	Faggeta submontana dei suoli mesici	0,001
31149	Faggeta submontana tipica	0,001
31151	Impianto di latifoglie	0,001
31152	Robinieta	0,002
31161	Bosco costiero dei suoli idrici	0,001
31162	Lecceta	0,001
31163	Saliceti e altre formazioni riparie	0,001
31171	Querceto dei substrati magmatici con elementi mediterranei	0,001
31181	Orno-ostrieto con leccio	0,002
31182	Orno-ostrieto primitivo	0,002
31183	Orno-ostrieto tipico	0,002
31184	Ostrio-querceto a scotano	0,002
31185	Ostrio-querceto tipico	0,002
31191	Carpineto con cerro	0,002
31192	Carpineto con frassino	0,002
31193	Carpineto con ostria	0,002
31194	Carpineto tipico	0,002
31195	Quercu-carpineto collinare	0,002
31196	Quercu carpineto planiziale	0,002
31211	Abietetto dei substrati carbonatici	0,001
31212	Abietetto dei substrati silicatici	0,001
31213	Abietetto dei suoli mesici con faggio	0,001
31214	Abieteo dei suoli mesici tipico	0,001
31215	Abietetto esomesalpico montano	0,001
31221	Formazione antropogena di conifere	0,001
31231	Lariceto primitivo	0,002
31232	Lariceto tipico	0,002
31233	Larici-cembreto con abete rosso	0,002
31234	Larici-cembreto con ontano verde	0,002
31235	Larici-cembreto tipico	0,002
31241	Pecceta con frassino e/o acero	0,001
31242	Pecceta altimontana dei subsubstrati carbonatici	0,001
31243	Pecceta subalpina dei subsubstrati carbonatici	0,001

31244	Pecceta dei substrati silicatici dei suoli mesici altimontana	0,001
31245	Pecceta dei substrati silicatici dei suoli mesici subalpina	0,001
31246	Pecceta dei substrati silicatici dei suoli xerici altimontana	0,001
31247	Pecceta dei substrati silicatici dei suoli xerici montana	0,001
31248	Pecceta dei substrati silicatici dei suoli xerici subalpina	0,001
31249	Pecceta secondaria montana	0,001
31251	Pineta di pino silvestre endalpica	0,001
31252	Pineta di pino silvestre esalpica con faggio	0,001
31253	Pineta di pino silvestre esalpica con pino nero	0,001
31254	Pineta di pino silvestre esalpica tipica	0,001
31256	Pineta di pino silvestre mesalpica con abete rosso	0,001
31257	Pineta di pino silvestre mesalpica tipica	0,001
31258	Pineta di pino silvestre primitiva	0,001
31311	Piceo-faggeto dei suoli mesici	0,001
31312	Piceo-faggeto dei suoli xerici	0,001
3211	Malghe (edificio e annessi)	0,002
3212	Pascoli di pertinenza di malga	0,004
3213	Pascoli diversi	0,004
32211	Arbusteto	0,003
32221	Pseudomacchia	0,003
32231	Mugheta macroterma	0,002
32232	Mugheta mesoterma	0,002
32233	Mugheta microterma	0,002
324	Vegetazione in evoluzione	0,003
331	Spiagge, dune, sabbie	0
3312	Vegetazione delle dune litoranee	0,003
332	Rocce nude	0
3321	Greti e letti di fiumi e torrenti	0
3322	Piste da sci e linee di impianti di risalita	0,0047
3323	Ghiaioni	0
333	Aree a vegetazione rada	0,001
334	Aree percorse da incendi	0,45
335	Ghiacciai e nevi perenni	0
411	Ambienti umidi fluviali	0
4111	Vegetazione a dominanza di canneti/giuncheti (zone umide fluviali)	0
412	Ambienti umidi lacuali	0
4121	Vegetazione a dominanza di canneti/giuncheti (zone umide lacuali)	0
4122	Vegetazione caratterizzata da dominanza arboreo/arbustiva igrofila	0,003
421	Paludi salmastre	0
4211	Casse di colmata aperte rispetto alla laguna o al mare	0,003
4213	Barene	0
4214	Vegetazione a dominanza di canneti/giuncheti (zone umide costiere)	0
4215	Valli da pesca	0
4231	Velme lagunari	0
5111	Fiumi, torrenti e fossi	0
5112	Canali e idrovie	0
5121	Bacini senza manifeste utilizzazione produttive	0
5122	Bacini con prevalente utilizzazione elettrica	0
5123	Bacini con prevalente destinazione idrica	0
5124	Bacini con prevalente altra destinazione produttiva	0
5211	Canali lagunari	0
5212	Specchi lagunari navigabili solo in condizioni di alta marea	0
5213	Acquaculture di acqua salmastra	0
523	Mari e Oceani	0

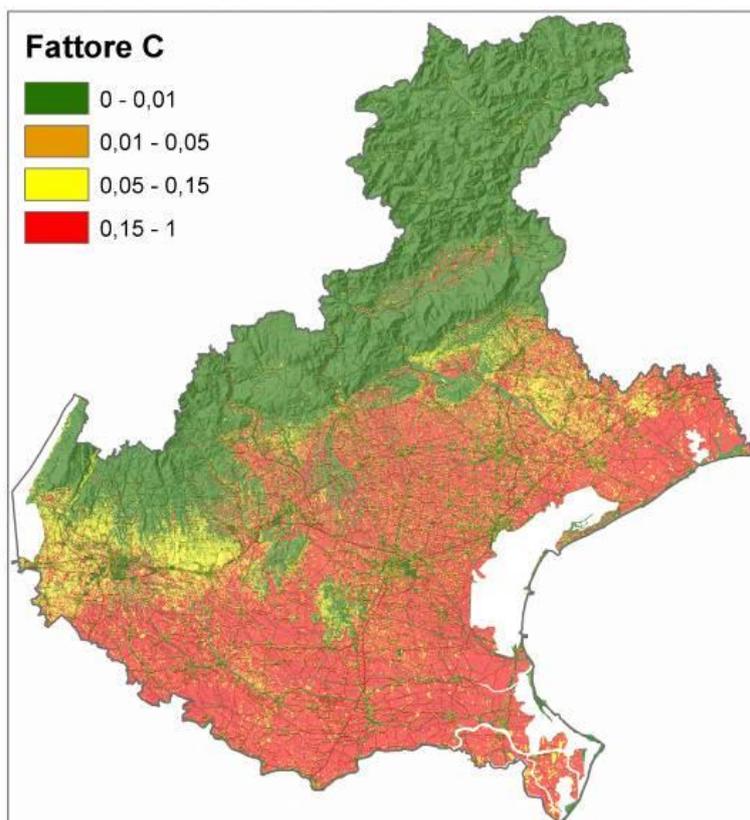


Figura 6: Fattore C per il Veneto.

6.6. Rischio d'erosione attuale

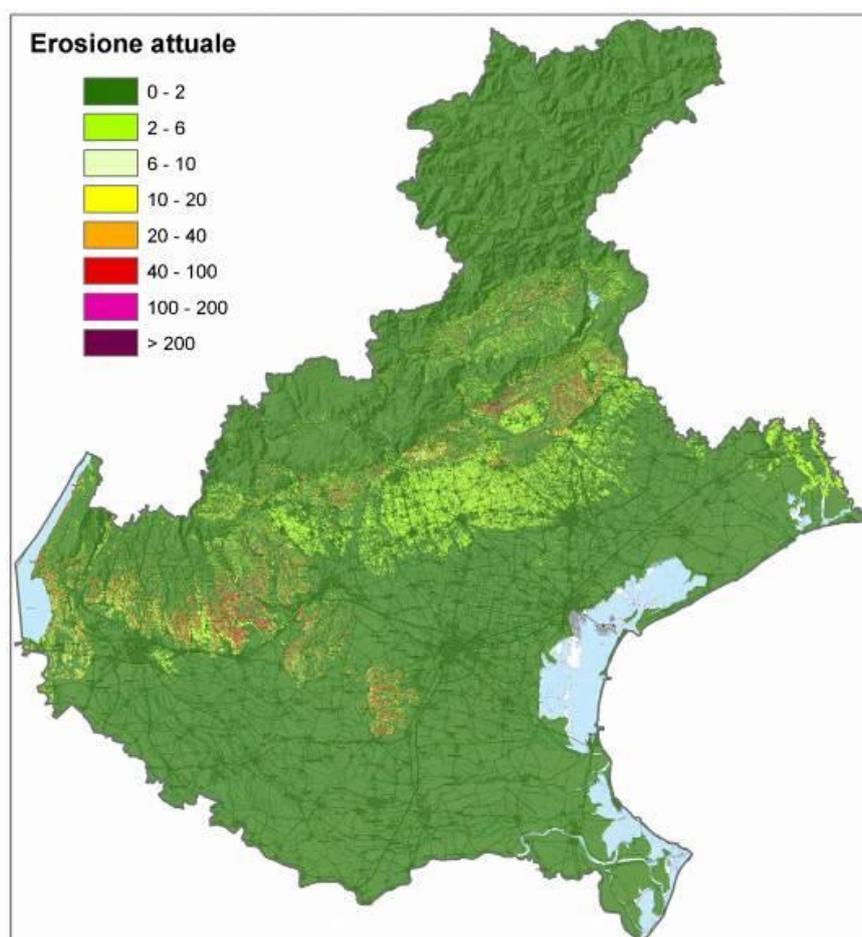


Figura 7: Rischio di erosione attuale secondo il modello USLE espresso in t/ha/anno.

La versione aggiornata del rischio di erosione attuale, ottenuta dal prodotto tra la carta del rischio di erosione potenziale e fattore C, è fornita con una risoluzione di 30m. Il calcolo del rischio d'erosione attuale dei suoli (fig. 7) prende in considerazione il fattore attenuante della copertura (fattore C) che agisce sia riducendo l'energia cinetica delle precipitazioni sia quella derivante dallo scorrimento superficiale delle acque. Anche in questo caso, la forte azione attenuante si riscontra nelle zone montane, dove la copertura di vegetazione forestale ha un'elevata funzione protettiva nei confronti dell'erosione.

6.7. Classificazione dei comuni in base al rischio di erosione

Per avere una quantificazione del fenomeno si ritiene interessante determinare la percentuale di superficie interessata da erosione di ogni comune del Veneto, scegliendo un valore soglia da considerarsi tollerabile (t/ha/anno di suolo asportato). L'erosione infatti è da considerarsi anche un fenomeno naturale e sostenibile fino ad una certa intensità, sebbene sia fortemente influenzato dall'attività umana. In tale contesto si è considerata tollerabile una perdita di suolo pari a 6 t/ha secondo quanto definito dall'OCSE (2001 e 2004) per i suoli agricoli.

E' stato trasformato lo shape file comuni in grid; è stato riclassificato il grid di erosione attuale (*er_act_30m*) con *3D Analyst Tools/Raster Reclass*, per avere il grid del valore della classe di erosione secondo lo schema seguente:

t/ha	Classe
0-2	1
2-6	2
6-10	3
10-20	4 er non toll
20-40	5 er non toll
40-100	6 er non toll
100-200	7 er non toll
>200	8 er non toll

Il grid finale è stato incrociato (*Spatial Analyst Tools/Local/Combine*) con il grid dei comuni per ottenere il grid in cui ad ogni cella corrisponde una combinazione di classe di erosione e nome del comune. La tabella è stata esportata in Access e con una serie di query sono state calcolate le superfici comunali soggette ad erosione non tollerabile (classe >3). La tabella risultante è stata di nuovo importata in ArcMap dove, legata ai comuni, ha permesso di ottenere la carta dei comuni con erosione non tollerabile.

In tabella 4 sono elencati tutti i comuni del Veneto, divisi per province, che presentano superfici con quantità di erosione non tollerabile e la rispettiva percentuale sul totale comunale (in tabella sono riportati solo i comuni per i quali più del 2% della superficie è interessata da erosione non tollerabile) escludendo dalla superficie totale tutte le aree coperte da acqua (es. lago di Garda, laguna di Venezia, ecc.). Nella versione aggiornata, i comuni con erosione non tollerabile risultano di numero minore (circa 15 in meno) e mediamente presentano minor entità di erosione rispetto alla versione del 2008.

Tabella 3: Comuni interessati da erosione non tollerabile e rispettiva percentuale di superficie.

Codice ISTAT	COMUNE	PROVINCIA	Perc sup. comunale con erosione non tollerabile
BELLUNO			
25006	Belluno	BL	6,5
25011	Cesiomaggiore	BL	2,8
25021	Feltre	BL	4,5
25022	Fonzaso	BL	2,1
25029	Limana	BL	3,4
25034	Mel	BL	2,9
25036	Pedavena	BL	3,7
25040	Ponte nelle Alpi	BL	3,0
25041	Puos d'Alpago	BL	3,3
25045	San Gregorio nelle Alpi	BL	2,9
25048	Santa Giustina	BL	6,5
25053	Sedico	BL	3,4
25061	Trichiana	BL	3,4
PADOVA			
28005	Arqua' Petrarca	PD	22,4
28009	Baone	PD	20,2
28011	Battaglia Terme	PD	4,9
28031	Cinto Euganeo	PD	22,3
28040	Galzignano Terme	PD	10,6
28047	Lozzo Atestino	PD	3,4
28057	Montegrotto Terme	PD	5,7
28071	Rovolon	PD	6,6
28089	Teolo	PD	12,3
28092	Torreglia	PD	11,1
28105	Vo'	PD	18,5
TREVISO			
26003	Asolo	TV	7,7
26004	Borso del Grappa	TV	9,6
26006	Caerano di San Marco	TV	6,4
26007	Cappella Maggiore	TV	16,2
26011	Castelcuoco	TV	12,7
26014	Cavaso del Tomba	TV	10,7
26018	Cison di Valmarino	TV	8,2
26020	Colle Umberto	TV	15,5
26021	Conegliano	TV	20,5
26022	Cordignano	TV	3,5
26023	Cornuda	TV	5,6
26024	Crespano del Grappa	TV	11,3
26025	Crocetta del Montello	TV	2,5
26026	Farra di Soligo	TV	17,6
26027	Follina	TV	7,6
26029	Fonte	TV	11,1
26030	Fregona	TV	4,0
26032	Giavera del Montello	TV	2,9
26039	Maser	TV	4,1
26042	Miane	TV	10,2
26045	Monfumo	TV	4,2
26046	Montebelluna	TV	5,2
26050	Nervesa della Battaglia	TV	4,8
26054	Paderno del Grappa	TV	8,8
26056	Pederobba	TV	6,6
26057	Pieve di Soligo	TV	4,4
26061	Possagno	TV	4,2

26065	Refrontolo	TV	20,1
26067	Revine Lago	TV	4,5
26072	San Fior	TV	5,4
26073	San Pietro di Feletto	TV	28,1
26077	San Zenone degli Ezzelini	TV	10,0
26078	Sarmede	TV	11,9
26079	Segusino	TV	2,3
26083	Susegana	TV	13,2
26084	Tarzo	TV	12,1
26087	Valdobbiadene	TV	12,7
26090	Vidor	TV	12,6
26092	Vittorio Veneto	TV	8,1
VICENZA			
24002	Albettono	VI	3,9
24003	Alonte	VI	10,1
24004	Altavilla Vicentina	VI	7,5
24005	Altissimo	VI	4,6
24006	Arcugnano	VI	6,3
24008	Arzignano	VI	19,4
24011	Barbarano Vicentino	VI	4,8
24012	Bassano del Grappa	VI	4,6
24014	Breganze	VI	9,1
24015	Brendola	VI	14,1
24017	Brogliano	VI	10,6
24019	Caltrano	VI	3,0
24020	Calvene	VI	2,1
24024	Carre'	VI	3,2
24027	Castegnero	VI	5,4
24028	Castelgomberto	VI	13,9
24029	Chiampo	VI	17,1
24034	Cornedo Vicentino	VI	13,1
24035	Costabissara	VI	3,3
24036	Creazzo	VI	11,2
24040	Fara Vicentino	VI	19,5
24043	Gambellara	VI	20,2
24044	Gambugliano	VI	15,0
24045	Grancona	VI	14,9
24048	Isola Vicentina	VI	5,9
24051	Longare	VI	3,5
24052	Lonigo	VI	5,0
24053	Lugo di Vicenza	VI	3,2
24055	Malo	VI	2,8
24057	Marostica	VI	5,5
24058	Mason Vicentino	VI	6,0
24059	Molvena	VI	19,7
24063	Monte di Malo	VI	9,6
24060	Montebello Vicentino	VI	10,9
24061	Montecchio Maggiore	VI	9,6
24062	Montecchio Precalcino	VI	4,0
24066	Monteviale	VI	7,0
24068	Montorso Vicentino	VI	12,5
24069	Mossano	VI	5,6
24070	Mussolente	VI	7,4
24071	Nanto	VI	3,7
24072	Nogarole Vicentino	VI	12,8
24075	Orgiano	VI	2,2
24077	Pianezze	VI	12,4

24084	Recoaro Terme	VI	3,1
24086	Romano d'Ezzelino	VI	2,9
24090	Salcedo	VI	4,1
24092	San Germano dei Berici	VI	6,6
24094	San Pietro Mussolino	VI	7,5
24095	Santorso	VI	5,6
24097	Sarcedo	VI	5,0
24098	Sarego	VI	16,9
24100	Schio	VI	3,5
24102	Sossano	VI	3,0
24103	Sovizzo	VI	13,9
24107	Torrebelvicino	VI	3,9
24110	Trissino	VI	17,0
24111	Valdagno	VI	4,9
24112	Valdastico	VI	2,1
24115	Velo d'Astico	VI	6,5
24117	Villaga	VI	7,1
24120	Zermeghedo	VI	10,8
24121	Zovencedo	VI	7,0
24122	Zugliano	VI	7,7
VERONA			
23001	Affi	VR	12,9
23005	Badia Calavena	VR	3,6
23006	Bardolino	VR	30,9
23013	Brentino Belluno	VR	4,9
23014	Brenzona	VR	7,5
23015	Bussolengo	VR	6,0
23017	Caldiero	VR	2,7
23018	Caprino Veronese	VR	6,4
23022	Castelnuovo del Garda	VR	8,2
23023	Cavaion Veronese	VR	14,8
23024	Cazzano di Tramigna	VR	37,0
23026	Cerro Veronese	VR	3,7
23028	Colognola ai Colli	VR	12,1
23030	Costermano	VR	13,3
23031	Dolce'	VR	3,4
23035	Fumane	VR	10,8
23036	Garda	VR	25,6
23038	Grezzana	VR	10,0
23039	Illasi	VR	22,7
23042	Lavagno	VR	19,7
23043	Lazise	VR	15,2
23045	Malcesine	VR	5,5
23046	Marano di Valpolicella	VR	26,4
23047	Mezzane di Sotto	VR	33,6
23049	Montecchia di Crosara	VR	25,2
23050	Monteforte d'Alpone	VR	27,0
23052	Negrar	VR	23,4
23057	Pastrengo	VR	13,9
23059	Peschiera del Garda	VR	8,9
23062	Rivoli Veronese	VR	6,8
23063	Ronca'	VR	28,5
23070	San Giovanni Ilarione	VR	34,5
23073	San Martino Buon Albergo	VR	10,6
23074	San Mauro di Saline	VR	3,8
23076	San Pietro in Cariano	VR	9,1
23079	San Zeno di Montagna	VR	2,5

23077	Sant'Ambrogio di Valpolicella	VR	13,9
23078	Sant'Anna d'Alfaedo	VR	3,0
23081	Soave	VR	31,0
23082	Sommacampagna	VR	7,4
23083	Sona	VR	10,7
23086	Torri del Benaco	VR	22,4
23087	Tregnago	VR	15,4
23089	Valeggio sul Mincio	VR	4,3
23091	Verona	VR	7,8
23093	Vestenanova	VR	7,8

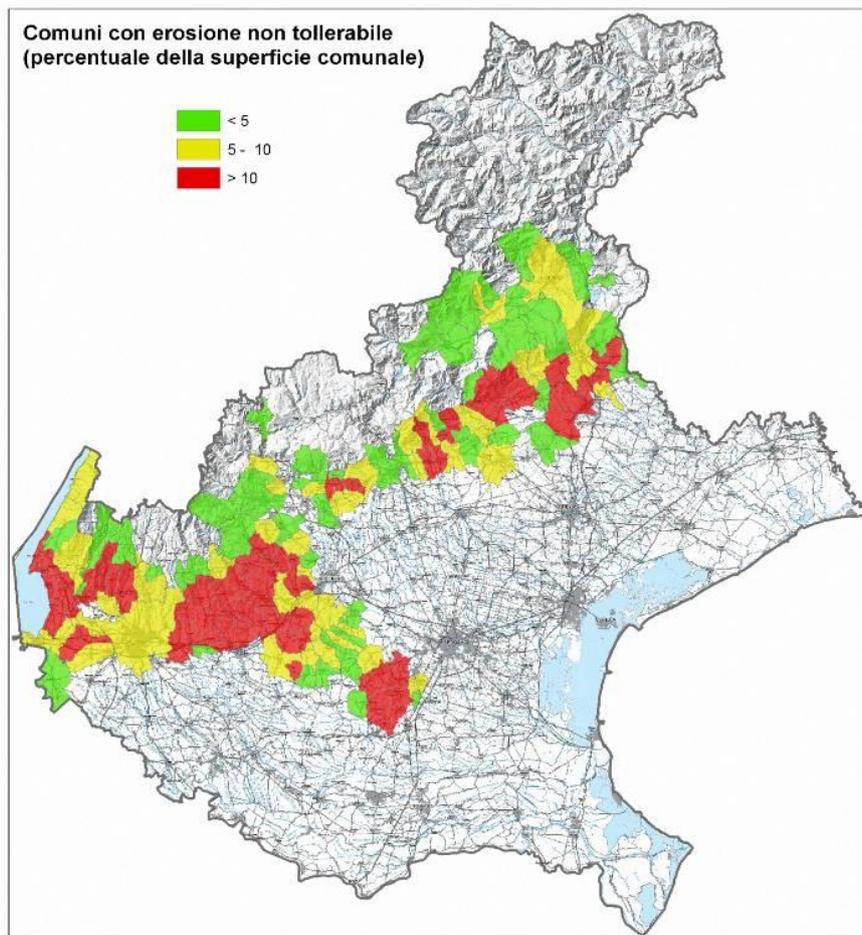


Figura 21: Percentuale della superficie comunale con erosione non tollerabile

7. APPLICAZIONE DEL MODELLO PESERA

Il modello PESERA (Pan-European Soil Erosion Risk Assessment) è un modello predittivo-quantitativo. Il linguaggio utilizzato per la sua programmazione non è complesso mentre risulta corposa la mole di dati di input e il livello delle elaborazioni che vengono eseguite. Si pensi che tra i requisiti richiesti per l'esecuzione del modello vi sono 60Gb di spazio disco dedicati. Le elaborazioni sono state effettuate in collaborazione con gli esperti dell'Ufficio europeo dei Suoli (JRC) di Ispra.

7.1. Valutazione dei dati disponibili

Il principale problema del modello PESERA è rappresentato dal fatto che il modello stesso è stato costruito sulla base della disponibilità di dati a livello europeo. Si è creata quindi la condizione in cui alcuni dati che sono disponibili a livello europeo non lo sono a livello regionale, mentre per altre tipologie di dati, quelli regionali risultano decisamente di maggior dettaglio.

7.2. Dati climatici

Per le 128 stazioni per le quali si sono calcolati l'IMF e il valore di "R" si è proceduto altresì alla determinazione dei valori dei parametri richiesti dal modello PESERA. Tale modello gode di una relativamente facile applicabilità, anche perché tiene conto di eventuali mancanze di dati che si dovessero verificare nella serie storica.

Dal modello vengono richiesti valori su base mensile. Per ottenere tali dati, peraltro, ci si è avvalsi degli archivi giornalieri dei diversi parametri registrati presso il Centro Meteorologico di Teolo. Anche in questo caso il periodo preso in considerazione per la stragrande maggioranza delle stazioni è costituito dagli anni 1992-2004.

I parametri richiesti dal modello sono i seguenti (per ciascuno di essi viene riportato un esempio relativo alla stazione di Castelfranco Veneto):

1. media per ogni mese dell'evapotraspirazione potenziale giornaliera calcolata con il metodo Penman e numero totale di osservazioni giornaliere registrate.

EVAPOTRASPIRAZIONE PENMAN																							
NBPET (numero)												MEANPET (mm)											
GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
341	311	335	284	348	357	366	367	358	367	360	368	0,42	0,83	1,69	2,55	3,69	4,29	4,56	4,02	2,49	1,20	0,57	0,34

2. media per ogni mese della precipitazione giornaliera e numero totale di osservazioni giornaliere registrate.

PRECIPITAZIONE																							
NBRF1 (numero)												MEANRF1 (mm)											
GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
368	364	403	390	402	390	402	398	389	403	389	401	1,62	1,38	1,40	3,23	2,97	3,28	2,93	2,86	3,32	4,22	3,27	2,43

3. media per ogni mese della temperatura minima giornaliera e numero totale di osservazioni giornaliere registrate.

TEMPERATURA MINIMA																							
NBTMIN (numero)												MEANTMIN (° C)											
GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
372	364	398	388	398	390	402	399	389	403	390	403	-1,99	-2,03	1,919	6,269	11,71	14,7	16,02	16,34	11,66	8,252	3,323	-0,9

4. media per ogni mese della temperatura massima giornaliera e numero totale di osservazioni giornaliere registrate.

TEMPERATURA MASSIMA																							
NBTMAX (numero)												MEANTMAX (° C)											
GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
372	364	398	388	398	390	402	399	389	403	390	403	8,0	10,1	14,5	18,2	24,8	28,2	30,4	31,1	25,2	19,3	13,1	8,5

5. media per ogni mese dell'escursione termica giornaliera e numero totale di osservazioni giornaliere registrate.

ESCURSIONE TERMICA																							
NBTRANGE (numero)												MEANTRANGE (° C)											
GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
372	364	398	388	398	390	402	399	389	403	390	403	9,99	12,13	12,60	11,91	13,06	13,51	14,36	14,72	13,57	11,03	9,81	9,45

6. media per ogni mese della temperatura media giornaliera e numero totale di osservazioni giornaliere registrate.

TEMPERATURA MEDIA																							
NBT (numero)												MEANT (° C)											
GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
372	364	398	388	398	390	402	399	389	403	390	403	3,01	4,03	8,22	12,22	18,24	21,45	23,20	23,70	18,44	13,77	8,23	3,82

7. numero totale per ogni mese del numero dei giorni con temperatura media giornaliera inferiore a 0 °C nella serie storica utilizzata (1992-2004)..

NUMERO DI GIORNI CON TMEDIA SOTTOZERO												
NBRZ (numero totale)												
GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	
56	27	0	0	0	0	0	0	0	0	6	49	

8. media per ogni mese del periodo di gelo giornaliero e numero totale di giorni in cui la temperatura minima risulta minore o al massimo uguale alla temperatura massima.

PERIODO DI GELO GIORNALIERO																								
NBPROPRZ (numero di giorni considerati)												MEANPROPRZ (proporzione) 0 = no gelo; 1 = tutto gelo												
GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	
372	364	398	388	398	390	402	399	389	403	390	403	0,222	0,178	0,037	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,048	0,185

9. numero totale mensile di giorni piovosi, cioè con precipitazione maggiore di 0 mm nella serie storica utilizzata (1992-2004).

NUMERO GIORNI PIOVOSI												
NBRF2 (numero totale)												
GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	
93	72	95	181	171	171	145	145	177	179	157	128	

10. precipitazione media giornaliera per giorno piovoso calcolata su base mensile.

PRECIPITAZIONE MEDIA PER GIORNO PIOVOSO												
MEANRF2 (mm)												
GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	
6,413	7,000	5,931	6,97	6,974	7,477	8,116	7,843	7,303	9,507	8,111	7,614	

11. deviazione standard dei valori di precipitazione relativa ai giorni piovosi.

DEVIAZIONE STANDARD DELLA PRECIPITAZIONE DEI GIORNI PIOVOSI												
MEANRF2 (mm)												
GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	
7,838	9,622	7,853	8,677	10,98	11,63	13,04	10,94	11,42	14,44	11,34	10,41	

7.3. Dati sul suolo

Il modello PESERA prende in considerazione i dati sul suolo considerando principalmente quelli disponibili nella banca dati europea dei suoli in scala 1:1.000.000. Questa banca dati contiene

numerosi campi calcolati con pedofunzioni che non sono disponibili sotto forma di dato misurato, nel database regionale. E' da considerare inoltre che le pedofunzioni utilizzate sono state costruite *ad hoc* per la situazione europea, e non sono automaticamente applicabili ad una situazione regionale; per il loro adattamento sarebbe stato necessario un lavoro specifico che esula dal presente progetto. I dati estratti dal database regionale ed utilizzati come input al modello, con le limitazioni sopra descritte, sono indicati nella seguente tabella.

Tabella 5: Grids elaborati a partire dai dati pedologici estratti dalla banca dati regionale.

Strato informativo	Grid di riferimento per il modello
Suscettività all'erosione	ERODIBILITY
Profondità utile alle radici	ROO
AWC – capacità d'acqua disponibile	AWC_SUB2S AND AWC_SUB2MM

7.4. Dati morfometrici

Per quanto concerne i dati morfometrici è stato utilizzato un DTM a 100 m, disponibile a livello europeo. Questa scelta si è resa necessaria per le difficoltà di trasferimento di proiezione del DTM a 30 m disponibile in Regione. Il modello PESERA, infatti, lavora nel sistema di riferimento europeo (Lambert Azimuthal).

7.5. Altri dataset

Per quanto concerne alcune tipologie di dati non disponibili, sono stati utilizzati gli strati informativi precedentemente elaborati in occasione per la valutazione del rischio d'erosione a livello europeo. I principali strati informativi utilizzati sono elencati nelle tabelle 6 e 7 e per i dettagli si rimanda al documento "PESERA – User's Manual"

http://eusoils.jrc.it/ESDB_Archive/pesera/pesera_cd/pdf/DL15Manual.pdf.

Tabella 6: Grid relativi a uso delle terre, colture e fasi fenologiche (25 grids).

Model Parameter	Range of values	Units	Source	Description/Source
use	-	-	<i>CORINE</i> ^d	Land cover type/management option
eu12crop1	-	-	<i>CORINE/FSS</i>	Dominant Arable Crop
maize_210c	-	-	<i>CORINE</i>	Maize Crop
eu12crop2	-	-	<i>CORINE/FSS</i>	2 nd Dominant Arable Crop
itill_crop1	1-12	-	<i>FSS/PDD</i>	Planting month: Dominant Arable Crop
itill_maize	1-12	-	<i>FSS/PDD</i>	Planting month: maize
itill_crop2	1-12	-	<i>FSS/PDD</i>	Planting month: 2 nd Dominant Arable Crop
mitill_1	0/1	-	<i>FSS/PDD</i>	Planting marker: Dominant Arable Crop
mitill_m	0/1	-	<i>FSS/PDD</i>	Planting marker: maize
mitill_2	0/1	-	<i>FSS/PDD</i>	Planting marker: 2 nd Dominant Arable Crop
cov_	0-100	%	<i>CORINE</i>	Initial ground cover Cover is updated for arable crops with reference to planting date
rough0	0,5,10	mm	<i>CORINE</i>	Initial surface storage
rough_red	0,50	%	<i>CORINE</i>	Surface roughness reduction per month
rootdepth	10-1000	mm	<i>CORINE</i>	Rootdepth

Tabella 7: Grid relativi a parametri del suolo (6 grids).

Model Parameter	Range of values	Units	Source	Description/Source
crusting	1-5	mm	SOIL DB	Crust storage
erodibility	1-5	mm	SOIL DB	Sensitivity to erosion
swsc_eff_2	0-205	mm	SOIL DB	Effective soil water storage capacity
p1xswap1	0-90	mm	SOIL DB	Soil water available to plants in top 300mm
p2xswap2	0-154	mm	SOIL DB	Soil water available to plants : (300mm and 1000mm depth)
zm	5,10,15,20,30	mm	SOIL DB	Scale depth (TOPMODEL): f(texture)

7.6. Rischio d'erosione attuale

Il modello fornisce oltre alla stima dell'erosione annuale (fig. 22) anche il rischio d'erosione attuale per singolo mese (fig. 23 e 24).

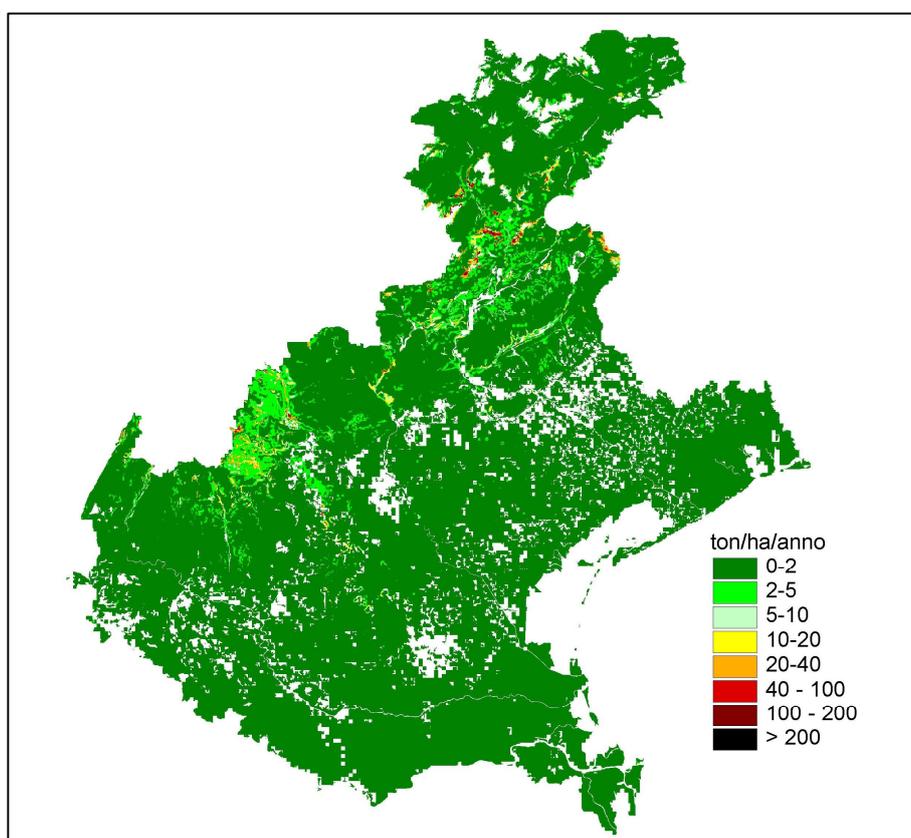


Figura 22: Rischio attuale di erosione annuale, secondo il modello PESERA.

Le immagini che seguono forniscono l'andamento del rischio d'erosione attuale per la regione Veneto nei diversi mesi dell'anno. La legenda è espressa comunque in ton/ha/anno, per cui l'erosione mensile va interpretata come l'erosione che si avrebbe annualmente se le condizioni climatiche fossero quelle di quel mese.

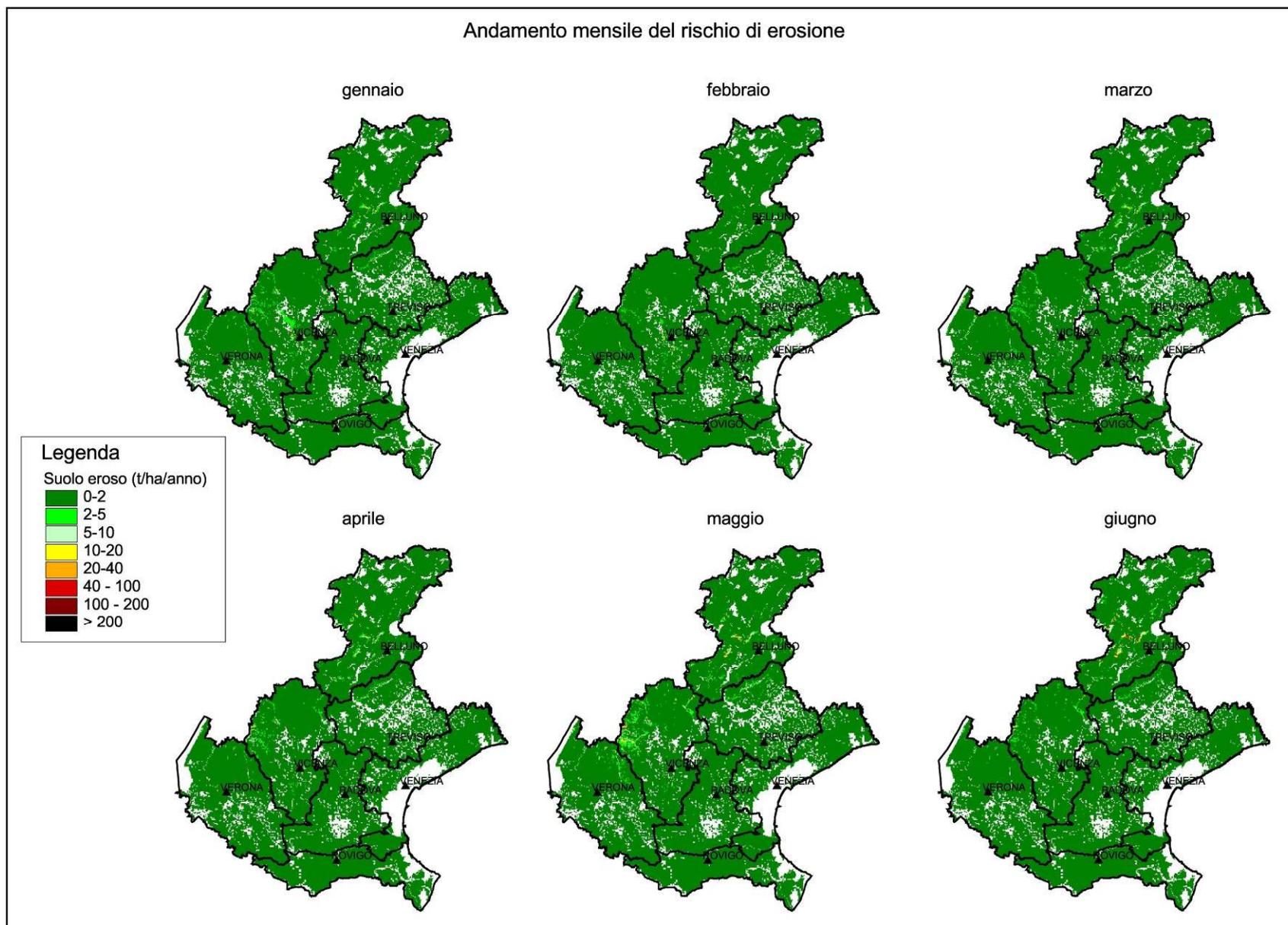


Figura 23: Rischio attuale di erosione mensile, secondo il modello PESERA nei primi sei mesi dell'anno (gennaio-giugno).

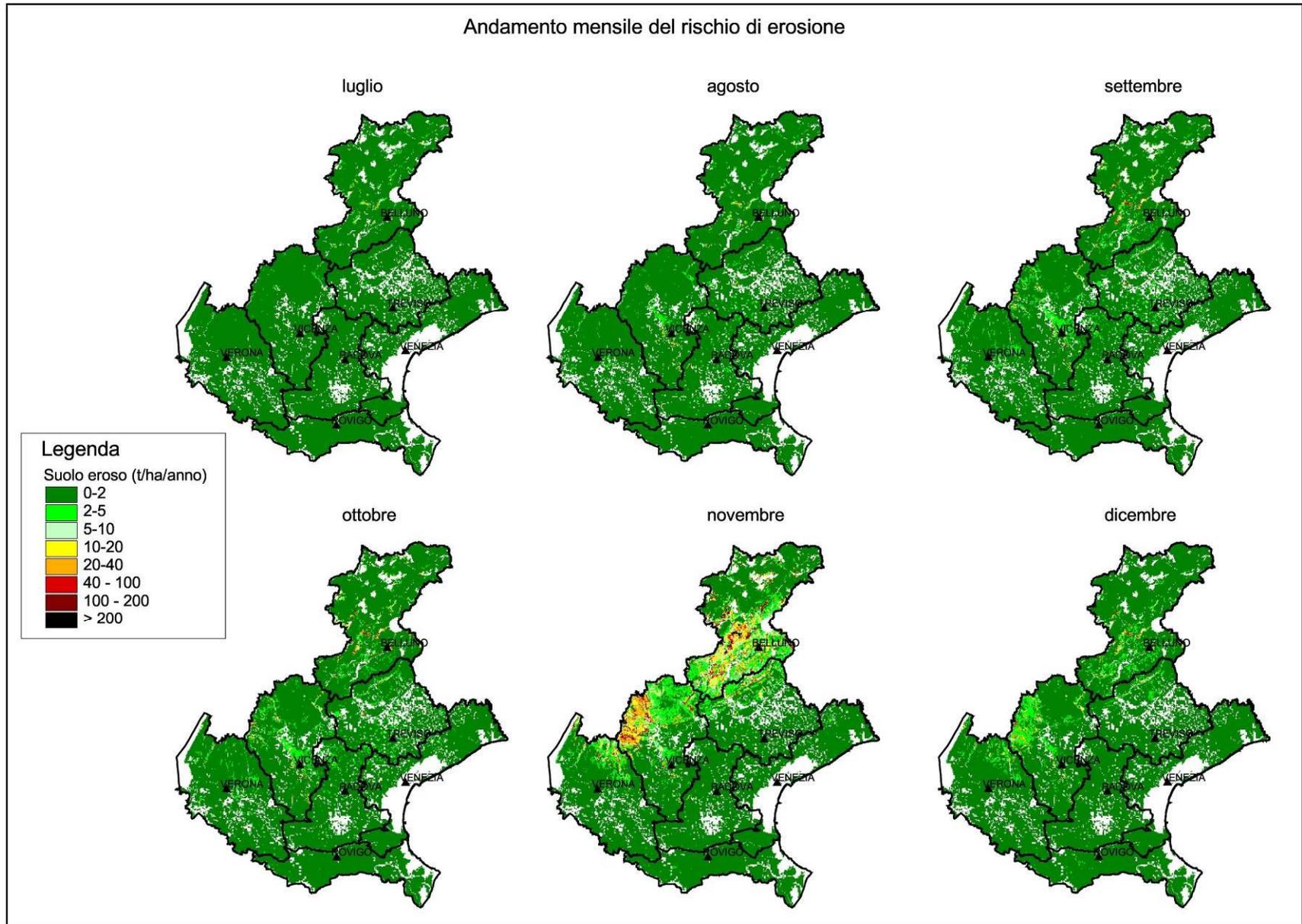


Figura 24: Rischio attuale di erosione mensile, secondo il modello PESERA nel secondo semestre dell'anno (luglio-dicembre).

7.7. Considerazioni sui risultati dell'applicazione del modello

Alcune principali debolezze legate all'applicazione del modello PESERA sono descritte nei punti seguenti:

- il modello non è ancora giunto ad una versione definitiva ma è ancora in fase di elaborazione e di modifica;
- il funzionamento del modello non è ancora trasparente all'utente per cui non è ancora possibile una sua applicazione che prescindendo da contatti diretti con il personale addetto del Joint Research Centre (JRC) di Ispra;
- il modello restituisce un'elaborazione con molti "vuoti" caratterizzati da "no data" dovuti a zone urbane e di "non suolo", ma anche al fatto che sono necessari tutti gli strati informativi richiesti per avere una risposta in termini di dato di erosione;
- molti strati informativi richiesti riguardano elaborazioni dello strato dell'uso del suolo; nell'elaborazione effettuata lo strato utilizzato è stato il Corine Land Cover 2000 che però non è sufficientemente dettagliato per tali elaborazioni a livello regionale. Manca a scala regionale uno strato di uso del suolo adeguato;
- nell'elaborazione effettuata sono stati combinati dati disponibili a livello regionale con altri a livello anche continentale; la procedura ha previsto un ricampionamento di tutti gli strati, per ottenere griglie a 100 m.
- per avere tutti gli strati nello stesso sistema di riferimento, si sono georiferiti gli strati derivanti dai dati regionali nel sistema europeo. Il risultato finale viene quindi espresso con una proiezione in Lambert Azimuthal.
- è inoltre da segnalare un certo grado di "rigidità" del modello che si basa su un set di dati predefiniti. Per ovviare a tale inconveniente e rendere il modello applicabile a qualsiasi set di dati sarebbe necessario riprogrammare alcune parti del modello stesso, legate alla banca dei suoli europea in scala 1:1.000.000.

8. CONCLUSIONI COMPARATIVE SUI MODELLI APPLICATI

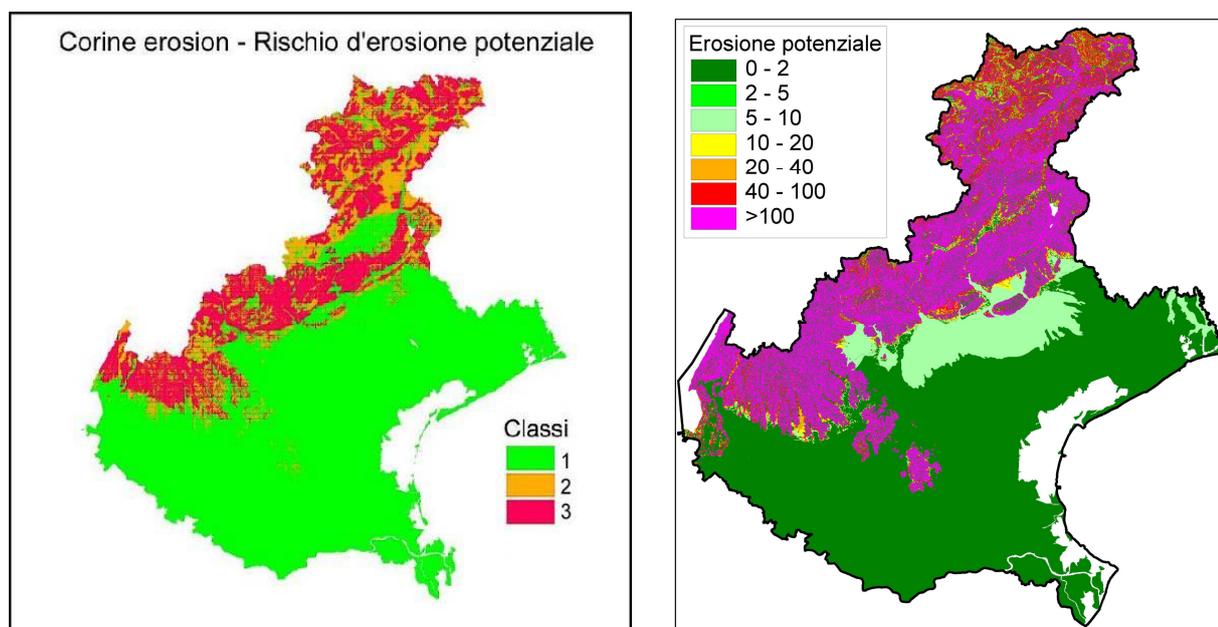


Figura 25: Confronto tra i risultati del rischio d'erosione potenziale ottenuti con i modelli CORINE e USLE.

Dalla comparazione dei risultati ottenuti applicando i tre modelli (fig. 25 e 26), si ricavano alcune osservazioni, di seguito elencate:

- ✓ Per quanto riguarda l'erosione potenziale il confronto tra il modello CORINE e USLE (il modello PESERA non fornisce tale informazione) mostra a grandi linee una concordanza nell'identificazione delle aree soggette a rischio d'erosione anche se si osserva una certa variabilità nell'entità del fenomeno. Il modello CORINE sembra dare un peso maggiore al fattore pendenza rispetto al suolo e questo è evidente in aree a bassa pendenza in contesto prealpino-montano (es. Valbelluna) dove invece il modello USLE assegna valori di erosione ancora notevoli;

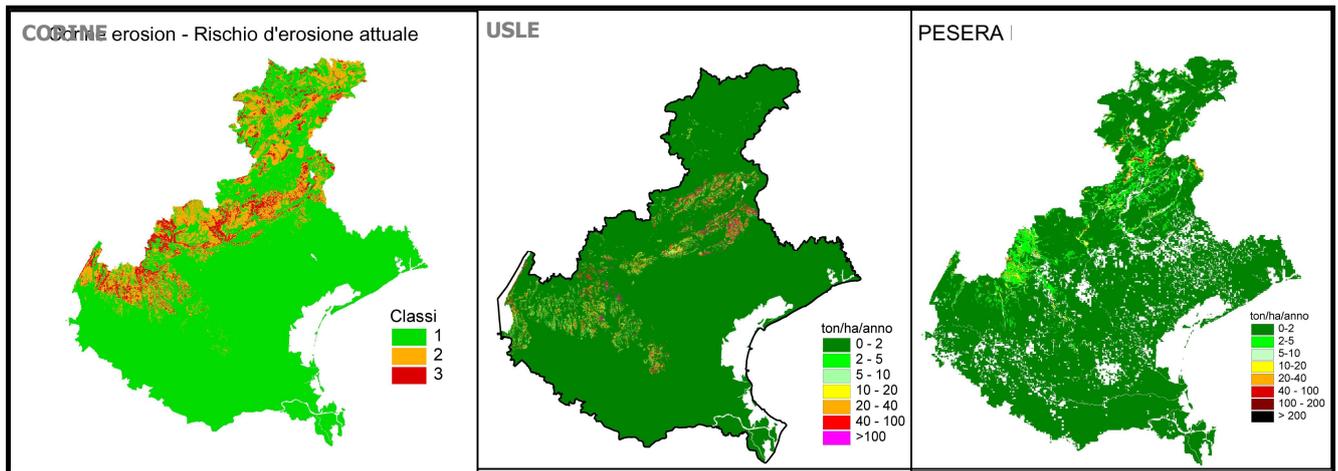


Figura 26: Confronto tra i risultati del rischio d'erosione attuale ottenuti con i tre modelli (CORINE, USLE, PESERA).

- ✓ per quanto riguarda l'erosione attuale, i tre modelli applicati mostrano una notevole discordanza nell'identificazione delle aree soggette a rischio d'erosione. Anche in questo caso il modello CORINE sembra dare maggior peso al fattore pendenza mentre sia USLE che PESERA, anche in aree molto pendenti ma ben protette (copertura forestale), attribuiscono dei valori di erosione relativamente bassi;
- ✓ il CORINE fornisce un inquadramento di massima del fenomeno erosivo che, anche se grossolano, può essere utile per descrizioni sintetiche e per certi versi può essere adeguato rispetto alla mancanza di dati con cui validare i risultati teoricamente più precisi di modelli più sofisticati;
- ✓ dall'esperienza di campagna, unico "strumento di validazione" disponibile al momento attuale, risulta che il modello USLE fornisce i risultati più convincenti: bassa o nulla erosione nelle zone di montagna coperte da boschi e una certa entità del fenomeno nella fascia collinare pedemontana, caratterizzata da superfici allo stesso tempo pendenti e coltivate; in alcuni casi il fenomeno è comunque con buona probabilità sovrastimato in relazione a quanto accennato nel capitolo 7.3 (fattore L);
- ✓ i risultati del modello PESERA, oltre ai problemi legati alla struttura del programma, descritti nel paragrafo precedente, presenta alcune "anomalie" rispetto all'esperienza di campagna e rispetto ai risultati del modello USLE (fig. 27):
 - un'elevata erosione nella zona delle prealpi vicentine (Piccole Dolomiti), probabilmente dovuta all'abbondanza delle precipitazioni in questa zona, ma non evidenziata in zone con caratteristiche simili (es: zona del Cansiglio);
 - ridotta o completa assenza di erosione nella fascia collinare pedemontana legata ad una diversa valutazione del fattore copertura.

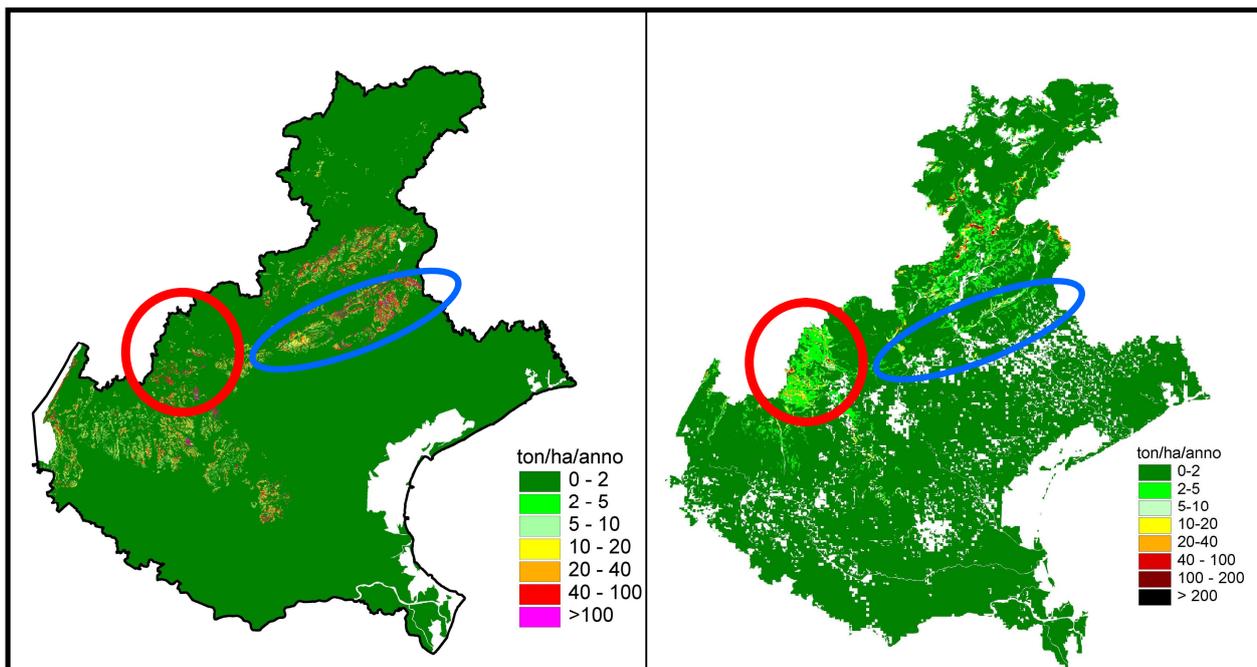


Figura 27: Confronto tra il modello USLE e PESERA. Cerchiate le aree in cui la previsione dei modelli è molto diversa

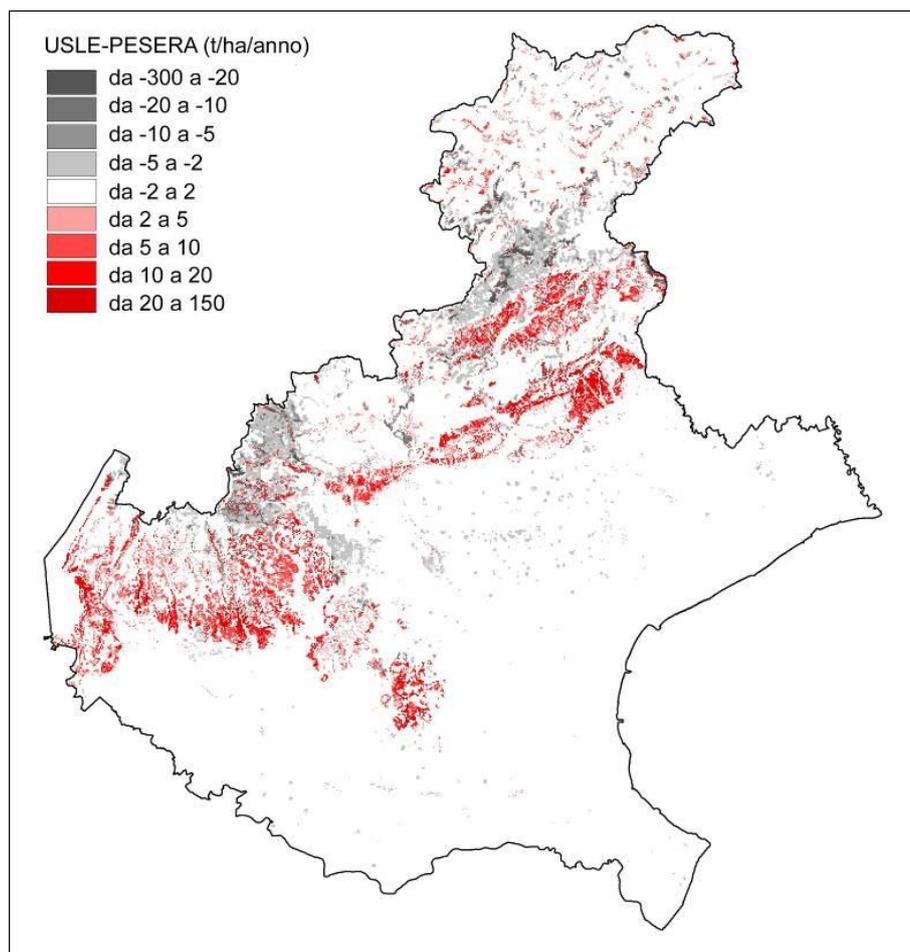


Figura 28: Differenza tra il risultato di erosione attuale ottenuto con il modello USLE e quello ottenuto con il modello PESERA. La differenza è espressa in classi di tonnellate/ha/anno. I colori rossi indicano le aree in cui il rischio di erosione risulta maggiore con il modello USLE, quelle con colori grigi, le aree dove è il modello PESERA ad assegnare maggior erosione.

Queste differenze vengono ulteriormente chiarite dalla figura 28 che visualizza la differenza (in t/ha/anno) tra i risultati ottenuti con il modello USLE e quelli ottenuti con il modello PESERA. Si nota inoltre in (fig. 29) come quasi il 90% della superficie regionale cada nella classe con la minor differenza tra i due risultati (classe 5, corrispondente ad un massimo 2 t/ha/anno di differenza), mentre le maggiori differenze ricadano, come già sottolineato, nella fascia pedemontana (differenza USLE-PESERA positiva, ossia valori più alti di erosione dati dal modello USLE) e nella zona delle prealpi vicentine e delle Dolomiti Bellunesi (differenza USLE-PESERA negativa, ossia valori di erosione più alti attribuiti dal modello PESERA).

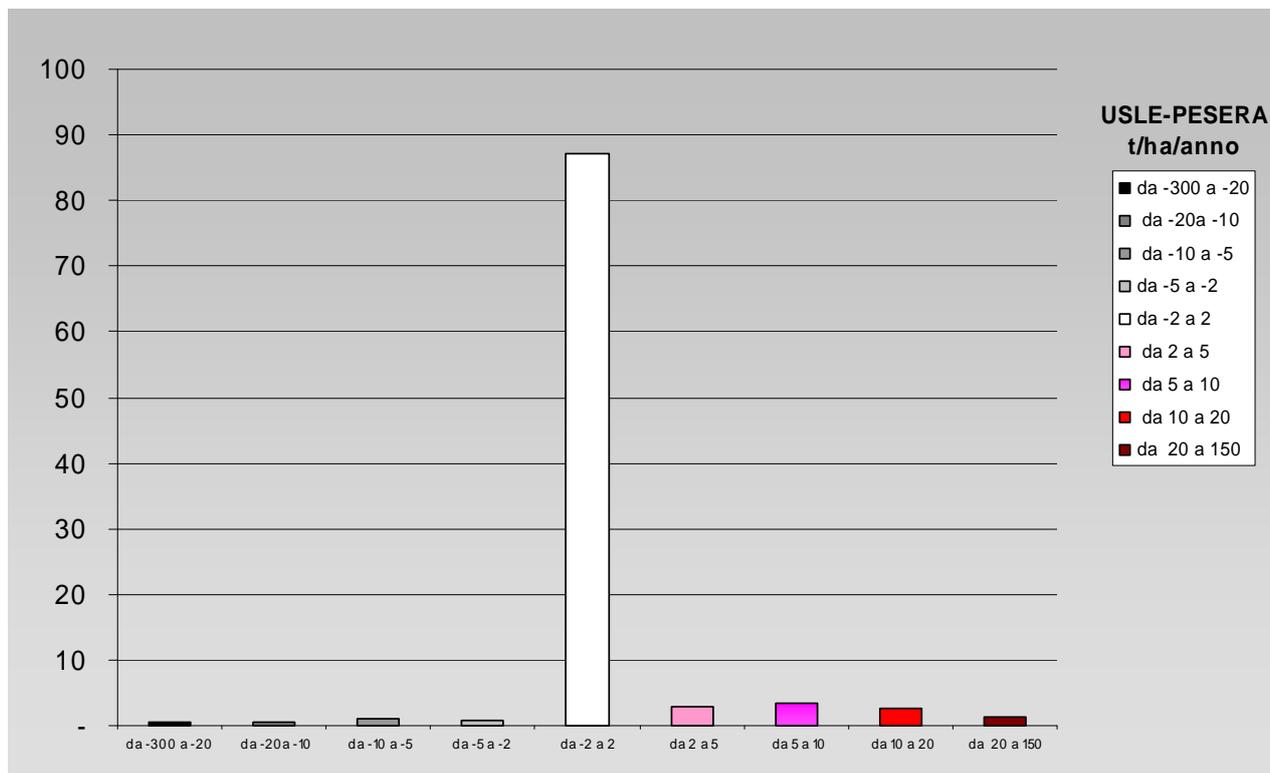


Figura 29: Classi di differenza tra il rischio di erosione attuale ottenuti con il modello USLE e con il PESERA.

Più difficile risulta la comparazione tra i risultati del modello USLE con il CORINE in quanto quest'ultimo fornisce dei risultati di tipo qualitativo. Per tentare comunque un confronto oggettivo si è deciso di trasformare la carta del rischio di erosione attuale, ottenuta con l'USLE, in una carta di tipo qualitativo. Si è attribuito a tutti i pixel con valori di erosione inferiori a 6t/ha/anno, che l'OCSE (2001 e 2004) definisce soglia di erosione sostenibile, la classe di rischio "bassa", ai pixel con valori compresi tra 6 e 40 la classe di rischio "moderata" e ai pixel con valori superiori la classe "alta". La figura 30 evidenzia le aree in cui il modello USLE, modificato come descritto nei paragrafi precedenti, è in accordo con il modello CORINE (grigio) e le aree dove i due modelli differiscono (rosso e blu).

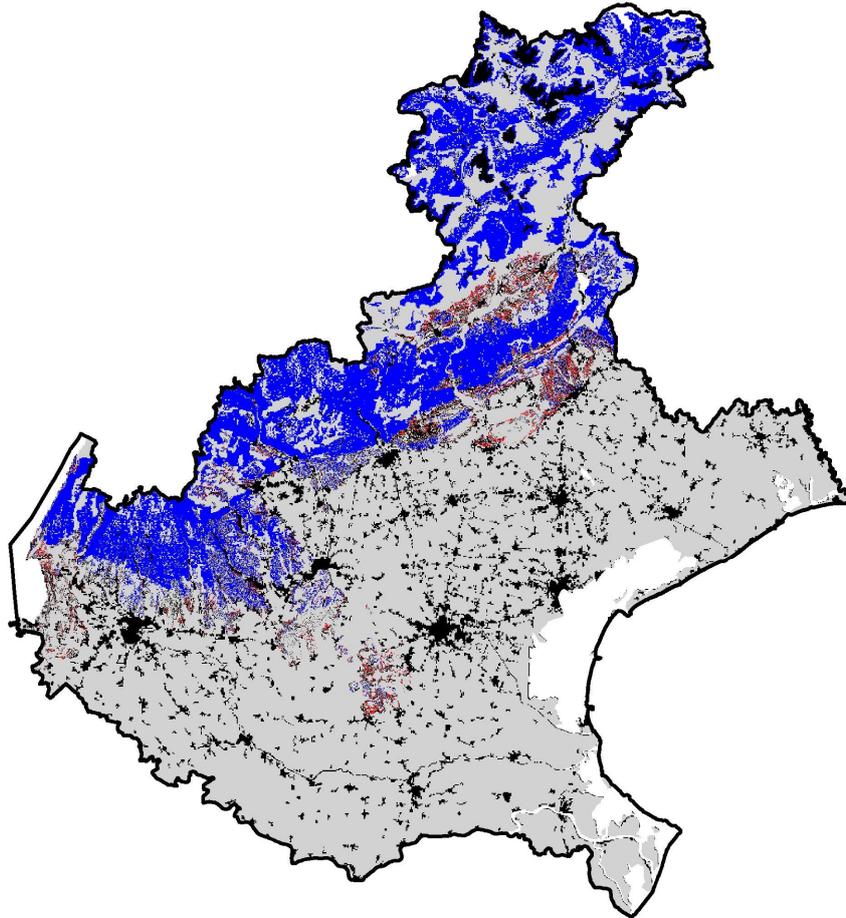


Figura 30: Differenza tra il risultato di erosione attuale ottenuto con il modello USLE, modificato in classi qualitative, e quello ottenuto con il modello CORINE. In grigio le aree dove i due modelli concordano sulla classe di erosione, in blu le aree dove il CORINE indica un'erosione maggiore e in rosso viceversa.

Un'ultima osservazione riguarda il confronto tra il rischio di erosione potenziale e quello attuale. L'erosione potenziale rappresenta ciò che si potrebbe verificare in seguito a determinati cambiamenti d'uso delle superfici ed è quindi un documento da tenere presente nelle politiche di gestione del territorio. A questo proposito va sottolineato che il modello PESERA non prevede, nella versione attuale, l'elaborazione di tale informazione.

Al di là della comparazione tra i modelli adottati, è fondamentale sottolineare che, qualunque sia il risultato ottenibile con un modello predittivo, la sua utilizzazione dovrebbe seguire la validazione con misure dirette del fenomeno. Anche nella fase di calibrazione dei modelli la possibilità di avvalersi di dati direttamente misurati può fornire utili chiavi di lettura e consentire l'aggiustamento dei parametri richiesti. I risultati ottenuti in questo progetto, quindi, rappresentano solo una prima valutazione ed applicazione dei principali modelli predittivi sul fenomeno dell'erosione dei suoli della Regione Veneto anche se, sulla spinta di alcuni documenti programmatici e della futura legislazione comunitaria, tali strati informativi possono rappresentare un utile strumento per la pianificazione degli interventi mirati alla lotta all'erosione. A questo proposito va sottolineato che un aspetto positivo del modello PESERA è rappresentato dalla possibilità di ottenere un andamento mensile del fenomeno erosivo, cosa che consente di evidenziare i periodi di maggiore "criticità" del fenomeno e permette l'utilizzo di tali risultati nella valutazione delle misure volte alla conservazione del suolo, come ad esempio quelle previste nei Piani di Sviluppo Rurale (PSR) regionali.