

Valutazione della produzione di sedimento nei bacini idrografici afferenti alla spiaggia di Santa Margherita di Pula (Sardegna SW)

Felice Di Gregorio, Marco Pusceddu, Andrea Serreli

Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Cagliari, Laboratorio di Geologia Ambientale

Riassunto

Il presente lavoro si inserisce nel quadro di una ricerca sulla valutazione del rischio d'erosione costiera in aree sensibili condotto dal gruppo di ricerca del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Cagliari in cooperazione con una unità operativa di ingegneria marittima e costiera della stessa università. L'area studiata è quella della costa di Santa Margherita di Pula, come insieme delle spiagge di Pinus Village, Riva dei Pini, Perla Marina e Forte Village, nella Sardegna sud- occidentale.

Nella presente ricerca finalizzata alla valutazione del trasporto solido è stato utilizzato il modello multiparametrico di Gavrilovic (1972), modificato da Zemljic (Gavrilovic, 1959; Zemljic, 1971; Gavrilovic, 1972), che è stato scelto perchè sviluppato in ambiente mediterraneo e su bacini di piccole dimensioni a carattere torrentizio come quelli dell'area in considerazione. Il metodo di Gavrilovic è stato sviluppato in ambiente GIS per mezzo di procedure di validazione topologica del *data base* e di integrazione dei dati sulla base del modello concettuale adottato. Operativamente si è proceduto alla successiva derivazione di informazioni di sintesi con l'attribuzione di pesi in funzione della propensione all'erosione dei vari tematismi considerati secondo le seguenti fasi attuative:

- analisi e valutazione delle caratteristiche geologiche dei bacini idrografici;
- analisi dell'uso del suolo e della copertura vegetale rilievi sul campo mediante fotointerpretazione di riprese aeree e valutazione della suscettività all'erosione delle diverse classi ai processi d'erosione;
- analisi morfometrica dei piccoli bacini idrografici sottesi dall'unità fisiografica;
- applicazione del modello di Gavrilovic con conseguente valutazione della quantità di sedimento trasportato in ciascun bacino afferente la spiaggia considerata.

Abstract

This paper is part of a research that aim to the risk of coastal erosion assessment in sensitive areas, the research is conducted by the research group of the Department of Earth Sciences in cooperation with a research group that works in maritime and coastal engineering at the University of Cagliari. The studied area is the coast of Santa Margherita di Pula, as a set of the beaches of Pinus Village, Riva dei Pini, Perla Marina e Forte Village, in the south – western Sardinia.

In this work, to assess the sediment transport was chosen the multiparametric model of Gavrilovic (1972), as amended by Zemljic (Gavrilovic, 1959; Zemljic, 1971; Gavrilovic, 1972), this model was chosen because it was developed in Mediterranean environment and in small torrential basins, like the basins in the studied area. The model of Gavrilovic was developed with a GIS, through topological validation of the database and the data integration on the basis of the conceptual model adopted, it was proceeded to the derivation of summary information by assigning a weight according to the propensity to erosion of the various thematic data, through the following steps:

- analysis and evaluation of the geological characteristics of the catchment basins;

- analysis of land use and land cover, surveys on the site through aerial photo interpretation and evaluation of susceptibility to erosion of the various classes to the erosion processes;
- morphometric analysis of the small catchment basins in the physiographic unit;
- application of the Gavrilovic model with subsequent evaluation of the amount of sediment transported in each catchment basin.

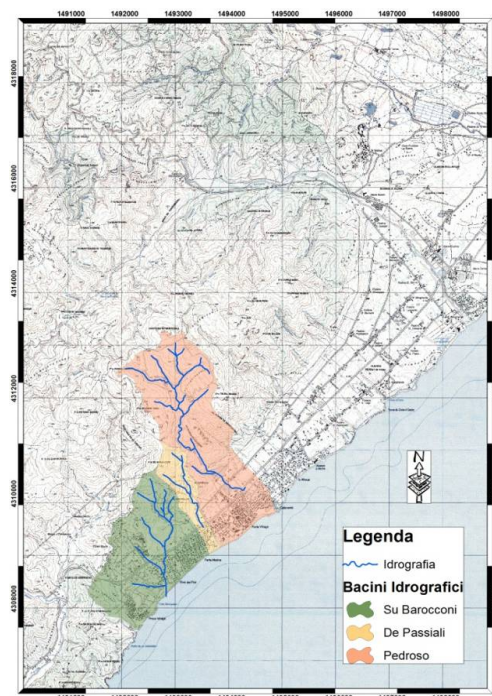


Figura 1 – Area oggetto di studio.

Metodologia adottata

Il modello di Gavrilovic (Gavrilovic, 1972) è stato applicato per poter stimare l'apporto sedimentario nella spiaggia di Santa Margherita come insieme delle singole spiagge di Pinus Village, Riva dei Pini, Perla Marina e Forte Village, prodotto dai seguenti bacini idrografici (Figura 1):

- Bacino del Rio Su_Barocconi (3,6 Km²);
- Bacino del Rio De Passiali (0,78 Km²);
- Bacino del Rio Pedroso (4,72 Km²).

In accordo con quanto proposto da Gavrilovic e da Zemljic (Gavrilovic, 1972) la produzione media annua in mc di sedimento si ottiene con la seguente formula analitica:

$$W = T * h * \pi * F * Z^{3/2}$$

Dove:

W è la perdita di suolo media annua in mc

T è il coefficiente di temperatura e risulta $T = [(t'/10) + 0.1]^{1/2}$ con t' temperatura annuale media

h è la precipitazione annuale media in mm

F è la superficie del bacino in Km²

Z è il coefficiente di erosione relativa determinabile con la seguente espressione analitica:

$$Z = X * Y * (G + Im^{1/2})$$

Dove:

X è un fattore di protezione del suolo

Y è un fattore geolitologico di erodibilità del suolo

G è un fattore che esprime i processi geomorfologici erosivi e la loro intensità

Im è la pendenza media del bacino

Il valore di protezione X è stato valutato per ogni sub-area bacinale fino ad ottenere un valore medio ponderato sull'area totale del bacino.

L'attribuzione dei valori ai coefficienti X, Y e G è avvenuta mediante l'uso di tabelle proposte dagli autori (Zemljic 1971) e sulla base di stime delle superfici dei diversi bacini in funzione dei fattori uso del suolo e/o copertura vegetale, geologia, processi geomorfologici.

Nella presente ricerca l'applicazione del modello di Gavrilovic è stata specificatamente adattata alla realtà dei bacini idrografici sopraccitati. Per la valutazione del valore dei fattori Xi, con i che varia tra 1 e n superfici caratterizzate da una determinata tipologia di uso o copertura del suolo sono stati rivalutati secondo un valore medio pesato sulla superficie totale di ciascun bacino per ottenere il valore di X associato ad ogni singolo bacino.

La parametrizzazione del valore dei fattori Yj, con j che varia tra 1 e n superfici caratterizzate da un substrato litologico, è stata condotta attraverso la riclassificazione del dataset della geologia dei substrati, associando dei valori ad ogni superficie caratterizzata da un particolare substrato geologico, in seguito rivalutati secondo un valore medio pesato per ottenere il valore di Y associato a ciascun bacino.

Per la valutazione del fattore G si è proceduto in prima analisi alla mappatura, per aerofotointerpretazione e rilievo in campo, delle superfici interessate da diverse forme e processi geomorfologici erosivi di vario grado e quindi alla redazione, per ciascun bacino, di un nuovo dataset, con topologia poligonale, da inserire nel database; successivamente si è proceduto alla attribuzione dei valori Gk, con k che varia tra 1 e s superfici distinte secondo la mappatura e caratterizzate da un particolare processo geomorfologico erosivo. I valori sono stati rivalutati secondo un valore medio pesato sulla superficie totale di ciascun bacino per ottenere il valore di G associato al bacino intero.

Attraverso un processo di analisi spaziale condotto sul *raster* delle pendenze è stato colcaloto il valore $Im^{1/2}$.

Il valore della temperatura media annua t' utilizzato per il calcolo del fattore T deriva dall'analisi statistica condotta sui dati delle termometrie medie annuali relative alla stazione meteorologica di Domusdemaria, prossima all'area di studio, ed è $t' = 17^\circ$.

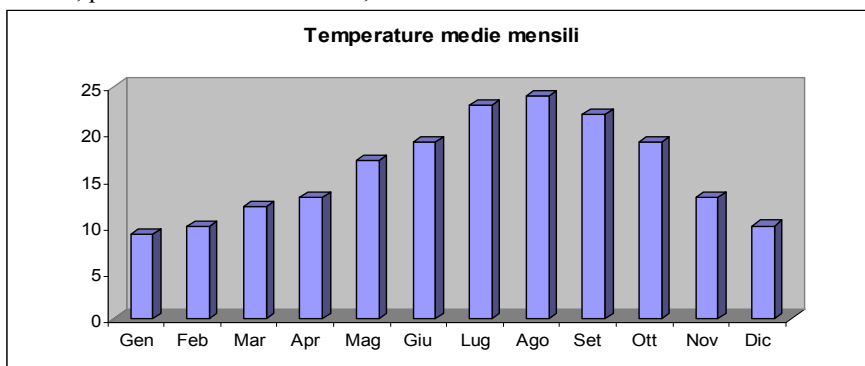


Figura 2 – Analisi statistica condotta sui dati delle temperature medie mensili.

Analogamente il valore della precipitazione media annua h utilizzato nel calcolo della formula di Gavrilovic deriva dall'interpolazione e dall'analisi statistica condotta sui dati delle altezze di pioggia medie annuali registrate nella stessa stazione meteorologica di Domusdemaria ed è $h = 731$ mm.

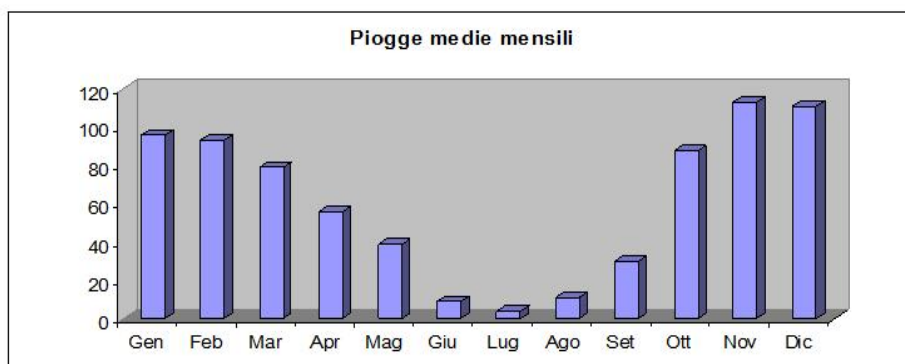


Figura 3 – Analisi statistica condotta sui dati delle altezze di pioggia.

Di seguito vengono riportate le tabelle in cui sono riassunti i valori associati ai coefficienti X, Y e G derivanti dai datasets dell'uso e della copertura del suolo e della geologia delle aree interessate da forme e processi geomorfologici erosivi. I valori riportati nelle tabelle derivano dalla osservazione

delle tabelle proposte da Zempljic (1971) e sono stati adattati alla realtà locale anche in funzione della scala di dettaglio con cui è stato redatto il dataset.

Infatti, per quanto riguarda il dataset dell'uso e della copertura del suolo si deve osservare che numerose classi di legenda non sono citate nelle tabelle del Zempljic e pertanto i valori sono stati adattati operando una scelta ponderata sulla base delle indicazioni del Piano di Assetto Idrogeologico Regionale (PAI), delle conoscenze maturate nel settore e sulla base di osservazioni dirette in campo.

| Valori del fattore di protezione del suolo X | | |
|---|---|-------------|
| Bacino idrografico prima degli interventi contro l'erosione | | |
| CODICE UDS | Voci di legenda | Valore di X |
| 11211 | Residenze estive organizzate in villaggi turistico-residenziali | 0,1 |
| 1122 | Tessuto agroresidenziale sparso e fabbricati rurali | 0,5 |
| 11212 | Residenze estive raggruppate ma non organizzate in villaggi | 0,25 |
| 12121 | Grandi impianti di smaltimento rifiuti e depurazione acque | 0 |
| 1213 | Strutture turistico-ricettive (alberghi, ristoranti, etc.) | 0,15 |
| 1221 | Reti stradali e spazi accessori | 0 |
| 1224 | Impianti a servizio delle reti di distribuzione (telecomunicazioni, energia ed idriche) | 0 |
| 1232 | Porticcioli da diporto | 0 |
| 1322 | Depositi di rottami a cielo aperto | 0,7 |
| 1331 | Spazi in costruzione | 1 |
| 1332 | Fasce parafuoco | 1 |
| 1411 | Aree verdi urbane ed extraurbane | 0,6 |
| 1412 | Spazi verdi non urbani, fasce frangivento | 0,85 |
| 14212 | Campi sportivi (calcio, atletica, tennis, golf) | 0 |
| 2111 | Seminativi in aree non irrigue | 0,9 |
| 2112 | Prati artificiali | 0,95 |
| 2124 | Colture in serra | 0,1 |
| 221 | Vigneti | 0,7 |
| 222 | Frutteti e frutti minori | 0,7 |
| 223 | Oliveti | 0,7 |
| 3222 | Formazioni di ripa | 0,1 |
| 32311 | Macchia bassa | 0,65 |
| 32312 | Macchia alta | 0,1 |

Figura 4 – Tabella dei valori del coefficiente X o fattore di protezione del suolo con descrizione del tipo di copertura e uso del suolo, associazione del codice CORINE land cover e associazione dei valori.

| Valori del fattore esprimente i processi geomorfologici e la loro intensità erosiva G | |
|--|--------------------|
| Processi erosivi caratterizzanti le singole aree cartografate | Valore di G |
| Processi di erosione costiera ed eolica | 0.1 |
| Processi di erosione areale debole | 0.2 |
| Processi di erosione areale intensa | 0.5 |
| Processi di erosione areale intensa e formazione di rivoli | 0.6 |
| Processi di erosione lineare da deflusso in talweg, di erosione di sponda e di incisione di canali | 0.7 |

Figura 5 – Tabella dei valori del coefficiente G o fattore esprimente i processi geomorfologici con descrizione.

| Valori del fattore di erodibilità del suolo Y | |
|---|--------------------|
| Descrizione della litologia (legenda) | Valore di Y |
| Sabbie dei litorali da medio-grosse a ghiaiose, sino a ghiaie. Olocene Sa | 2.00 |
| Sabbie delle dune costiere. Olocene Eol.2 | 2.00 |
| Alluvioni recenti ciottolose o ciottoloso-sabbiose, prevalentemente sciolte, a elementi più o meno grossolani a diverso grado di elaborazione. Olocene Al 4 | 1,95 |
| Depositi alluvionali poligenici e policiclici ben cementati con elementi poco elaborati in matrice argillo-sabbiosa, fortemente ferrettizzata. Pleistocene Al 2 | 1,90 |
| Depositi alluvionali terrazzati, ghiaiosi ed argilloso-sabbiosi, con elementi mediamente elaborati, generalmente ben cementati con matrice argilloso-sabbiosa. Pleistocene Al 1 | 1,80 |
| Formazione del Cixerri, depositi clastici continentali di piana alluvionale, costituiti da arenarie quarzoso-feldspatiche a grana medio grossa, stratificate e ben cementate, con intercalazioni di conglomerati poligenici argillose mamoso siltose Eocene medio – Oligocene inf? Cix | 1,50 |
| Prevalenti leucosienograniti di colore rosato, con biotite, in genere a grana equigranulare grossa; localmente più o meno alterate. Carbonifero sup. – Permiano G | 0,40 |

Figura 6 – Tabella dei valori del coefficiente Y o fattore geolitoologico di erodibilità del suolo con descrizione del tipo di roccia – sottosuolo in funzione della legenda del dataset della geologia e associazione dei valori.

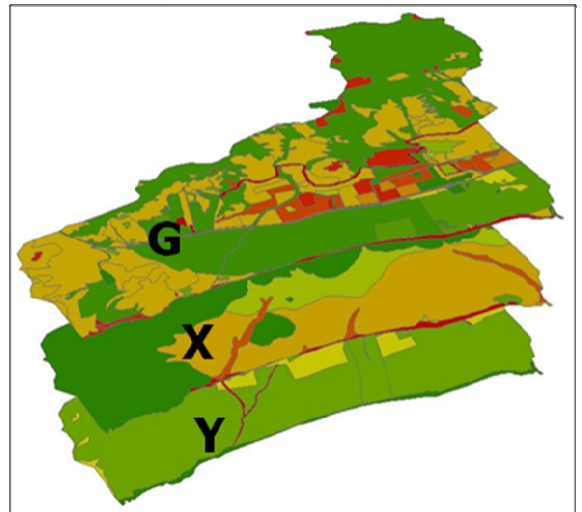
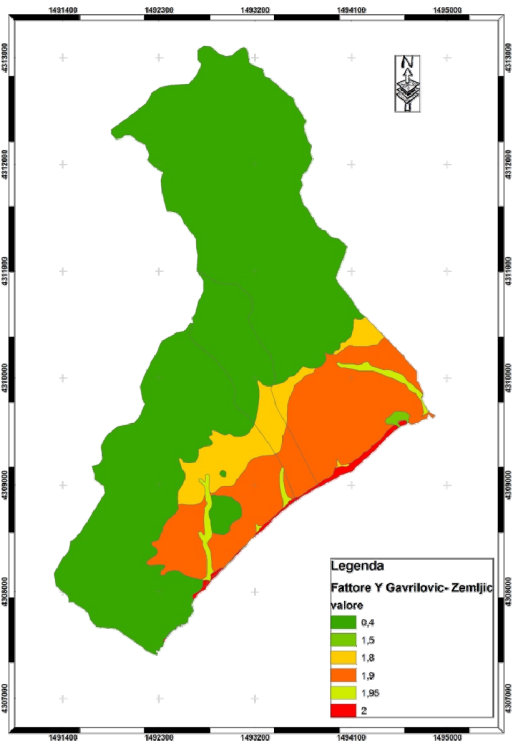
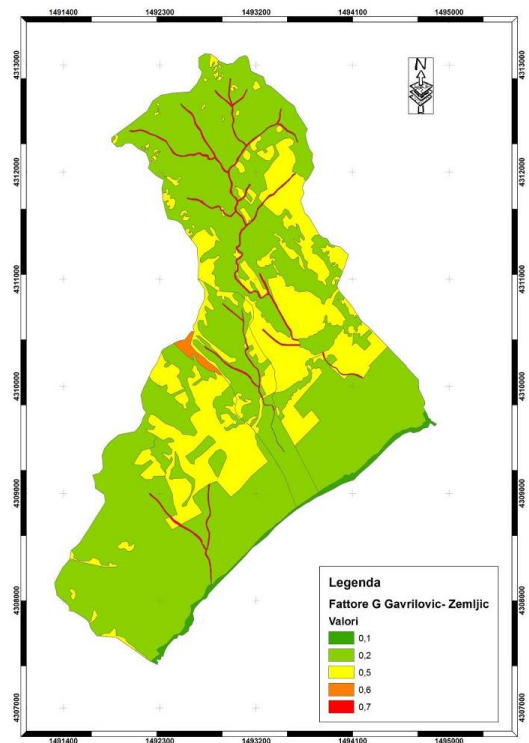
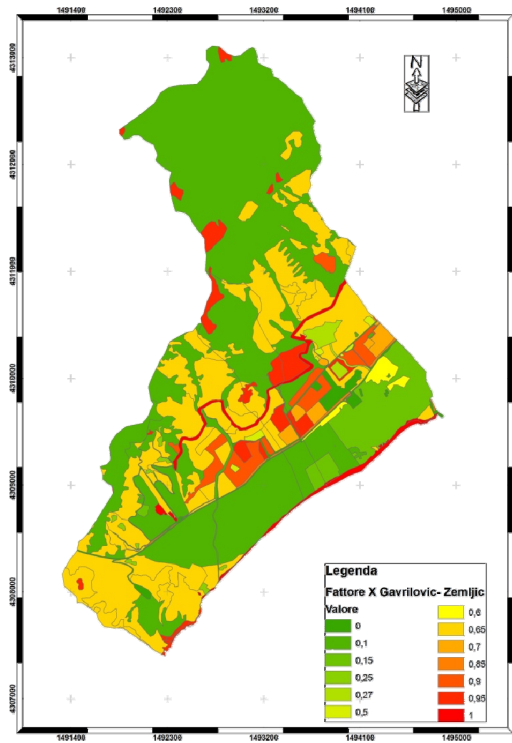


Figura 7 – Reinterpretazione dei dataset uso del suolo, della geologia e dei processi geomorfologici secondo Gavrilovic-Zemljic.

Sulla base dei valori riportati nelle tabelle e attraverso le procedure precedentemente descritte, sono stati calcolati per ciascun bacino i fattori X, Y e G per la determinazione del coefficiente di erosione relativa Z, secondo quanto riportato nella formulazione di Gavrilovic.

Dai calcoli effettuati risulta che:

| Fattore | Bacini idrografici | | |
|---------------|--------------------|---------------|----------------|
| | Rio Su Barocconi | De Passiali | Rio Pedroso |
| G | 0,15 | 0,18 | 0,21 |
| X | 0,42 | 0,38 | 0,30 |
| Y | 0,83 | 0,83 | 0,80 |
| Im (%) | 23 | 37,6 | 30,5 |
| Z | 0,22 | 0,25 | 0,18 |
| F (Kmq) | 3,6 | 0,78 | 4,72 |
| W (mc) | 1139,40 | 300,67 | 1136,90 |

Figura 8 – Tabella riassuntiva dei valori dei coefficienti relativi a ciascun bacino e della produzione media annua di sedimento (W) di ciascun bacino idrografico.

Nel bacino del Rio Pedroso è presente un corpo di diga di 50157 mq, si è perciò voluto calcolare la quantità media annua di sedimenti prodotti nella sezione di bacino a monte della diga (Figura 9) Per poter eseguire questa operazione è stato delimitato un nuovo bacino la cui sezione di chiusura risulta essere la diga. Anche per questo bacino, sulla base dei valori riportati nelle tabelle e attraverso le procedure precedentemente descritte, sono stati calcolati per ciascun bacino i fattori X, Y e G per la determinazione del coefficiente di erosione relativa Z per poi calcolare la quantità media annua (W) di sedimento prodotto come riportato in tabella:



| Fattore | Bacino Rio Pedroso a monte della Diga |
|---------------|---------------------------------------|
| G | 0,28 |
| X | 0,23 |
| Y | 0,4 |
| Im (%) | 37,8 |
| Z | 0,08 |
| F (Kmq) | 2,8 |
| W (mc) | 202,13 |

Figura 9 – Tabella riassuntiva dei valori dei coefficienti e della produzione media annua di sedimento (W) relativi alla porzione del bacino del Rio Pedroso con sezione di chiusura sulla diga.

Si può quindi affermare che la quantità di sedimento medio annua prodotta dal bacino del Rio Pedroso che arriva sulla spiaggia di Santa Margherita è pari alla differenza del quantitativo di sedimento prodotto sul totale del bacino (W1) e quello prodotto considerando la chiusura del bacino nella diga (W2):

$$W1 - W2 = 1136,90 - 202,13 = 934,77 \text{ mc.}$$

E pertanto la quantità totale media annua di sedimenti utili prodotti all'interno dei tre bacini risulta essere pari a 2374,85 mc.

Ovviamente la quantità di sedimento stimata è una quantità lorda, ovvero non tutta la quantità W calcolata in mc è quella che giunge alla sezione di chiusura dei ciascun bacino idrografico, infatti una certa quantità di sedimenti erosi e trasportati vengono depositati prima di giungere alla sezione di chiusura considerata.

La valutazione della produzione media annua di sedimenti nei bacini afferenti è molto importante in quanto gli apporti fluviali costituiscono la voce attiva generalmente più importante nei bilanci sedimentari di tratti di costa più o meno estesi. La frazione più grossolana (sabbie e ciottoli) si deposita nell'area deltizia ed alimenta il trasporto litoranei. La frazione fine (limi e argille) si deposita in genere sulla piattaforma continentale e, pur essendo in genere la frazione più ponderante nel totale dei sedimenti trasportati, ha effetti di non grande importanza e soprattutto molto ritardati e dilazionati nel tempo.

Riferimenti bibliografici

DI GREGORIO F. & ALTRI (1987) *Trasporto solido di un corso d'acqua o regime torrentizio e caratteristiche dei sedimenti della spiaggia alimentata. Il Rio di Quirra* (Sardegna sud-orientale). 1° Congresso internazionale di geoidrologia - Firenze

DI GREGORIO F. (1975) - *Geologia, geomorfologia, tendenze evolutive dei versanti e principali fenomeni di dissesto idrogeologico nella Sardegna Centrale*. Atti Conv. Intern. della A.N.L.S.B., in "Biologia Contemporanea" Anno II, Roma

DI GREGORIO F., PUSCEDDU M., SERRELI A *Modello per la valutazione della pericolosità geomorfologia nel bacino del Riu Pula*. Atti della 10ª Conferenza Nazionale ASITA – Bolzano, Novembre 2006

GAVRILOVIC S. (1959) – *Méthode de la classification des bassins torrentiels et équations nouvelles pour le calcul des hautes eaux et du débit solide*, Vadopriveda, Belgrado.

GISOTTI G., BENEDINI M. (2000) *Il dissesto idrogeologico – Previsione, prevenzione e mitigazione del rischio*; ed. Carocci editore, Roma

PUSCEDDU M. (2008) *Database geografico e applicazioni GIS per l'analisi geoambientale della fascia costiera di Pula (Sardegna SO)*; Tesi di dottorato di ricerca in "Difesa del suolo

SERRELI A. (2007) *Database geografico e applicazioni GIS orientate allo studio geomorfologico quantitativo e alla mappatura della pericolosità idrogeologica nel bacino idrografico del Rio Solanas (Sardegna SE)*; Tesi di dottorato di ricerca in "Difesa del suolo

ZEMLJIC, M. (1971) – *Calcul du débit solide – Evaluation de la végétation comme un des facteurs antiérosif*, International Symposium Interpraevent, Villaco