

# **METODOLOGÍA SIG PARA LA EVALUACIÓN DE LA PELIGROSIDAD DE COLADAS RÁPIDAS DE LODO Y DETRITO**

**CLAUDIO PUGLISI**

**Enea Prot Prev Casaccia Via Anguillarese 301, 00123, Roma (Italia)**

## **INTRODUCCIÓN**

El trabajo desarrolla una metodología orientada a la evaluación de la peligrosidad geomorfológica, incluyendo la susceptibilidad de las laderas a la formación, al tránsito y a la acumulación de los flujos rápidos de lodo y detrito, y de su magnitud. La metodología ha sido ya en parte introducida en artículos anteriores (Casagli et al, 2004;..Abbattista et al, 2005) y enfoques similares han sido desarrollados por muchos autores (Carrara et al, 1999, Guzzetti et al. , 1999), utiliza un SIG (Sistema de Información Geográfica) para el análisis de características geológicas, geomorfológicas y de uso del suelo, para la redacción de un inventario de los deslizamientos de tierra.

En este trabajo la metodología es aplicada en diferentes localidades, tanto dentro de Italia como en América Latina

## **METODOLOGÍA**

La metodología para evaluar la susceptibilidad implica esencialmente cuatro pasos: la adquisición de datos básicos, el análisis del sitio, análisis de las macro-zonas y el análisis de la susceptibilidad propiamente dicha.

Los datos básicos necesarios para el desarrollo del proceso son:

- a1) Mapa Litotécnico (Litológico), incluyendo la litología del sustrato, las estructuras tectónicas frágiles y dúctiles y el material de cobertura;
- a2) Mapa geomorfológico;
- a3) Inventario de deslizamientos, de acuerdo con la clasificación de Varnes (1978).

Este material debe ser producido a escala de detalle (al menos 1:10.000), directamente con levantamiento de campo a partir de encuestas sobre el terreno, y mediante la interpretación y comparación de fotografías aéreas multitemporales. También debe ser producido un (DEM) de alta resolución, posiblemente construido por la fotogrametría digital de distintos años de levantamiento.

El análisis del sitio consiste en la caracterización de los deslizamientos ocurridos en el área de interés, con la finalidad de identificar:

- b1) los parámetros discriminantes, que consisten en la litología y la inclinación de la pendiente, este par de valores representa las condiciones necesarias pero no suficientes, para que una pendiente sea susceptible a un determinado tipo de deslizamientos;
- b2) los factores predisponentes, comprenden todas las condiciones (por ejemplo, buzamiento de las capas, contraste de permeabilidad, uso del suelo, etc.) que contribuyen a determinar un mayor o menor grado de susceptibilidad, pero no son suficientes para desencadenar deslizamientos en la ausencia de los parámetros discriminantes. Los factores predisponentes se clasifican según su frecuencia en los deslizamientos inventariados con índice numérico(s).

El análisis de la macro-área comprende las siguientes operaciones:

- c1) generación de las unidades lito-morfométricas (LMU), a través de la superposición SIG de los parámetros discriminantes;

- c2) creación de mapas de factores predisponentes, que representan la distribución espacial de cada factor;
- c3) asignación a cada factor predisponente de un peso (w) que describe su influencia en relación a los demás.

Esta operación puede ser simplemente heurística (es decir, basado en la experiencia del operador) o se puede hacer a través de un análisis estadístico descriptivo, es decir, teniendo en cuenta la frecuencia de los factores predisponentes en los deslizamientos censados.

La fase de análisis de la susceptibilidad consiste en:

- d1) generación, a través de la superposición SIT de las unidades territoriales homogéneas (HTU) a través de la integración de las LMU y los mapas de los factores predisponentes para cada tipo de deslizamiento;
- d2) HTU aplicación a cada HTU de la siguiente función de la susceptibilidad:

$$S_l = (P_l \cdot P_s) \cdot [\sum_n (i_n \cdot w_n) / \sum_n w_n]$$

Donde:

- S<sub>L</sub>: susceptibilidad a los deslizamientos (para cada tipo de deslizamiento de tierra);
- P<sub>l</sub>: índice asignado a el parámetro discriminante litología (0 o 1 según la ausencia o la presencia del parámetro);
- P<sub>s</sub>: índice asignado al parámetro discriminante pendiente (0 o 1 según la ausencia o presencia del parámetro);
- i<sub>n</sub>: índice del enésimo factor predisponente;
- w<sub>n</sub>: peso del enésimo factor predisponente.

- d3) análisis de los valores de susceptibilidad obtenidos y la división en clases discretas para definir el grado de susceptibilidad;
- d4) generación del mapa de susceptibilidad para cada tipo de deslizamiento.

De acuerdo al diagrama siguiente, Figura 1:

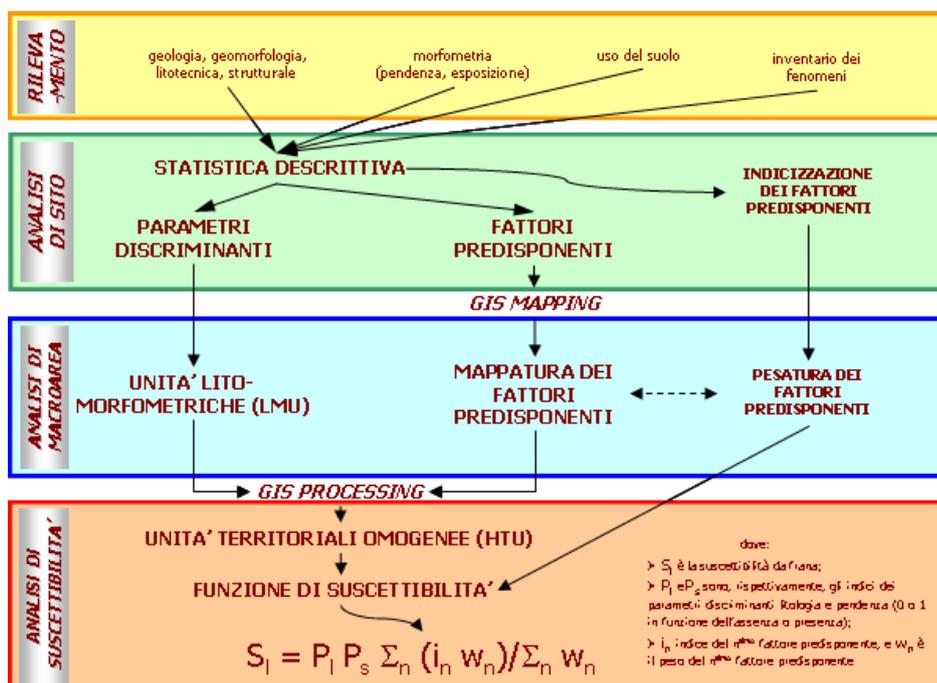


Figura 1. Diagrama de flujo del procedimiento para determinar la susceptibilidad de deslizamientos.

Después de definir la susceptibilidad del inicio de los fenómenos de neoformación, el análisis de los DEM de detalle pre y después del evento y la interpretación digital de fotos aéreas permiten identificar posibles líneas de drenaje o convexidad capaz de canalizar el flujo, tanto a lo largo de los taludes como en la franja al pie de los taludes donde el material movilizado se acumula.

Posteriormente se evalúa la distancia máxima de propagación del material movilizado a través de las fórmulas empíricas existentes en la bibliografía o, cuando hay un gran número de fenómenos, a través de la identificación de fórmulas específicas para el área de interés (Rickenmann, 1999). Por último, sabiendo los volúmenes movilizados, la densidad del material y la estimación de la velocidad de propagación (Johnson & Rodine, 1984), se puede obtener la energía cinética esperada para cada fenómeno potencial y se procede a la zonificación de la peligrosidad del piedemonte.

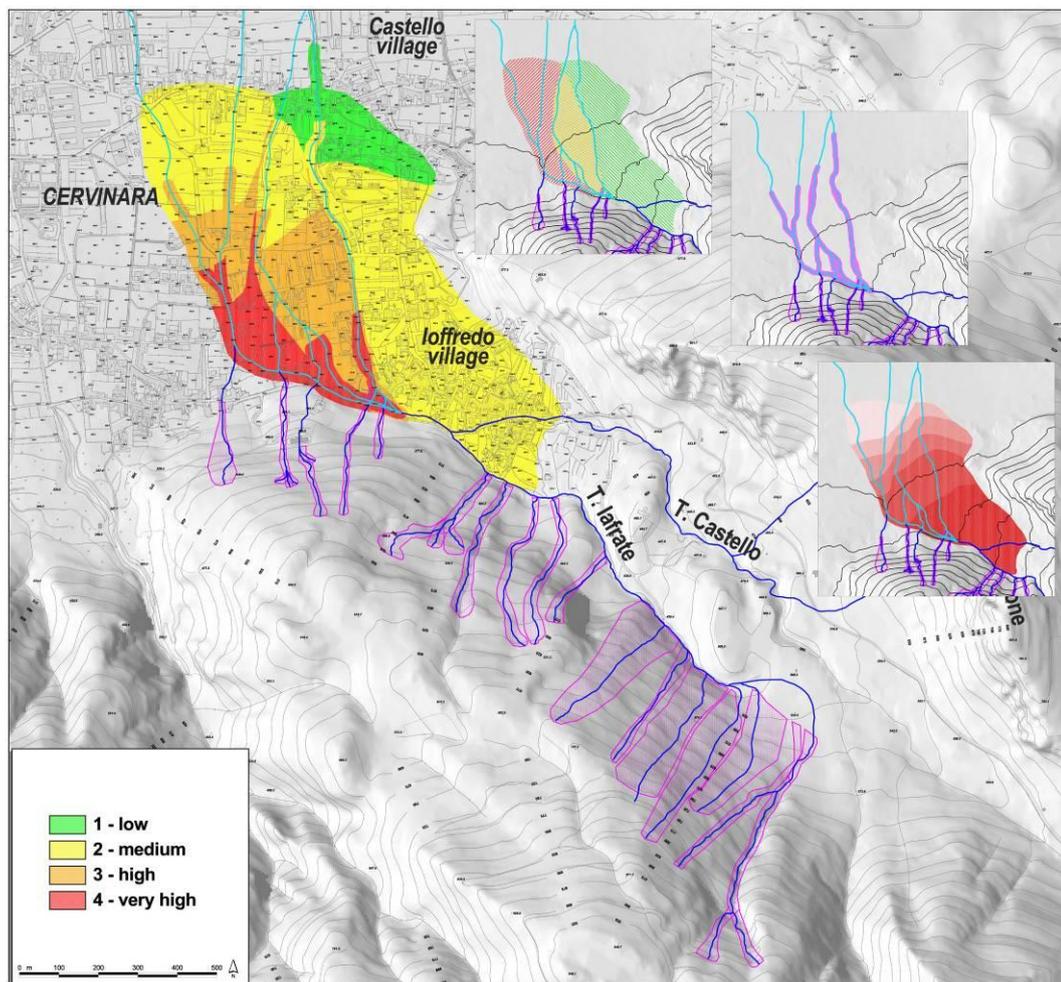


Figura 2. Zonificación de la susceptibilidad a la acumulación de material de flujos de lodo y detrito de la nueva formación, de acuerdo a la geomorfología del abanico, a la morfometría de la red hidrográfica y la distancia de propagación.

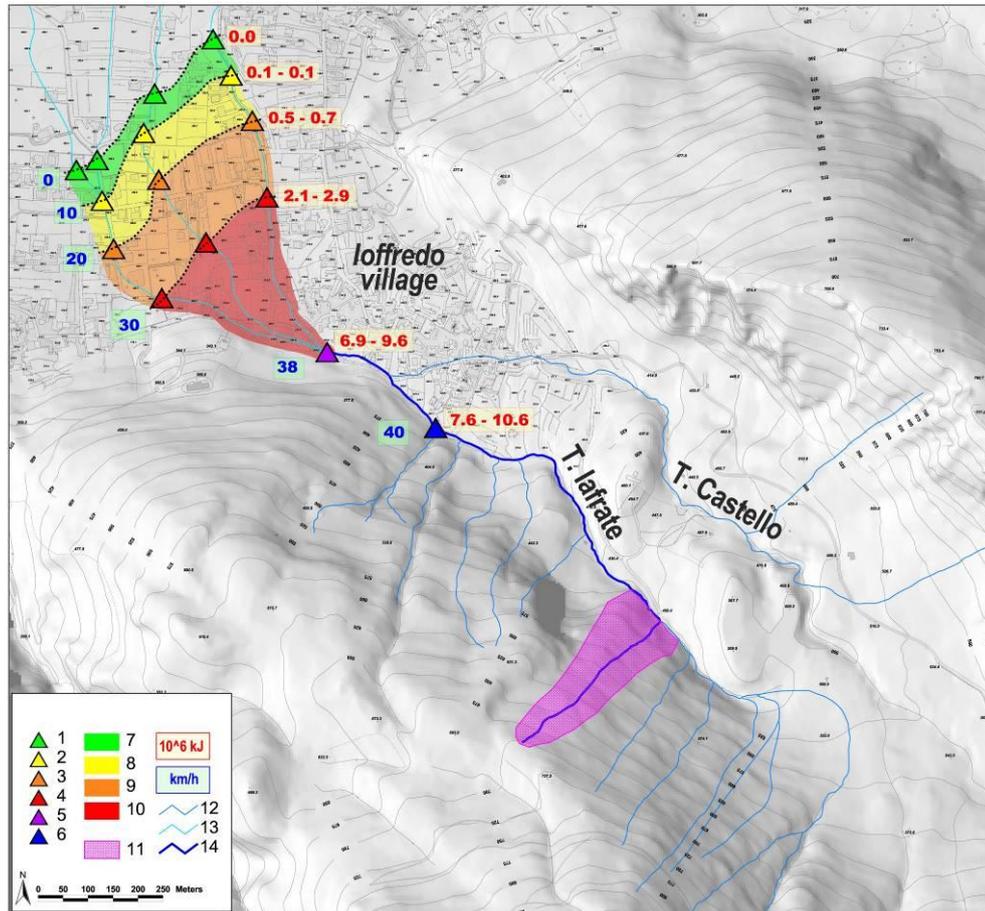


Figura 3. Evaluación de la intensidad en la zona de acumulación después el desarrollo del fenómeno mostrado en violeta. Los números azules expresan la velocidad del flujo, los números rojos expresan la energía cinética en millones de kilojoules.

## CONCLUSIONES

Todo el procedimiento descrito es posible mediante un SIG, desde la adquisición de datos, a través de la elaboración de la superposición de mapas, hasta la producción de mapas de síntesis. Es de gran importancia también la posibilidad de mejorar el análisis a través de la adquisición de datos básicos de mas detalle y / o el desarrollo de modelos de cálculo más refinados.

El método es una herramienta de sencilla aplicación para comprender la distribución de los fenómenos de inestabilidad. También es posible predecir tanto la evolución espacial de los fenómenos profundos de lenta evolución y la ubicación de las zonas sometidas a fenómenos de evolución rápida de nueva formación.

Es posible identificar las áreas para las que están totalmente ausentes las condiciones necesarias para desencadenar deslizamientos y por lo tanto que se consideran áreas estables (clase nula).

El análisis de la susceptibilidad es el primer e indispensable paso para las fases posteriores de la evaluación de la peligrosidad y el riesgo. Por lo tanto, es una herramienta útil como apoyo a las políticas de planificación territorial sostenible y a la preparación de planes de defensa civil.

El método es utilizado también para proporcionar una microzonificación de la susceptibilidad de la acumulación y de la intensidad del material movilizado por los flujos rápidos de lodo y detrito y con los umbrales de precipitaciones desencadenantes, constituye la base para una completa evaluación de la peligrosidad.

## REFERENCIAS

- ABBATTISTA, F., D'AGOSTINO, G., DELMONACO, G., DI FILIPPO, L., FALCONI, L., LEONI, G., MARGOTTINI, C., PUGLISI, C., ROMANO, P. & SPIZZICHINO, D. (2005) Assessment of landslide susceptibility: application to rapid flows at Cervinara (Southern Italy). *Geologia Tecnica e Ambientale*, 1/2005, pp. 25-40.
- CARRARA, A., GUZZETTI, F., CARDINALI, M. & REICHENBACH, P. (1999) Use of GIS technology in the prediction and monitoring of landslide hazard. *Natural Hazards* 20 (2-3), 117-135.
- CASAGLI, N., CATANI, F., PUGLISI, C., DELMONACO, G., ERMINI, L. & MARGOTTINI, C. (2004) An inventory-based approach to landslide susceptibility assessment and its application to the Virginio River basin, Italy. *Environmental and Engineering Geoscience*, 10, 203-216.
- CIPOLLARI, P. & COSENTINO, D. (1992) La linea Olevano-Antrodoco: contributo della biostratigrafia alla sua caratterizzazione cinematica. *Studi Geologici Camerti*, vol. spec. CROP 11, 1991/2, pp. 143-150.
- GUZZETTI, F., CARRARA, A., CARDINALI, M. & REICHENBACH, P. (1999) Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy. *Geomorphology* 31 (1-4), 181-216.
- JOHNSON A. M. & RODINE J. R. (1984). Debris flow slope stability. Editors Brusden D. & Prior D.B., p. 257-361. John Wiley and Sons, New York;
- RICKENMANN D. (1999). Empirical relationship for debris flow. Kluwer Academic Publishers
- VARNES, D. J. (1978) Slope movements types and processes. In *Landslides: Analysis and Control* (Eds, Schuster, R.L. and Krizek, R.S.) Transportation Research Board, National Academy of Sciences, Special Report, Washington D.C., 176, 2, pp. 20-47.
- VARNES D.J. & IAEG Commission on Landslides (1984) - *Landslide Hazard Zonation – a review of principles and practice*. UNESCO Paris. 63pp.

### **Resultado de la Evaluación:**

. Es un buen trabajo, muy útil para aplicarlo en el análisis de la susceptibilidad de los fenómenos naturales en un área, lo que posteriormente nos permite evaluar su peligrosidad y riesgo, también constituye una herramienta muy útil a las políticas de planificación territorial sostenible y a la preparación de planes de defensa civil.

. Considerando que es una traducción del italiano al español, es necesario efectuar unos reajustes en la escritura, así se ha colocado resaltado con amarillo las palabras que sería necesario eliminar y con rojo lo que debería ir.

. El trabajo debe ser expuesto en el congreso, considerando que su exposición permitirá a los asistentes una mejor percepción de lo que nos explica el autor en su trabajo.