

# Le grandi doline di crollo nel plateau basaltico di Azrou (Marocco): un'analisi morfometrica

Jorge Sevil <sup>(a)</sup>, Maria Teresa Melis <sup>(b)</sup>, Luca Pisani <sup>(c)</sup>, Jo De Waele <sup>(c)</sup>

<sup>(a)</sup> Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Zaragoza, Spagna, e-mail, jorgesevil@unizar.es  
<sup>(c)</sup> Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali, Università di Bologna e-mail, jo.dewaele@unibo.it, lucapiso94@gmail.com  
<sup>(b)</sup> Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche, Università di Cagliari, e-mail, titimelis@unica.it

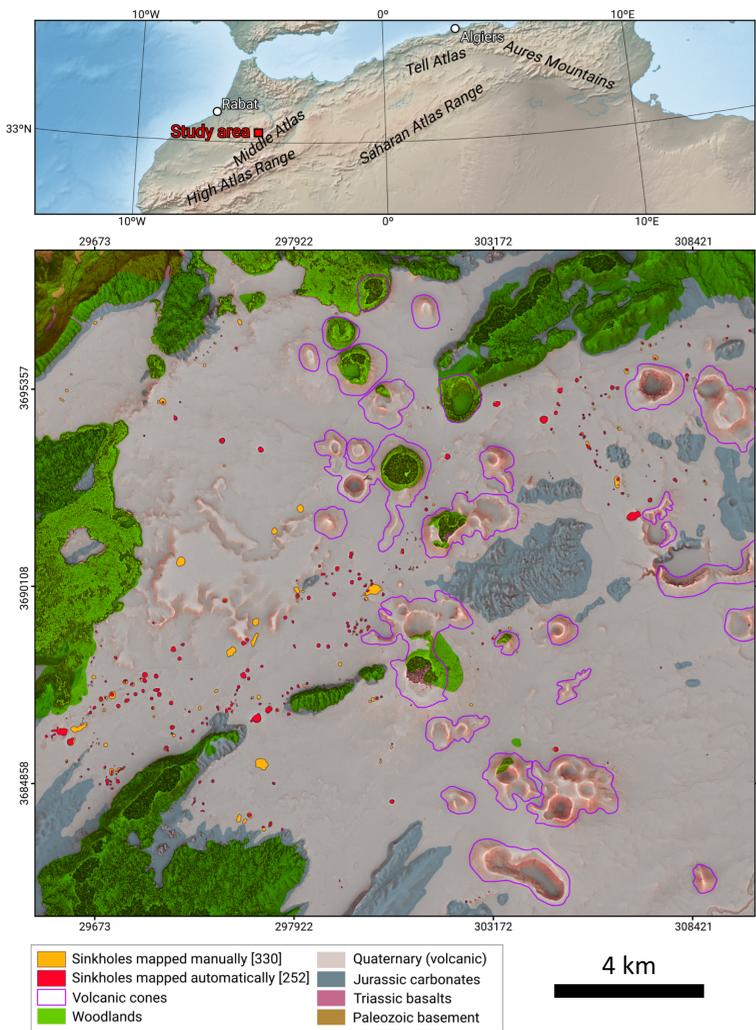


Figura 1. Mappa geomorfologica dell'altopiano vulcanico di Azrou.

## Introduzione

L'altopiano vulcanico quaternario di Azrou (Marocco, Fig.1) si estende su una superficie di circa 400 km<sup>2</sup>. Rocce prevalentemente basaltiche coprono i carbonati mesozoici, che formano un esteso acquifero carsico. Negli anni '70 furono rilevati più di 100 grandi fenomeni di crollo nei basalti utilizzando mappe 1:100.000 e alcune fotografie aeree. Questi fenomeni vennero definiti "doline di crollo del caprock", suggerendo così la presenza di vuoti carsici sottostanti.

## Metodi e risultati

Nell'ambito del progetto Europlanet 16-EPN2-007 sono stati misurati profondità e diametri di 89 doline di crollo (sinkholes) sul terreno. Tramite l'elaborazione di immagini tri-stereografiche è stato in seguito estratto un modello di elevazione digitale (DEM), calibrato su punti quotati sul terreno. Da questo modello e la sua elaborazione è stato possibile mappare automaticamente oltre 300 depressioni topografiche che sono state poi filtrate attraverso algoritmi basati su parametri morfo-spaziali, per un risultato di 252 elementi (Fig.1). In seguito, è stata effettuata una valutazione dell'accuratezza verticale del DEM utilizzando test statistici e confrontando le misure di profondità misurate direttamente sul terreno (Fig.2) con lo stesso parametro estratto dal modello digitale (Fig.3). Inoltre, i parametri morfometrici sono stati calcolati e confrontati per il database dei sinkholes mappati manualmente e per quello risultante dall'estrazione automatica (Fig.4).

La distribuzione spaziale e i parametri morfometrici dei fenomeni di crollo nell'altopiano vulcanico di Azrou sono stati poi confrontati con altre aree carsiche (o vulcaniche con tubi lavici) della Terra, di Marte e della Luna caratterizzate da presenza di doline di crollo (Fig.5).

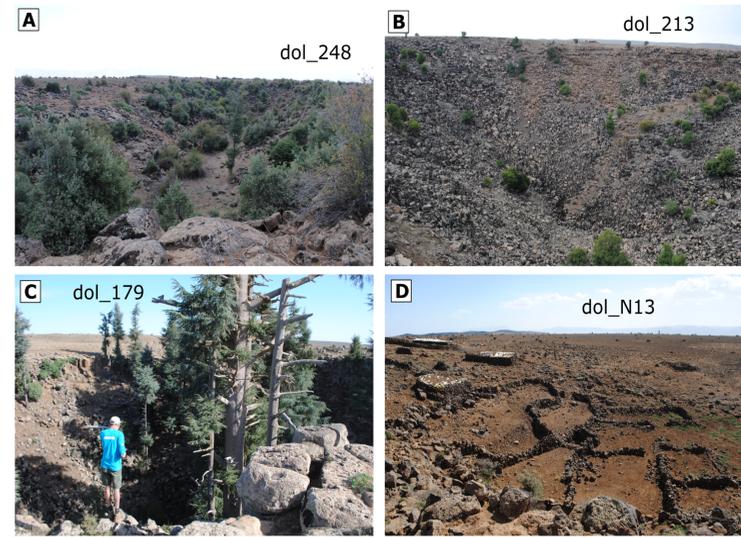


Figura 2. Esempi di alcuni sinkholes rilevati sul terreno.

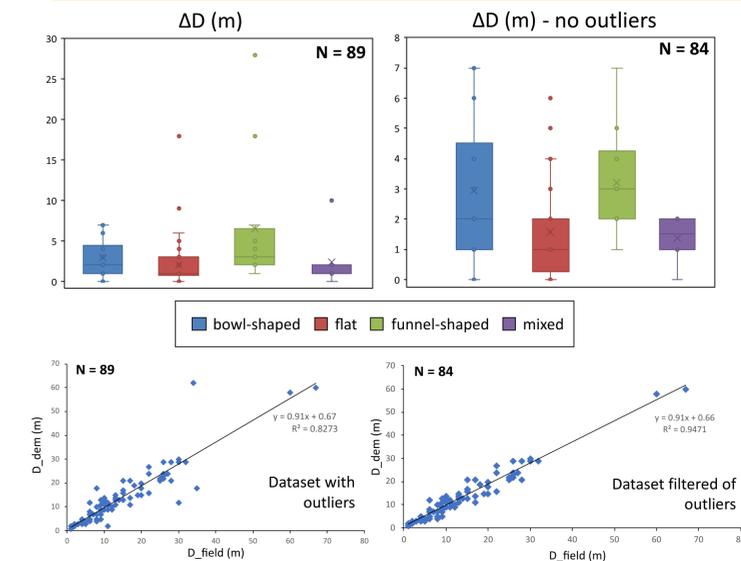


Figura 3. Differenze (ΔD) nei valori di profondità dei sinkholes misurati sul terreno o estratti dal DEM (in alto), e grafici che illustrano la relazione lineare dei valori di D (depth) tra i due dataset (in basso).

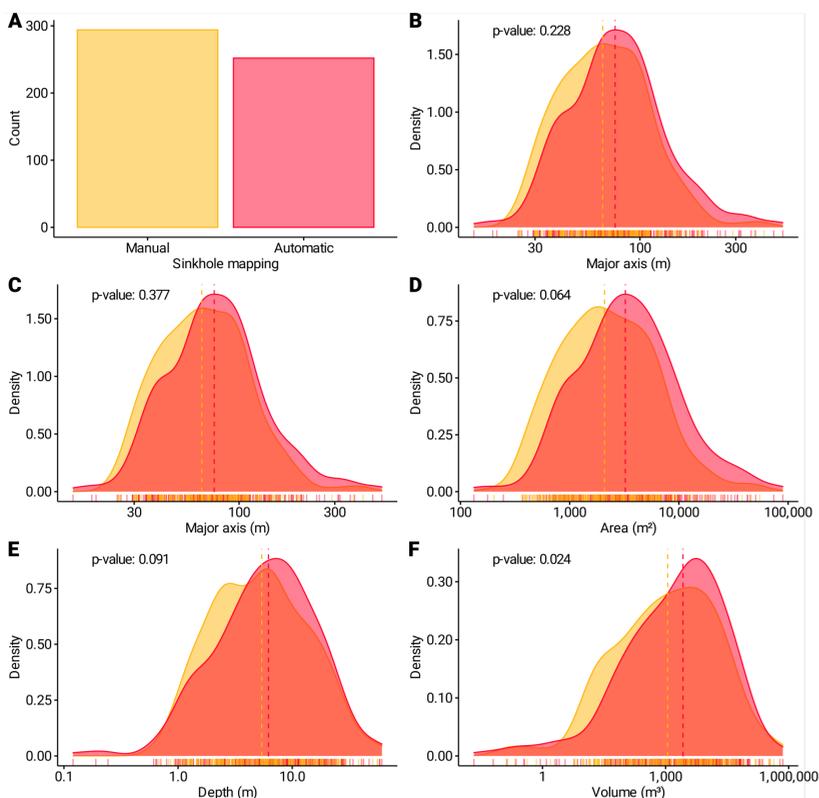


Figura 4. Confronto tra parametri morfometrici delle depressioni mappate automaticamente e manualmente. Sono inoltre riportati i p-value dei test statistici di Kolmogorov-Smirnov. Valori >0.05 indicano che i campioni provengono dalla stessa distribuzione (p.e., non c'è differenza significativa tra i database manuale e automatico).

## Conclusioni preliminari

Il modello digitale estratto dalle immagini tri-stereografiche Pleiades si è rivelato molto preciso nella misurazione dei parametri morfometrici delle depressioni (i.e., profondità, diametro, assi). I risultati preliminari dello studio sono molto promettenti e le dimensioni osservate nei sinkholes dell'altopiano di Azrou risultano tra le più grandi misurate sul nostro pianeta. Ulteriori indagini avranno lo scopo di affinare il dataset dei parametri morfometrici, e di chiarire la genesi di queste enigmatiche morfologie.

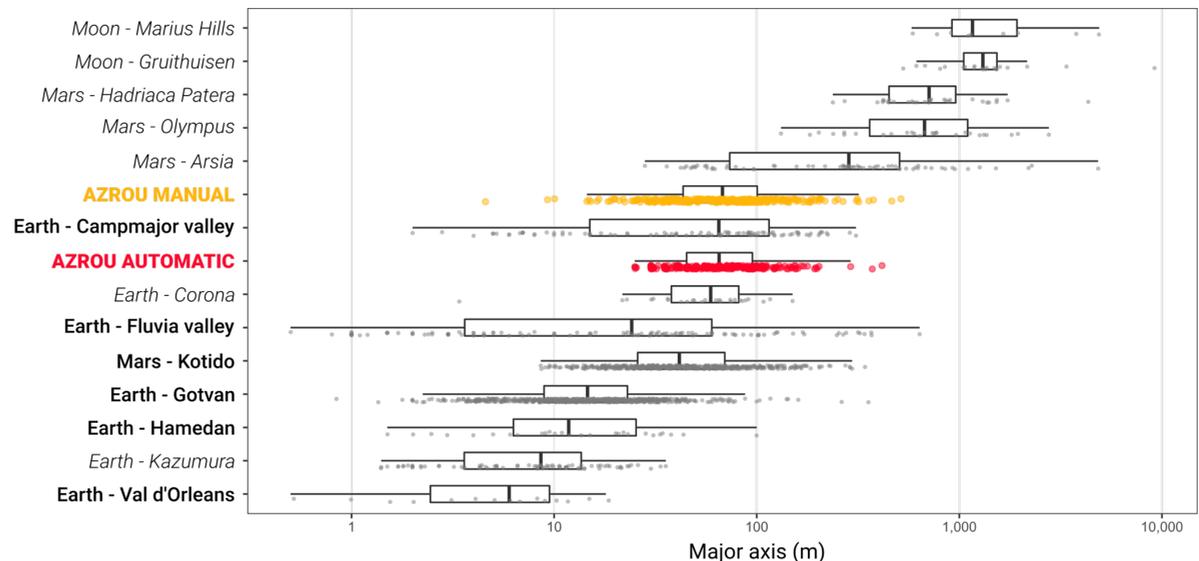


Figura 5. Confronto tra distribuzioni delle misure di asse maggiore dei sinkholes in diversi contesti geologici della Terra, Marte e Luna. In corsivo sono indicate le aree con crolli associati a potenziali tubi lavici.