

L'utilizzo dei velivoli a pilotaggio remoto per il rilevamento ed il monitoraggio dei pericoli naturali ed antropici: il rilievo dei sinkholes antropogenici in alcuni comuni dell'area Nolana caratterizzati storicamente dalla estrazione dell'Ignimbrite Campana in sotterraneo.

The use of unmanned aerial vehicles for surveying and monitoring natural hazards and anthropogenic: the importance of anthropogenic sinkholes in some towns of Southern Italy

COLUCCI Orazio(*), MAROTTA Enrica(**), BELVISO Pasquale(**)

RIASSUNTO - La presenza dei sinkholes antropogenici è una problematica da non sottovalutare sia perché hanno un innesco spesso improvviso sia perché le aree potenzialmente a rischio spesso non vengono considerate nell'ambito della pianificazione di emergenza comunale. L'individuazione su vasta scala dei sinkholes antropogenici in prospettiva di rischio sismico, rappresenta oggi un passo avanti importante nella riduzione dei tempi di rilevamento.

Pertanto è di particolare importanza riuscire a predisporre un piano di monitoraggio e di previsione di apertura di possibili sinkholes. In tale lavoro si è preso in esame un settore dell'Area Nolana (nel sud Italia), caratterizzata da questo tipo di fenomenologia, nel quale sono stati utilizzati sistemi aeromobili a pilotaggio remoto (SAPR) equipaggiati con fotocamera e termocamera come tecniche d'indagine innovativa in aggiunta a quelle tradizionali. L'utilizzo di questo tipo di strumentazione consente di investigare aree critiche senza l'intervento diretto dell'uomo, con conseguente diminuzione dei rischi legati a rilievi e ispezioni.

PAROLE CHIAVE: Sinkholes, Droni, Monitoraggio geologico, Telerilevamento

ABSTRACT - The presence of anthropogenic sinkholes is a problem that must not be underestimated because of their often sudden triggering and because the areas potentially at risk are rarely considered during a municipality's emergency planning. In view of seismic risk, identifying anthropogenic sinkholes on a large scale is today an important step forward in order to reduce detection time.

Therefore, it is important to be able to arrange a monitoring plan and a forecast of sinkholes possibly opening. In this work a sector of the area surrounding Nola (Southern Italy), where this phenomenon is featured, has been examined by using Unmanned Aerial Vehicles (UAV) equipped with a camera and a thermal imaging camera as innovative investigation techniques in addition to traditional ones. The use of such equipment allows to investigate critical areas without direct human intervention, lowering the risks related to surveys and inspections.

KEY WORDS: Sinkholes, Unmanned Aerial Vehicles (UAV) Geological Monitoring, Remote Sensing

(*) Agenzia Locale di Sviluppo dei Comuni dell'Area Nolana, via Trivice d'Ossa Camposano - Napoli.

(**) INGV Sezione di Napoli Osservatorio Vesuviano - Napoli.

1. - INTRODUZIONE

Oggi, con il termine *sinkhole* (che letteralmente può essere tradotto “buco sprofondato”) si tende ad indicare qualunque fenomeno di subsidenza localizzata di forma sub circolare, sostituendo i termini specifici quali dolina, pozzo carsico, voragine, sprofondamento, camino di collasso etc ⁽¹⁾.

Il territorio italiano è molto suscettibile a questa fenomenologia sia per cause naturali (di vario genere) che di origine antropica, con sprofondamenti di dimensioni a volte considerevoli. La formazione di tali voragini è improvvisa, può essere realizzata in un unico evento o in più eventi con progressivo cedimento delle pareti.

Una parte della popolazione residente nell'Area

Nolana - Campania in Italia (Fig. 1), vive in un settore territoriale caratterizzato storicamente dalla estrazione in sotterranea dell'Ignimbrite Campana (prodotto di una eruzione vulcanica dei Campi Flegrei avvenuta circa 39ka) come pietra da costruzione. In questa area sono numerose le evidenze di sinkholes antropogeneci, improvvise voragini che si manifestano in superficie in modo repentino e dovute al crollo delle volte delle cavità sotterranee o delle strutture antropiche verticali utilizzate per l'accesso alle cavità stesse.

Il collasso degli strati più superficiali del terreno, costituito da coltri di piroclastiti sciolte e livelli alluvionali a copertura del substrato dell'Ignimbrite Campana (Figg. 2, 3, 4) dovuto alla sprofondamento delle volte di cavità sotterranee di origine antropica

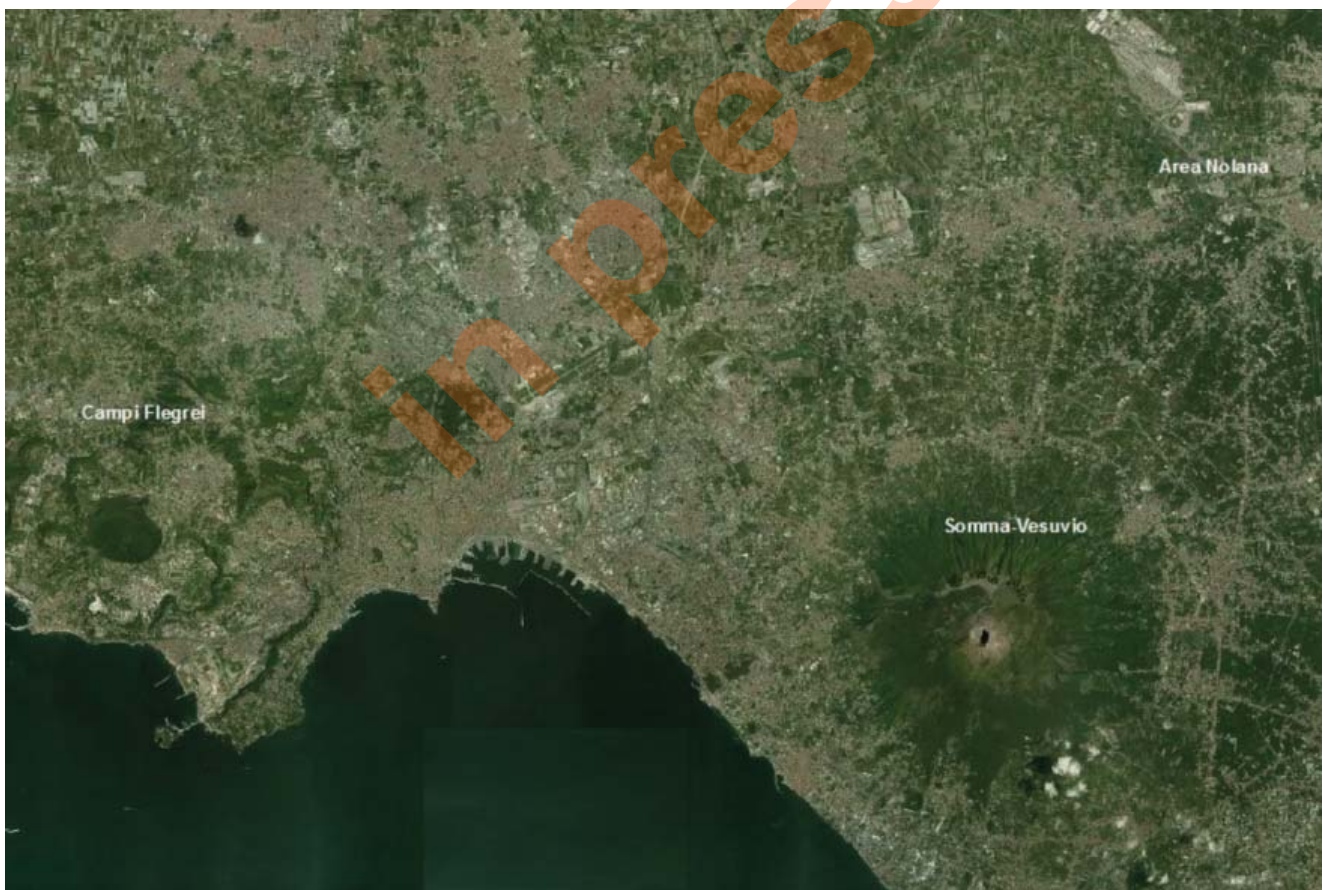


Fig. 1 - Localizzazione dell'area di studio a Nord-Est del complesso vulcanico del Somma-Vesuvio.
- Location of the study area North-East of the volcanic complex Somma-Vesuvio

1 <http://www.isprambiente.gov.it/it/temi/suolo-e-territorio/suscettibilita-sinkholes>, e referenze incluse.



Fig. 2 - Le cavità sotterranee rinvenute in seguito a successive e recenti attività estrattive.
 - *The underground cavities discovered after recent extractive activities.*

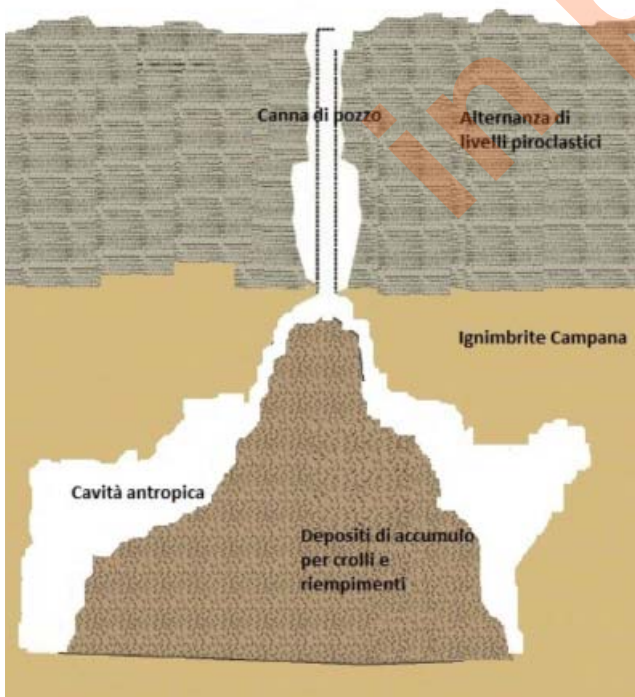


Fig. 3 - Sezione geologica schematica caratteristica dell'area di studio, con indicazione delle tipologie di escavazione in sotterraneo.
 - *Schematic geological section that defines the study area indicating the types of underground excavation.*

spesso è di dimensioni importanti (anche di una decina di metri di diametro). Questa tipologia di dissesti rappresentano una delle cause più ricorrenti di danneggiamento di opere antropiche che si scoprono così costruite su vuoti realizzati nei secoli scorsi (in particolare nel XIX secolo) per l'estrazione in loco



Fig. 4 - Tipica manifestazione di Sinkhole antropogenico.
 - *Typical anthropogenic Sinkhole manifestation.*

dell'Ignimbrite Campana come materiale da costruzione (CACCAVALE G., 2014). L'area indagata presenta numerose evidenze di questa attività estrattiva, con siti di estrazione sia con tipologia a fossa di epoca recente che siti di escavazione in sotterranea di epoca storica. I Sinkholes antropogenici originati per il crollo delle volte delle cavità, unitamente a quelli originati in seguito al collasso dei cosiddetti "Occhi di Monte", strutture antropiche verticali di collegamento della superficie alle cavità (MUCCIO F., 2016), hanno un diametro variabile da 3 a 10m. La forma in superficie è generalmente sub-circolare e quelle generate dal crollo di volte delle cavità nel tetto dell'Ignimbrite hanno dimensioni maggiori rispetto a quelle legate al crollo delle strutture verticali di accesso alle cavità.

2. - LO STUDIO DEI SINKHOLE ANTROPOGENECI NELL'AREA NOLANA

Nell'area in esame si è proceduto ad uno studio sperimentale vuole essere un contributo alla definizione delle carte di suscettibilità all'innesco dei Sinkholes antropogenici (NISIO, 2018). Partendo dalla analisi delle condizioni morfologiche e topografiche, attraverso l'utilizzo della Carta Tecnica Regionale in scala 1:5.000 e delle rispettive ortofoto, si è proceduto alla sovrapposizione delle foto aeree relative a diversi anni per una prima individuazione di evidenze di sinkholes in superficie (fotointerpretazione multitemporale). Individuate le aree di interesse sono state progettate le missioni di volo ed eseguiti i voli con i velivoli a pilotaggio remoto per la acquisizione

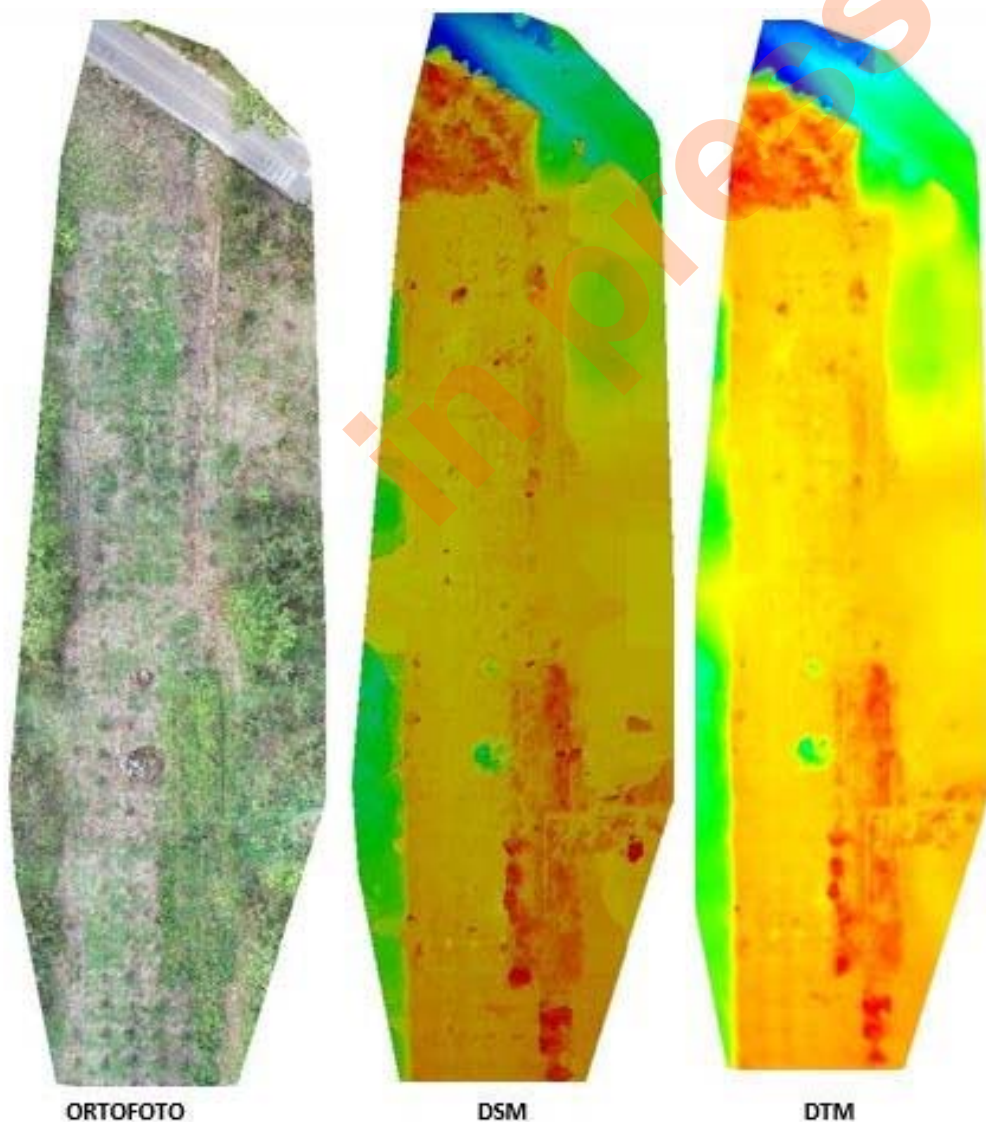


Fig. 5 - Gli elaborati dei voli (Rilievo Ortofotogrammetrico e Modelli Digitali del Terreno e delle Superfici).
- *Flight composition (Orto-photogrammetric and Digital Models of the Terrain and of the Surfaces).*

delle immagini e dei filmati esplorativi sia nell'infrarosso termico che nel visibile. Sono stati poi elaborati i dati e prodotti i report e le cartografie tematiche consistenti in ortofoto e modelli digitali del Terreno (DTM e DSM) (Fig. 5).

L'applicazione dei principi di aerofotogrammetria al telerilevamento con telecamere all'infrarosso termico consente l'individuazione ancora più dettagliata dei dissesti e degli elementi che li predispongono. I voli termici, effettuati in determinati periodi dell'anno, permettono di individuare sinkholes ed aree in sprofondamento anche laddove la vegetazione ne occulta le forme in superficie (Fig. 6).

Il contributo delle nuove tecniche di rilevamento è quello di individuare in tempi rapidi e per vasti settori territoriali i punti più esposti al dissesto per instabilità di questa rete di cavità sotterranee e

geolocalizzare i sinkholes per l'aggiornamento delle banche dati nazionali e regionali.

Questa tipologia di rilevamento territoriale indirizza, nel contempo, le indagini geofisiche e geognostiche specifiche qualora esigenze di pianificazione determinino l'utilizzo ai fini urbanistici ed infrastrutturali di aree esposte a questo tipo di problematica.

Anche in chiave di Rischio Sismico indotto e di Pianificazione delle emergenze di Protezione Civile l'utilizzo dei droni, attraverso la sovrapposizione degli strati informativi relativi ai diversi fattori predisponenti ai dissesti, rappresenta una indicazione importante per indirizzare gli studi di Microzonazione Sismica e CLE (Condizione Limite per l'Emergenza dell'insediamento urbano) nei settori territoriali più vulnerabili.

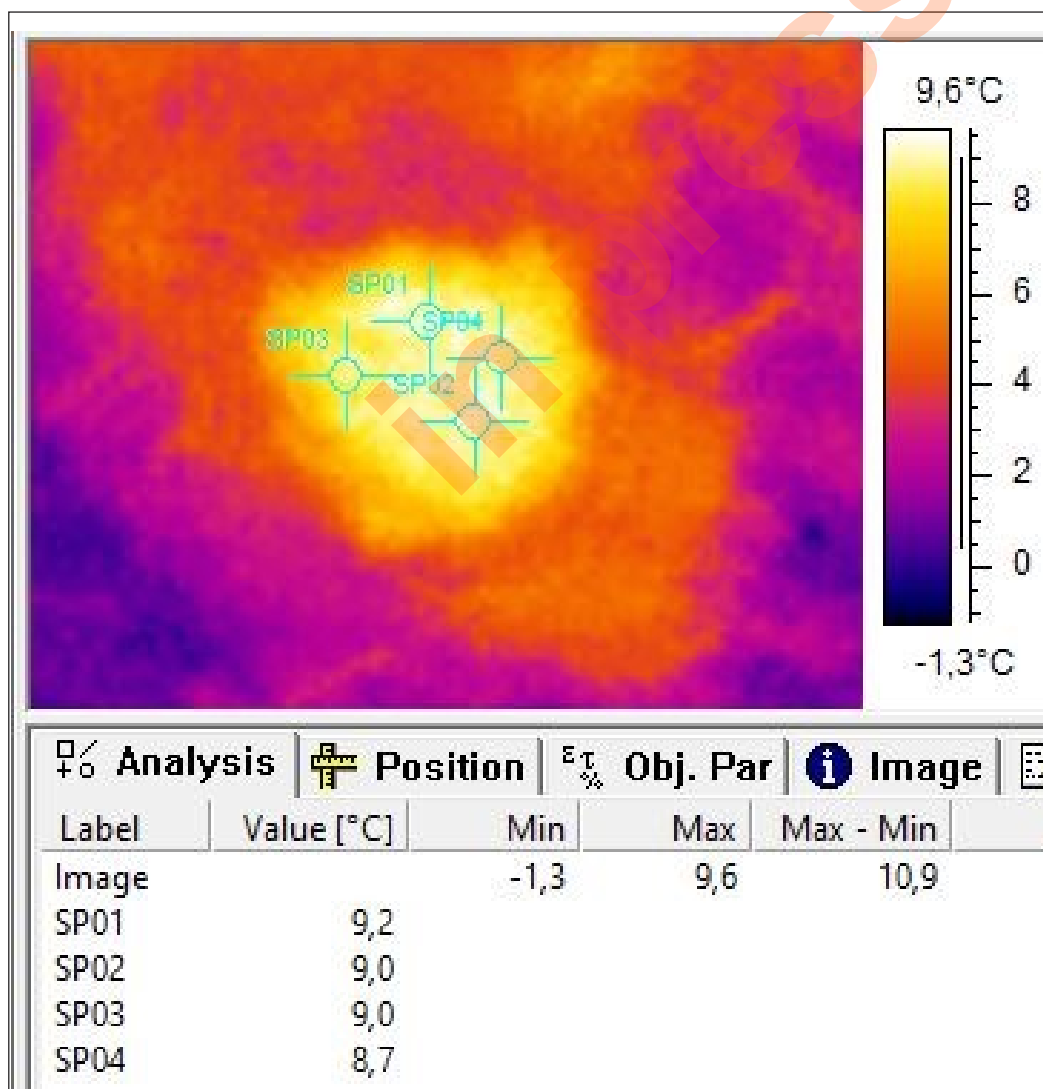


Fig. 6 - Individuazione di Sinkhole con il volo con telecamere termiche.

- Sinkhole sighting by thermal camera flight.

BIBLIOGRAFIA

- CIOTOLI G., CORAZZA A., FINOIA M.G., NISIO S., SERAFINI R. & SUCCHIARELLI C. (2013) - "*Sinkholes antropogenici nel territorio di Roma Capitale*", Mem. Descr. Carta Geol. d'Italia **XCIII** pp.143-182;
- CORAZZA A. (2004) - "*Censimento dei dissesti dovuti a cavità sotterranee in Italia. La scheda di rilevamento*", Presidenza del Consiglio dei Ministri", Dipartimento della Protezione Civile.
- NISIO S. (2018) - "*I Sinkholes Antropogenici Nelle Città Italiane*" XIV Rapporto Stato dell'ambiente 82/18 ISBN 978-88-448-0926-3.
- MUCCIO F. (2015) - "*Suscettibilità da Sinkholes Antropogenici in alcuni comuni dell'area Nolana (Italia Meridionale)*" - Tesi di Laurea Università Degli Studi Di Perugia, Dipartimento di Fisica e Geologia - Corso di Laurea Magistrale in Scienze e Tecnologie Geologiche, Relatore Prof. Lucio Di Matteo Correlatori Laura Melelli e Orazio Colucci (A.A. 2015/2016).
- CORAZZA A. (2004) - "*Il rischio di fenomeni di sprofondamento in Italia: le attività del Dipartimento della Protezione Civile*. Atti del Convegno "Stato dell'arte sullo studio dei fenomeni di sinkholes e ruolo delle amministrazioni statali e locali nel governo del territorio" Roma 20-21 maggio 2004.
- CACCAVALE G. (2014) - Tesi di Dottorato in analisi dei sistemi ambientali, XXV Ciclo "*Analisi sistemica per una valutazione della suscettibilità al dissesto di territori dell'agro nolano con presenza di cavità antropiche in tufo*", Università degli studi di Napoli Federico II.

in press