

## Analisi e gestione del rischio naturale della falesia rocciosa tra Cala dei Genovesi e Camogli (Liguria, Italia)

Andrea Mandarino<sup>1</sup>, Paolo Corradeghini<sup>2</sup>, Tiziano Cosso<sup>3</sup>, Alessandro Scannapieco<sup>4</sup> e Francesco Faccini<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Distav, Università degli Studi di Genova, [andrea.mandarino@unige.it](mailto:andrea.mandarino@unige.it); [faccini@unige.it](mailto:faccini@unige.it)

<sup>2</sup> 3DMetrica, [paolo.corradeghini@3dmetrica.it](mailto:paolo.corradeghini@3dmetrica.it)

<sup>3</sup> Gter, [tiziano.cosso@gter.it](mailto:tiziano.cosso@gter.it)

<sup>4</sup> FlyViewDrone, [info@flyview.it](mailto:info@flyview.it)

**Abstract.** Il 22 febbraio 2021 è avvenuto il crollo di una porzione della falesia rocciosa nel settore nord-orientale del Comune di Camogli. Il fenomeno franoso ha coinvolto parte delle strutture cimiteriali che insistono sull'orlo della falesia, determinando una attenzione mediatica di livello internazionale.

Camogli è un borgo marinaro ligure di grande rilevanza turistica, ubicato circa 20 km a Est di Genova; l'assetto territoriale rispecchia i lineamenti principali della costa alta e rocciosa ligure e mediterranea.

La falesia è costituita da rocce appartenenti alla formazione del Monte Antola, ovvero calcari marnosi e marne calcaree con intercalazioni di calcareniti ed argilliti in strati da centimetrici e decimetrici [1]. Si tratta di una forma costiera attiva, ovvero attualmente modellata dal mare. La disposizione della costa secondo la direttrice Nord-Ovest/Sud-Est rappresenta un fattore predisponente in termini di instabilità di versante, poiché espone la scarpata rocciosa all'azione del moto ondoso di Libeccio che in condizioni estreme può presentare un'altezza d'onda significativa superiore a 5 m [2].

L'assetto delineato determina una dinamica della falesia rocciosa ligure di levante in significativo arretramento [3]: fenomeni di crollo dalla scarpata a contatto col mare si verificano con cadenza annuale; nel gennaio 2014 un fenomeno del tutto analogo al dissesto in esame è avvenuto al confine tra Genova e Bogliasco con ripercussioni su abitati e infrastrutture e conseguenze in termini giudiziari.

La diffusa urbanizzazione avvenuta dalla seconda metà del XIX secolo, dapprima lentamente, attraverso la realizzazione di infrastrutture, e in seguito rapidamente, con la costruzione di edifici e manufatti con differente destinazione d'uso, ha reso questo tratto di fascia costiera a rischio geo-idrologico particolarmente elevato.

Con questa ricerca sono presentate informazioni sulla dinamica morfologica storica (dal XIX secolo a oggi), recente ed attuale della falesia di Camogli ottenute tramite una analisi multitemporale basata su raffronti cartografici, rilievi topografici tradizionali, *remote sensing* e avanzate tecniche di monitoraggio topografico.

Le tecniche di rilievo nel campo del monitoraggio del territorio sono evolute nel tempo e consentono oggi di ottenere informazioni conoscitive per attività di progettazione e dati *real time* per attività di monitoraggio associate a sistemi di *early warning*.

Tra le carte storiche considerate per valutare le variazioni dell'assetto territoriale vi sono (i) le minute di campagna in scala 1:9.450 della Carta degli Stati Sardi di Terraferma (1815-1823), e (ii) le tavolette dell'IGMI (1878, 1902 e 1936).

Particolarmente significativo è risultato il rilievo tacheometrico eseguito nel 1915 lungo la fascia costiera comunale in occasione della progettazione del raddoppio ferroviario: il confronto tra la posizione dell'orlo della falesia nel 1915 e quella dello stesso nel 2014, ottenuta tramite rilievo topografico, ha messo in evidenza un arretramento fino a 5 m. Tale valore risulta in un tasso di erosione (non costante) di 5 cm/anno [2].

Una dettagliata documentazione fotografica relativa agli ultimi 50 anni testimonia l'evoluzione della falesia tra Cala dei Genovesi e il Porticciolo di Camogli.

A seguito dell'evento di crollo che ha coinvolto il cimitero sono stati eseguiti rilievi topografici ad elevata risoluzione al fine di definire il quadro conoscitivo essenziale per la progettazione di interventi di mitigazione del rischio e di delineare uno stato di riferimento per le successive attività di monitoraggio.

In dettaglio sono stati eseguiti rilievi Lidar con strumentazione UAV nei giorni immediatamente successivi l'evento, successivi rilievi fotografici con drone leggero, riprese da mare e tramite tecniche in parete.

Al fine di definire le caratteristiche topografiche dei luoghi e valutare eventuali macro-movimenti, sono stati condotti due rilievi tridimensionali a distanza di circa 6 mesi uno dall'altro (Maggio-Dicembre 2021). I rilievi sono stati eseguiti utilizzando tecniche fotogrammetriche con fotografie aeree da drone, integrando il dato metrico con scansioni laser terrestri a lungo raggio fatte da punti di buona visibilità oltre che misure GNSS di punti di controllo materializzati a terra per l'orientamento, la georeferenziazione ed il controllo dei risultati. L'output dei rilievi 3D sono state altrettante nuvole di punti ad alta densità di informazioni, oltre che ortomosaici ad alta risoluzione delle pareti rocciose.

Le informazioni cartografiche e topografiche utilizzate sono state utili per ricostruire l'evoluzione dell'area in oggetto, interpretarne i comportamenti, pianificare interventi di messa in sicurezza.

Al fine di ottenere un monitoraggio ai fini di allertamento la falesia è stata strumentata con una rete di sensori GNSS a basso costo per il controllo in continuo. E' stata adottata la soluzione DISPLAYCE, inizialmente con una stazione Master e 4 stazioni rover in falesia, che hanno lo scopo di evidenziare spostamenti in tempo reale. Queste soluzioni, sul mercato da alcuni anni, hanno già dimostrato affidabilità e utilità nel monitoraggio di spostamenti dell'ordine di pochi mm/anno. I primi risultati di una installazione particolare e complessa da un punto di vista dell'installazione saranno presentati in occasione della conferenza ASITA 2022.

## Riferimenti bibliografici

1. Lucchetti, A. (2013). Evoluzione recente e rischio geomorfologico delle coste alte rocciose tra Genova Nervi e Camogli (Liguria orientale). Tesi di Dottorato di Ricerca in Scienze della Terra, Università degli Studi di Genova.
2. Lucchetti, A., Brandolini, P., Faccini, F., & Firpo, M. (2014). Proposta di valutazione della stabilità delle coste rocciose (SCMR–Sea Cliff Mass Rating): il caso studio delle falesie tra Genova e Camogli (Liguria orientale). *Studi Costieri*, 22, 137-149.
3. Sunamura, T. (1992). *Geomorphology of Rocky Coasts*. J. Wiley & Sons Ed., Chichester, U.K. 302 pp.