

La rupe tufacea di Pianiano (VT): dal rilievo integrato al progetto di consolidamento dei centri abitati instabili

Grazia Tucci (*), Alessia Nobile (*), Giulio Ridolfi (**), Luciano Papacchini (***)

(*) Università degli Studi di Firenze, Laboratorio di Geomatica e Conservazione
Dipartimento di Costruzioni e Restauro, Sezione Restauro, via P. A. Micheli 8, 50121 Firenze
055 2756580, 055 2756584, grazia.tucci@unifi.it, alessia.nobile@unifi.it

(**) Libero professionista, 348 4519335, ridolfi@grammelotprogetti.eu

(***) Libero professionista a contratto, Ufficio Prevenzioni (USPP)
Università La Sapienza di Roma, l.papacchini@virgilio.it

Riassunto

Il borgo di Pianiano, frazione del comune di Cellere nella Tuscia viterbese, segue la storia del territorio: assoggettato alla signoria prima degli Orsini e poi dei Farnesi con il loro Ducato di Castro, diventa parte del dominio dello Stato Pontificio quando viene abitato da una colonia albanese.

Il borgo, sito su una rupe tufacea caratterizzata da cavità e grotte, prodotte dall'attività antropica, presenta scivolamenti e crolli soprattutto sul fronte ovest dell'abitato dove sono già stati realizzati muri in tufo a costituire speroni di consolidamento, oggi infestati da vegetazione, in parte degradati o sconnessi e in parte crollati. Il progetto di consolidamento e di conservazione del borgo per la messa in sicurezza dell'abitato è il risultato di un lavoro interdisciplinare prodotto di conoscenze storiche, geomatiche, geologiche ed ingegneristiche.

Il rilievo integrato 3D nasce dall'esigenza di ottenere una base metricamente corretta del perimetro del borgo edificato sopra la rupe tufacea ricca di cavità. Sono stati usati sistemi topografici per l'inquadramento generale, sistemi satellitari per la georeferenziazione del rilievo e sistemi a scansione per il rilievo di dettaglio. L'inquadramento topografico è stato materializzato da 15 vertici di stazione e 45 target, apposti sul paramento murario e sul costone roccioso, sono stati misurati per l'allineamento delle scansioni. Il rilievo celerimetrico è stato realizzato con un laser scanner distanziometrico e sono state effettuate 42 scansioni, registrate nel sistema di riferimento cartografico. Il modello tridimensionale ottenuto rappresenta un "database di informazioni" dal quale è stato possibile estrarre tutti gli elaborati grafici necessari agli obiettivi prefissati: immagini prospettiche della nuvola di punti utili all'analisi delle strutture; una planimetria generale dell'intero perimetro del borgo, integrata con curve di livello della rupe tufacea; 16 sezioni verticali e 12 prospettici.

Abstract

The village of Pianano, in the municipality of Cellere in Tuscia (VT), follows the story of the surrounding land: subject first to the domination of the Orsini family and then of the Farnesi within their Duchy of Castro, it becomes part of the Papal State when an Albanian colony settles in it.

The village, situated on a tuffaceous cliff characterized by man-made cavities and caves, presents slips and landslides, especially on the west front where tuff walls have been made in order to form spurs consolidation, now infested with vegetation, partially degraded or disconnected and partially collapsed.

The consolidation and preservation project of the village are the result of an interdisciplinary investigation: historical, geomatic, geological and engineering.

The integrated 3D survey was required to obtain the metrical representation both of the village and the cliff with its cavities. Topographical systems (total station and GPS) have been used to

georeference the data and 3D scanning system has been used for the detailed survey. 15 vertices and 45 targets have been measured on the walls and on the rocks of the cliff in order to register the range maps. 42 range maps have been carried out with a phase-shift scanner and registered in a cartographic system. It's been possible to extract different graphical outputs from the final point cloud which is a real "database of information": perspective views of the point cloud, useful for the structural analysis; a plan of the entire perimeter of the village integrated with contour lines of the cliff; 16 vertical sections and 12 elevations.

Introduzione

Oggetto del contributo è il borgo di Pianiano, frazione del comune di Cellere nella Tuscia viterbese, inserito negli interventi programmati del II Accordo integrativo dell'Accordo di Programma Quadro "Difesa del Suolo e protezione della Costa (APQ5)", sottoscritto dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, dal Ministero dell'Economia e delle Finanze e dalla Regione Lazio (tecnici incaricati: arch. G. Ridolfi, ing. S. Bocci, dott. L. Papacchini e geom. N. Luciani.). L'obiettivo dell'intervento è mitigare il rischio di frana o crollo che può interessare l'edificato e le infrastrutture presenti, ovvero la salvaguardia della pubblica incolumità e dei beni esposti, mediante il consolidamento e la protezione, sia sommitale che basale, della rupe sulla quale sorge il centro abitato. La progettazione del consolidamento di un abitato instabile, fortemente integrato con la complessità geomorfologica del sito, necessita della documentazione metricamente corretta dell'habitat in cui è inserito: un'attenta indagine conoscitiva dell'esistente, attraverso accurate analisi geometriche e geologiche, è indispensabile a fornire dati ed informazioni alle diverse figure professionali coinvolte nei processi decisionali. Le scelte progettuali individuate come le migliori, sia dal punto di vista tecnologico che economico, sono il risultato di un proficuo lavoro interdisciplinare prodotto di conoscenze storiche, geomatiche, geologiche ed ingegneristiche.

Cenni storici

Il borgo di Pianiano segue la storia del territorio: assoggettato alla signoria prima degli Orsini e poi dei Farnesi con il loro Ducato di Castro, diventa parte del dominio dello Stato Pontificio quando viene abitato da una colonia albanese. Il nome suggerisce, evocando mitologiche scene di caccia, la derivazione dal latino (Planum Diane: pianura dedicata a Diana) da cui Piandiana, Pianana, Pianiano. Nel 1630 Benedetto Zucchi stilò per i Farnese la relazione "Notizie storiche della casa Farnese", nell'opera *Informazione e cronica*, descrivendo l'aspetto del borgo: «l'accesso è costituito da un ponte per giungere ad una porta con torre quadrata, mezza diruta, attraversata si trova l'abitato costituito da un borgo». Già in questi anni è narrato un primo spopolamento «Piandiana o Plandiana contava 60 fuochi con 150 anime, mentre in passato erano addirittura cento». Già allora il castello era in decadimento a causa dello spopolamento dovuto soprattutto alla malaria proveniente dalle zone costiere della costa tirrenica. La situazione di grande indigenza portò il consiglio comunale di Pianiano a decidere l'unione con Cellere. Tuttavia, a causa del processo di spopolamento ormai irreversibile, gli emigrati albanesi che raggiunsero Pianiano nel 1757, per volere del governo pontificio, trovarono un castello quasi abbandonato «offuscato da spini e ... macerie cadute, abitato da animali immondi e velenosi, circondato e sepolto da tutte le parti dalla macchia». I profughi albanesi, costretti dai Turchi ad abbandonare la propria terra, diventano affidatari di una certa quantità di terre e bestiame di Pianiano.

Le vicende demografiche hanno condizionato l'aspetto del borgo e del territorio adiacente sino al 1990, da quando è diventato un luogo di silenzio e relax per le persone che il fine settimana o nei periodi di vacanza lasciano il caos cittadino per occupare le seconde case acquistate.

Acquisizione digitale

L'attività di rilevamento ha previsto l'utilizzo congiunto di sistemi satellitari per la georeferenziazione del borgo, tecniche topografiche classiche per l'inquadramento generale e sistemi a scansione 3D per il rilievo di dettaglio (Figura 1).

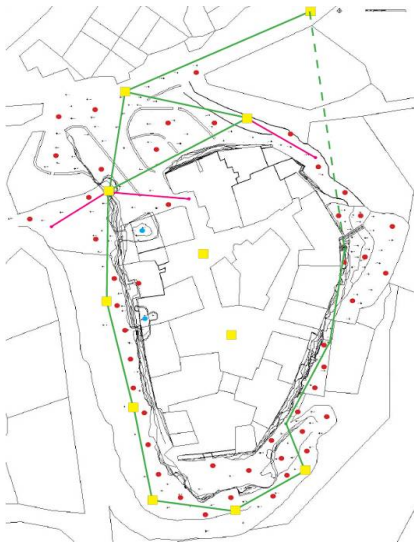


Figura 1 – Schema del rilievo. Inquadramento topografico: poligonale principale (verde), sbracci (magenta), vertici GPS giallo). Rilievo laser scanner: postazioni in superficie (rosso), postazioni nelle cavità ipogee (azzurro).

L'obiettivo principale è stato quello di definire un sistema di riferimento cartografico per una corretta determinazione dei parametri geo-strutturali degli ammassi rocciosi. A tal fine, sono stati materializzati 11 vertici, occupati con il ricevitore GPS1200, ai quali sono state riferite tutte le successive misure terrestri effettuate, in modo da consentire una corretta georeferenziazione dei dati acquisiti secondo la proiezione Universale Trasversa di Mercatore (UTM). I vertici GPS sono stati implementati con altri 4 vertici topografici, per un totale di 15 vertici (9 per la poligonale principale; 3 per la poligonale secondaria) e acquisiti con la stazione totale (accuratezza angolare 3''). Per garantire una documentazione metrica uniforme sono stati aggiunti 3 sbracci. 45 target di controllo, apposti sul paramento murario e sul costone roccioso, sono stati misurati con stazione totale per l'allineamento delle scansioni. Il rilievo di dettaglio è stato eseguito con il laser scanner distanziometrico HDS6000. Per ridurre al minimo le "zone d'ombra" sono state necessarie un numero di posizioni di scansione variabile a seconda della geomorfologia della rupe: in totale sono state effettuate 42 scansioni equivalenti a 926.216.589 coordinate spaziali.

Le principali problematiche affrontate nell'esecuzione del rilievo sono legate, da un lato, alle caratteristiche delle pareti rocciose a causa dei locali addensamenti della vegetazione; dall'altro, all'ubicazione del sito e alla sua

conformazione morfologica. L'impossibilità di distanziarsi dalle pareti, o di elevarsi naturalmente rispetto ad esse, ha vincolato le posizioni di ripresa in punti con visuale non ottimale, soprattutto per il rilievo della parte superiore del borgo. Questo ha indotto ad eseguire, da ogni postazione di scansione, due acquisizioni con differente grado di risoluzione: maggiore per le parti superiori e media per le parti inferiori. Entrambe le range maps presentano, quindi, una griglia di acquisizione centimetrica pressochè uniforme tale da riprodurre le caratteristiche significative degli edifici e descrivere dettagliatamente i fronti rocciosi per l'esecuzione di analisi geo-strutturali.

Output grafici

Sono stati prodotti, in accordo con i progettisti:

- a) una planimetria generale realizzata integrando la pianta delle coperture con le curve di livello, equidistanti 1 m, lungo il costone tufaceo;
- b) 16 sezioni verticali nei punti più significativi individuati sulla rupe;
- c) 12 prospetti eseguiti con piani di volta in volta paralleli al fronte degli edifici.

L'estrazione delle informazioni ha richiesto un complesso lavoro di sintesi e una grande padronanza del software di gestione della nuvola di punti acquisita. Al fine di fornire, alle altre figure professionali coinvolte, uno strumento utile e gestibile alle indagini necessarie, è stata posta particolare attenzione alla corretta individuazione della linea di base della rupe, della linea di terra e della linea di gronda degli edifici. Questa fase, semplice dal punto di vista operativo, è invece risultata di estrema attenzione e gravosità, dal punto di vista interpretativo, a causa della presenza di vegetazione infestante diffusa sia sul costone roccioso che sul paramento murario degli edifici. Gli elaborati grafici realizzati sono risultati un valido supporto al progetto di consolidamento (Figure 4 e 5).

Caratterizzazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica dell'area

Il borgo medievale di Pianiano è localizzato al margine orientale di un pianoro vulcanico del quale rappresenta uno sperone proteso ad Est, verso il corso del Fosso Timone. I prodotti vulcanici presenti appartengono al Distretto Vulsino (Vezzoli et alii, 1987, Figura 2) e sono ascrivibili all'attività del Complesso Vulcanico di Latera (Palladino et alii, 2010), caratterizzato da attività prevalentemente esplosiva, che ha portato alla messa in posto di una serie di almeno sette colate piroclastiche in un intervallo di tempo che va da circa 270 ka a circa 166 ka, con la creazione di un edificio vulcanico troncato da una caldera poligenica di forma ellittica. In coincidenza con le fasi finali di attività (circa 150 ka), si ha la formazione di coni di scorie e lapilli in posizione intra e circumcalderica, con a volte emissioni di colate laviche. Nell'area della rupe tufacea di Pianiano questi prodotti sono rappresentati, a partire dal più recente da: Unità eruttiva di Grotte di Castro (GRC); Unità eruttiva di Canino (CNK); Lava di Pianiano (LPI).

Le due unità eruttive sono costituite da alternanze di depositi di flusso piroclastico, saldati o meno, e depositi da caduta; la prima unità eruttiva presenta pomici a chimismo shoshonitico e la seconda trachitico. Per quanto riguarda le lave, che non interessano la rupe, il loro chimismo è fonotefritico. L'alternanza delle caratteristiche geomeccaniche dei depositi di flusso ha prodotto nell'area della rupe episodi di crollo a spese dei materiali a comportamento litoide ma anche dei fronti di alcuni ipogei ricavati all'interno dei depositi scarsamente saldati. Per questo, nell'ottica della progettazione degli interventi di consolidamento, riveste importanza centrale la realizzazione di un rilievo di dettaglio che evidenzi oltre ai limiti tra le varie tipologie di vulcaniti, anche la geometria dei prismi in cui risulta divisa la porzione dei flussi piroclastici che mostrano comportamento litoide (Figura 3) e la giacitura (direzione di immersione ed inclinazione) dei sistemi di fratture dell'ammasso.

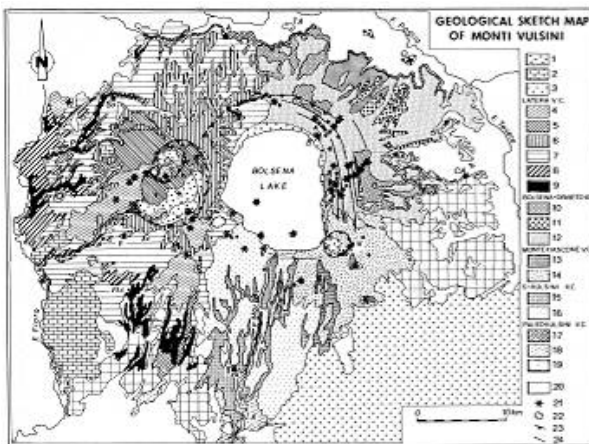


Figura 2 – Carta geologica schematica del Distretto Vulcanico.



Figura 3 – Particolare del distacco dei blocchi.

Il progetto di consolidamento della rupe

La rupe presenta fenomeni di dissesto gravitativo, che pur investendo tutto l'acrocoro, sono più evidenti sul fronte Ovest e Sud-Ovest, dove già in passato sono stati realizzati, a tratti, muri di consolidamento in tufo, oggi in parte degradati, sconnessi, crollati e infestati da vegetazione. La parete rocciosa, difficilmente individuabile a causa della forte integrazione tra costruito e territorio, è parte di un territorio complesso caratterizzato dai molteplici elementi e fattori che lo compongono e che concorrono a definirlo nella sua unicità.

La documentazione morfometrica delle caratteristiche naturali e antropiche, delle strutture edificate in superficie e delle cavità ipogee, costituisce una base imprescindibile per l'analisi di stabilità dei

pendii. Queste considerazioni hanno determinato la scelta di eseguire un rilievo con una strumentazione tale che potesse riprodurre tridimensionalmente la complessità geometrica e materica dell'esistente. Il rilievo 3D, rivelatosi uno strumento adeguato ed efficace, ha dato ai progettisti la possibilità di estrarre tutte le informazioni metriche necessarie, valutando ed elaborando a posteriori le zone da consolidare, mediante misurazioni specifiche e ricavando profili sezioni nei punti dove di volta in volta si decideva di intervenire: la diversità degli interventi previsti (palificate vive, muri di contenimento, chiodature, bonifiche di piante infestanti, disaggi, ecc.), con un rilievo tradizionale, avrebbe richiesto numerosi ulteriori sopralluoghi per integrare le misurazioni necessarie.

Il progetto, al fine di raggiungere l'obiettivo della mitigazione del rischio di frana o crollo, può essere riassunto come segue (Figura 4): bonifica dell'area mediante taglio di piante arbustive infestanti; estirpazione di tutti gli apparati radicali presenti sui muri e sulla parete tufacea; ripresa delle murature esistenti e sigillatura dei giunti di malta; disaggio di blocchi disarticolati e/o pericolanti; sigillatura di lesioni superficiali in parete; realizzazione di muri in tufo o conglomerato cementizio armato rivestito in tufo per la sottofondazione; rifacimento di muri crollati; realizzazione di muri di sostegno con fondazioni su pali in corrispondenza della parte di pendio franato (Figura 5); riempimento di alcune cavità non più utilizzabili in quanto a rischio crollo e costituenti pericolo per la stabilità d'insieme; rimodellamento di una parte del pendio in corrispondenza di grotte in fase di crollo; regimazione e convogliamento delle acque di ruscellamento superficiale relative alla parte del pendio più acclive e già oggetto di frana; perforazioni e ancoraggi per la stabilizzazione del fronte fratturato della parete tufacea.

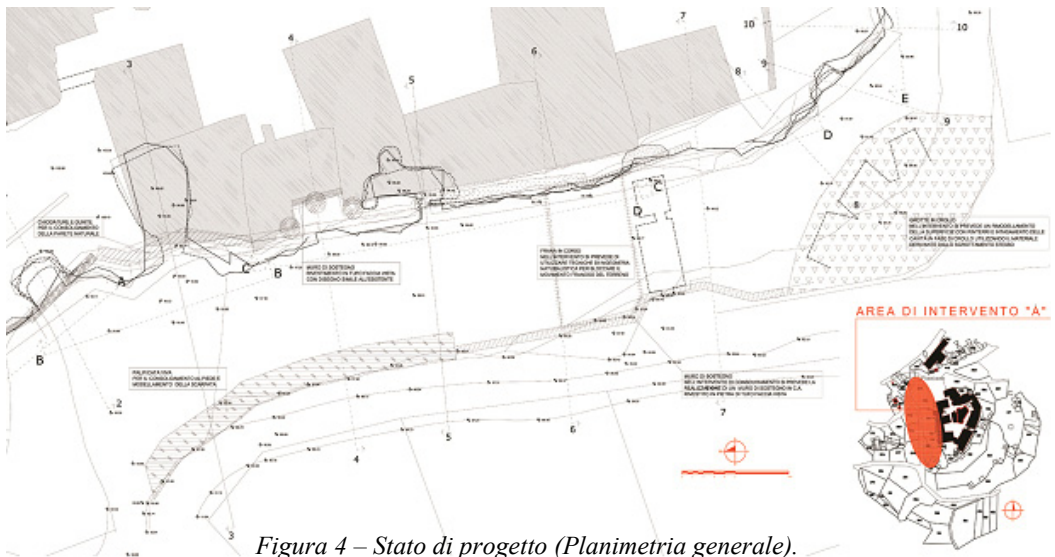


Figura 4 – Stato di progetto (Planimetria generale).

Gli ancoraggi di tipo passivo costituiscono un sistema semplice di chiodatura e collegamento delle masse parzialmente distaccate dal corpo massivo tendendo al ripristino della continuità dell'insieme litoide; il sistema passivo mobilita una reazione resistente al distacco delle masse nel momento in cui quest'ultimo si verifica, conservando in tal modo l'equilibrio statico senza alterare lo stato di sollecitazione nella formazione con pericolose sovratensioni (Figura 6).

Conclusioni

Il consolidamento delle rupi degli abitati, specie nelle aree vulcaniche caratterizzate da ipogei, deve andare di pari passo con il rilievo integrato della "città sotterranea" volto allo studio del corretto inquadramento storico, dei rapporti spaziali (presenza di vari livelli sovrapposti, esigui spessori

lateralmente e verticalmente, ecc.) e della valutazione del rischio di crollo. La mappatura degli ipogei risulta indispensabile per fornire le informazioni necessarie per la loro corretta messa in sicurezza e conservazione. Tutto questo, inoltre, non può prescindere dalla georeferenziazione di queste strutture rispetto all'edificio, alle strade e, non ultimo, alle reti tecnologiche che, in caso di danneggiamento o rottura, portano allo scadimento delle caratteristiche geotecniche dei litotipi vulcanici e/o alla loro erosione innescando così crolli che possono interessare anche manufatti posti in superficie. L'esperienza mostra, ancora una volta, l'esigenza di sensibilizzare l'importanza di un lavoro di squadra capace di unire competenze ed esigenze differenti. L'apparente semplicità di impiego della tecnica laser non deve trarre in inganno o generare aspettative non realistiche: rilievi non attenti alle necessità per le quali sono stati richiesti producono elaborati grafici difficilmente gestibili dall'utente finale.

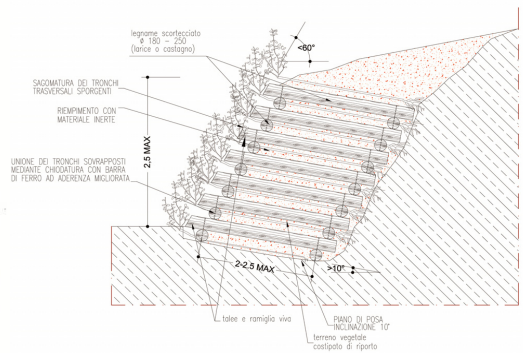


Figura 5 – A sinistra, stato di progetto (Prospetto C).

Figura 6 – In alto, palificata in legname con tabelle a due pareti.

Si ringrazia, per la collaborazione nel rilievo gps, l'ing. Giampaolo Servodio (Leica Geosystems).

Riferimenti bibliografici

- Biasion A., Bornaz L., Rinaudo F., (2004), "Monitoraggio di eventi franosi in roccia con tecniche laser-scanner", *Bollettino SIFET*, 3, 47-59.
- Palladino D.M., Simei S., Sottili G., Trigila R., (2010), "Integrated approach for the reconstruction of stratigraphy and geology of Quaternary volcanic terrains: An application to the Vulsini Volcanoes (central Italy)", *Geological Society of America Special Papers*, 464(0), 63-84.
- Piacentini D. (2006), "L'analisi di stabilità di pareti rocciose in ambiente GIS: un caso studio in comune di Cortaccia (Bolzano)", *Atti 10^a Conferenza Nazionale ASITA*, 1551-1556.
- Teza G., Galgaro A., Genevois R., De Prà C., Gradizzi A., (2006), "Laser scanner e rilievo geomeccanico nello studio delle cave sotterranee del Caglieron (TV)", *Atti 10^a Conferenza Nazionale ASITA*, 1803-1808.
- Tucci G., Bonora V., Nobile A., (2009), "Rilievo 3D per lo studio della morfologia e delle tracce di lavorazione di una cava storica", *Atti 13^a Conferenza Nazionale ASITA*, 1803-1808.
- Tucci G., Bonora V., Crocetto N., Nobile A., (2009), "Misurare l'irregolare: applicazioni della geomatica alla tutela e al recupero di un habitat rupestre a Gravina in Puglia", *Atti 13^a Conferenza Nazionale ASITA*, 1809-1814.
- Vezzoli L., Conticelli S., Innocenti F., Landi P., Manetti L., Palladino D. M., Trigila R., (1987), *Stratigraphy of the Lateral Volcanic Complex: proposals for a new nomenclature*. Periodico di Mineralogia, 56, 89-110.