

Il Picco di Circe: il rilievo del santuario sul promontorio del Circeo, San Felice Circeo (LT)

Lorenzo Ceruleo

Riassunto: Le ricerche della prima metà del Novecento avevano sancito la fine di innumerevoli ricognizioni sul territorio dell'antica *Circeii*, ma avevano lasciato interpretazioni poco chiare nel complesso culturale della colonia. Le nuove ricognizioni sul picco occidentale del promontorio del Circeo hanno permesso di realizzare un nuovo rilievo delle strutture emergenti attraverso moderne metodologie di remote sensing.

Parole chiave: San Felice Circeo, Santuario di Circe, Telerilevamento, Topografia, Fotogrammetria.

Abstract: In the first half of the twentieth century, the numerous archaeological researches on the territory of ancient *Circeii* had produced unclear interpretations in the colony's cultural complex. The new surveys on the western peak of the Circeo promontory made it possible to create a new survey of the emerging structures through modern remote sensing methodologies.

Keywords: San Felice Circeo, Circe's sanctuary, Remote sensing, Topography, Photogrammetry.

INTRODUZIONE

Il presente contributo scaturisce da un più ampio studio sul contesto culturale della colonia di *Circeii*¹ affrontato per la redazione di una tesi di laurea magistrale recentemente discussa². L'interpretazione topografica dei siti archeologici sul promontorio del Circeo è rimasta molto legata alle ricognizioni svolte da Ashby e Lugli, nell'Agro Pontino, durante la prima metà del Novecento³. Nonostante il progredire delle metodologie archeologiche, le pubblicazioni, più recenti, che citano il cosiddetto santuario di Circe, fanno riferimento ad una planimetria del sito molto datata⁴ e condizionata dagli ineluttabili limiti cartografici imposti dalle tecnologie disponibili al tempo della sua redazione e agli impedimenti fisici imposti dalla natura impervia del luogo. Date queste pregiudiziali si è ritenuto necessario disporre di una documentazione

¹ Sull'analisi del contesto topografico della colonia di *Circeii* si veda QUILICI, QUILICI GIGLI 2005: 123-130.

² La tesi di Laurea dal titolo "La colonia di *Circeii* e il santuario di Circe. Proposte interpretative alla luce del nuovo rilievo" è stata discussa in data 11/02/2021 presso il corso di Laurea Magistrale "Archeologia e Storia dell'Arte. Tutela e Valorizzazione" LM-2 dell'Università degli studi della Tuscia. Ringrazio il Relatore Prof. Salvatore De Vincenzo.

³ ASHBY 1905; LUGLI 1926; LUGLI 1928.

⁴ DE ROSSI 1973: 74-87, Fig. 1; RIGHI 1981: 74, Fig. 16; LANZUISI 2006: 124-130; MARRONI 2012: 619-624, Fig. 1; RONCHI 2017: 59-60, 143.



grafica aggiornata e metrologicamente affidabile di questo sito, ritenuta fondamentale per l'interpretazione delle strutture oggi conservate sulla vetta del promontorio. L'area del santuario si sviluppa sulla sommità del picco occidentale del Circeo (Fig.1), altre tracce di strutture "secondarie" sono riconoscibili sulle pendici occidentali del picco. Il settore sommitale del santuario conserva parti molto lesionate delle strutture mentre le mura meridionali e settentrionali rappresentano le evidenze strutturali meglio conservate del complesso delle imponenti costruzioni⁵. Tuttavia, questo settore sembra essere collegato a strutture circostanti da porre in relazione con la viabilità locale antica proveniente sia dal versante Nord che da quello Sud del promontorio.

STORIA DEGLI STUDI E DEGLI SCAVI

L'interesse legato alla comprensione e interpretazione delle antichità presenti sul territorio del Circeo si accentuò verso la fine del Settecento ed i primi anni dell'Ottocento, quando *Circeii* si trova al centro dell'attenzione della comunità scientifica come "città pelasgica", caratterizzata dall'imponente cinta muraria in opera poligonale. Le strutture dell'acropoli del Circeo incuriosirono l'erudito francese, Louis-Charles-François Petit-Radel che le ritenne opera dei "Pelasgi".⁶ Giuseppe Capponi pubblicò nel 1856 un'opera di sintesi sulla storia locale corredata da un'attenta analisi sulla toponomastica dei principali siti archeologici, dai cui prenderanno riferimento i futuri studiosi del Circeo⁷. Il primo archeologo giunto in questa zona è stato Marie René De La Blanchère, giovane allievo dell'*École Française de Rome*, che scelse come primo campo di azione l'Agro Pontino, rivolgendo il suo interesse scientifico al Circeo puntando alla realizzazione di una carta archeologica della viabilità antica del territorio.⁸ La Blanchère giunse al Circeo il 10 marzo del 1879 e da subito iniziò a indagare il territorio. Il suo intento non era solo quello di studiare i resti antichi visibili, ma anche di scavare nei luoghi più promettenti, tra cui le rovine del palazzo imperiale sulle rive del lago di Paola.⁹ Riguardo alla vetta più alta del promontorio La Blanchère fornisce poche informazioni, fatta eccezione per un breve accenno ad "una piattaforma sostenuta da muri in blocchi rettangolari e l'ingresso di un sotterraneo interrato".¹⁰ Il soggiorno di La Blanchère al Circeo si concluse nel 1881. Questi primi studi non hanno avuto alcun esito editoriale, lasciando solo testimonianza nella corrispondenza con il direttore dell'*École Française* Geffroy. Il secondo studioso che tenta un'interpretazione dei resti archeologici dell'antica *Circeii* è Thomas Ashby, segnando un punto di svolta per lo studio topografico della zona. La prima visita dell'archeologo inglese al Circeo fu nel 1899, per via del forte richiamo

⁵ GIULIANI 2006: 153-155.

⁶ PETIT-RADEL 1841.

⁷ CAPPONI 1856.

⁸ ROCCI 1998: 39-41.

⁹ ROCCI 1998: 31-34.

¹⁰ ROCCI 1998: 13.

culturale che avevano cominciato ad avere le mura ciclopiche dell'acropoli di *Circeii*. Le prime ricognizioni sistematiche furono svolte tra il 1902 e 1905 nel piccolo paese di San Felice Circeo. Ashby realizzò un'analisi topografica, accompagnata da documentazione fotografica, concentrandosi anche sui luoghi che non erano stati esplorati in precedenza. Sulla vetta più alta del promontorio Ashby annota la descrizione di una spianata, in parte sostruita da mura poligonali, legate con malta, e in *opus incertum* riconosciuta dallo studioso come basamento di un tempio dedicato a Venere o Circe¹¹. Il lavoro di Thomas Ashby inquadra il moderno schema di riconoscimento dei siti di San Felice Circeo segnalando anche molte strutture archeologiche minori che in passato furono indagate con scarso rigore metodologico. Nel biennio 1926-1928 furono pubblicati i primi due volumi della collana *Forma Italiae*, dedicati rispettivamente a Terracina e alla zona del Circeo, grazie al lavoro di Giuseppe Lugli e dell'architetto Italo Gismondi¹². Nel decennio 1923-1933 il Lugli ricoprì il ruolo di ispettore e successivamente direttore alle Antichità del Lazio, fu proprio questo incarico che gli permise di studiare molti complessi archeologici in quest'area. Nella collana *Forma Italiae* dedicata a Terracina e San Felice Circeo si trova una documentazione analitica e scrupolosa del patrimonio archeologico con un collegamento storico-topografico, che integra le informazioni disponibili dalla documentazione edita e i dati desunti da ricognizioni, e una descrizione analitica di molti siti ancora inediti in quegli anni.¹³ Il Lugli divide in due zone di indagine il volume dedicato a *Circeii* in cui sono elencate le varie strutture superstiti e siti di interesse archeologico nel territorio di San Felice Circeo, riportando le misurazioni e la collocazione su una carta topografica, aggiornata dall'Architetto Gismondi. Sul cosiddetto Santuario di Circe vengono descritte le due vie di collegamento da Nord e da Sud per raggiungere la vetta e sempre su questo volume viene pubblicata per la prima volta la pianta del santuario (Fig. 2) con una descrizione delle strutture murarie datate tra la fine del I sec. a.C. e l'inizio del I sec. d.C.¹⁴.

LE EVIDENZE STRUTTURALI DEL COSIDDETTO SANTUARIO DI CIRCE

L'area denominata "Picco di Circe" è la vetta del picco occidentale del promontorio del Circeo, qui si trova una sostruzione a pianta quadrangolare (circa 42,00 x 30,00 m) che va a formare un pianoro rettangolare orientato Est-Ovest in parte ottenuto regolarizzando e sfruttando la conformazione del pianoro roccioso (Fig. 3). L'opera mostra diverse irregolarità nelle tecniche edilizie utilizzate sia nelle mura a Sud che in quelle rivolte a Nord. Le mura meridionali rivolte verso mare, fortunatamente connotate da discrete condizioni di visibilità, presentano un filare in opera poligonale (circa 15,00 m), sostenuto da tre contrafforti realizzati con la stessa tecnica, ognuno di questi largo circa 90 cm. La particolarità di questo

¹¹ ASHBY 1905: 191-193.

¹² LUGLI 1926; LUGLI 1928.

¹³ LUGLI 1928: Presentazione e nota bio-bibliografica sull'Autore.

¹⁴ LUGLI 1928: 28-31.

filare consiste nella presenza di malta tra gli interstizi dell'opera poligonale. Nell'angolo Sud-Ovest (appartenente sempre alle mura rivolte a Sud) si distingue una tecnica edilizia del tutto differente predominata da un nucleo di *opus caementicium*¹⁵ mentre il paramento esterno è costituito da un breve filare in *opus reticulatum*¹⁶ in basso (alto circa 60 cm), e per la restante superficie predomina l'*opus mixtum* costituito da blocchi calcarei irregolari, alternati circa ogni 90 cm da fasce di laterizi¹⁷. Nel tratto murario esposto a Nord della sostruzione è stato utilizzato l'*opus incertum*, rinforzato sull'angolo Nord-Ovest da due contrafforti posti nelle zone di maggiore sollecitazione dovuta alla forte pendenza del dirupo. Sul pianoro si sviluppa una piattaforma rettangolare (circa 30,00 x 9,00 m), che si eleva al di sopra del pianoro sottostante di circa 2,00 m degradando dolcemente verso il lato Sud ed Ovest, mentre il lato a Nord rimane molto più irregolare con modeste tracce del filare lesionato in molti punti. L'unico elemento riconoscibile su questa piattaforma è un elemento rettangolare, in *opus incertum*, con dimensioni interne di circa 3,60 x 2,00 m, identificabile con i resti di una piccola vasca per la raccolta delle acque meteoriche (Fig. 4); Il Petit-Radel già accennava a delle canaline che rifornivano il pozzo al di fuori del pianoro sostruito¹⁸. L'ultima evidenza collegata all'angolo Nord-Ovest della sostruzione è una cisterna cilindrica (Fig. 5), con un diametro di circa 1,75 m, scavata nel terreno e che intercetta anche il banco calcareo. Questa cisterna si presentava con un puteale realizzato in *opus incertum*, con blocchetti poco lavorati e alcuni laterizi. Attualmente è visibile solo una piccola parte di questo puteale¹⁹. La cisterna è parzialmente colmata da detriti, pertanto ispezionabile sino ad una profondità di circa 2,50 m. Prima di raggiungere la vetta, ad una quota compresa tra i 510-520 m. s.l.m., è visibile, seppur in cattivo stato di conservazione, un piccolo terrazzamento probabilmente realizzato per rendere più agevole la confluenza delle vie di collegamento ai margini dello strapiombo sottostante (Fig. 6). Questa struttura presenta il paramento esterno, legato con malta, in *opus incertum* di fattura molto grezza. Nel settore sud-orientale della piattaforma rettangolare, al di sopra del pianoro, sono riconoscibili delle regolarizzazioni del banco roccioso e le tracce di una muratura di cui rimane visibile l'angolo terminale a Sud (Fig. 7), che poteva appartenere presumibilmente alla parete meridionale di una struttura in alzato. Dalle tracce individuate nelle ricognizioni si ipotizza la presenza di un edificio rettangolare di circa 12,00 x 9,00 m di cui rimangono scarsi elementi sulla superficie della piattaforma, insufficienti per giungere a conclusioni certe sulla reale natura di questo edificio²⁰. Nell'angolo Sud-Ovest della

¹⁵ ADAM 2014: 79-82.

¹⁶ L'*opus reticulatum* si conserva solo in questa piccola parte della sostruzione.

¹⁷ Le fasce di mattoni ancora presenti *in situ* non hanno tutte una distanza regolare: la massima distanza registrata è di circa 1,25 m. ADAM 2014: 151-156.

¹⁸ PETIT-RADEL 1841: 142-143.

¹⁹ Le pareti interne sono rivestite da malta idraulica, la quale si è disgregata maggiormente all'interno del puteale ed è rimasta più compatta nella sezione centrale della cisterna, mentre la parete sul fondo mostra maggiori lesioni ed è visibilmente riempita da materiali di crollo.

²⁰ La maggior parte delle strutture dell'area orientale si trovano in pessime condizioni di conservazione, dovute forse alla completa distruzione delle strutture più antiche e al reimpiego di alcuni materiali.

sostruzione principale, a ridosso del tratto murario frontale in *opus incertum*, è stata rinvenuta l'entrata di uno stretto cunicolo a sezione rettangolare (circa 5,00 m di lunghezza, 1,20 m di altezza e 50 cm di larghezza). Il cunicolo, di cui non si hanno notizie dagli studi precedenti, non è interamente ispezionabile a causa di consistenti crolli che ostruiscono il passaggio (Fig. 8). A questo punto bisogna rivolgere l'attenzione sulla propaggine meridionale del picco roccioso che va a degradare velocemente fino a circa 520,00 m s.l.m., dove si trova un piccolo pianoro su cui è stato rinvenuto un setto murario (Fig. 9), del tutto isolato dalla sostruzione superiore. Questo lacerto murario si sviluppa su una lunghezza di circa 5,60 m e un metro di larghezza, con il lato settentrionale esposto alla forte pendenza della rupe orientale del picco, mentre il lato meridionale circonda il piccolo pianoro roccioso. La tecnica edilizia utilizzata mostra delle cortine esterne con blocchetti molto grezzi aggregati su un nucleo di malta dove non si distinguono frammenti di laterizi. È complesso stabilire la funzione di questa struttura rispetto al contesto indagato fino ad ora,²¹ e sulla scorta dell'analisi della tecnica costruttiva, si propone con cautela, una datazione in età più recente ed un utilizzo a scopi difensivi, forse riconducibile a quanto riportato nell'edizione del Capponi²² e nel De Rossi²³.

IL NUOVO RILIEVO TOPOGRAFICO PER L'ANALISI ARCHEOLOGICA DEL SITO

L'area oggetto del rilievo ha interessato la sostruzione sul punto più elevato del picco di Circe. La conformazione del luogo, ricca di declivi, caratterizzata da pessima visibilità determinata dalla presenza di fitta vegetazione arbustiva (tranne in parte per il versante meridionale), ha indirizzato la modalità di indagine secondo un sistema di acquisizione digitale combinato con un rilievo indiretto strumentale a terra, tramite stazione totale, e attività di telerilevamento con l'ausilio di un drone quadricottero. Negli ultimi due decenni il rapido e continuo sviluppo delle tecniche di rilievo e modellazione tridimensionale hanno visto un diffuso utilizzo di strumenti di acquisizione digitale nel campo della documentazione archeologica, applicabili sia a scala topografica, sia per la documentazione di singoli manufatti rinvenuti nei contesti archeologici. Queste nuove tecniche hanno il grande vantaggio di una più rapida e precisa restituzione del dettaglio geometrico nei contesti indagati, rispetto ai tradizionali metodi topografici di rilievo indiretto strumentale e di rilievo diretto²⁴. Tutti i dati acquisiti sul campo sono confluiti in un flusso di lavoro per la realizzazione di modelli tridimensionali e bidimensionali, tramite software fotogrammetrico che sfrutta un sistema sviluppato con la tecnica *Structure from Motion*²⁵ (SfM), da cui sono state estratte le ortofoto

²¹ L'accesso su questo piccolo pianoro non è per nulla agevole e sulla parete rocciosa non si trovano gradini intagliati nella roccia.

²² CAPPONI 1856: 353.

²³ DE ROSSI 1973: 147.

²⁴ Il rilievo indiretto si avvale di strumentazione topografica tradizionale (Stazione Totale, sistemi GNSS) utilizzati per la misura dei punti topografici di appoggio funzionali alla restituzione cartografica finalizzata alla ricerca archeologica.

²⁵ Tecnica di calcolo basata su algoritmi di computer vision che permette di ricostruire la forma di oggetti o

utilizzate per i rilievi planimetrici e il DEM (*Digital Elevation Model*). Le moderne tecnologie applicate alle più recenti tecniche di rilievo agevolano senza dubbio le attività di documentazione archeologica se considerate integrative al rilievo diretto. L'impiego esclusivo di questi ultimi sistemi tradizionali non è sempre applicabile a contesti archeologici estesi, in condizioni di visibilità ridotta, poiché necessitano di tempi molto lunghi, oppure incompatibili con la durata e le risorse dei progetti di ricerca, al fine di soddisfare una corretta e precisa documentazione grafica. Da qui si intravede la necessità di trovare un compromesso tra l'uso delle tradizionali tecniche di rilievo e le tecnologie più recenti, nel rispetto dei criteri metodologici della ricerca archeologica. L'analisi del contesto archeologico determina le metodologie di rilievo più appropriate da utilizzare; tale tendenza, unita ad un incessante progresso nel campo dell'elettronica e dell'informatica, ha permesso di sviluppare strumenti per il rilevamento topografico che non richiedono obbligatoriamente avanzate conoscenze tecniche. Questa mutata condizione, rispetto al passato, consente oggi all'archeologo di realizzare in prima persona il rilievo fotogrammetrico, disciplina riservata sino a qualche anno fa a personale tecnico molto specializzato. L'acquisizione delle foto aeree può avvenire anche mediante tecnologie, ad un costo molto contenuto, quali velivoli APR (Aeromobile a Pilotaggio Remoto) abbinati a sensori fotografici digitali ad alta risoluzione non necessariamente provvisti di requisiti fotogrammetrici.

Le operazioni topografiche sul campo sono generalmente limitate alla registrazione delle coordinate tridimensionali di *Ground Control Points*²⁶ (GCP) posizionati a terra e rintracciabili sulle riprese aerofotografiche. Al di là della tecnica di rilievo utilizzata, il risultato deve avere come obiettivo la restituzione di un modello, oggi, ancora più di ieri, possibilmente digitale, che svolga la funzione di contenitore dei dati estrapolati dal contesto archeologico. L'aggiornamento della documentazione grafica del cosiddetto santuario di Circe ha l'obiettivo di restituire le evidenze archeologiche, visibili sul picco occidentale del promontorio del Circeo, avvalorando l'impiego di questi nuovi sistemi in condizioni logistiche complesse e con tempistiche accettabili; in cui l'utilizzo del rilievo diretto non porterebbe agli stessi risultati nelle medesime condizioni²⁷. Sull'area appena descritta sono state effettuate le operazioni di rilievo celerimetrico che hanno previsto la realizzazione di una poligonale topografica di tipo aperto²⁸ (Fig. 10). La finalità era duplice: consentire il

spazi aperti attraverso la collimazione automatica di punti da un insieme di foto. La SfM estrae i punti notevoli dalle singole foto, desume i parametri fotografici e incrocia i punti riconoscibili su più foto, trovando le coordinate nello spazio dei punti stessi.

²⁶ Target ad alto contrasto posizionati sul terreno come riferimento per le coordinate spaziali del modello 3D.

²⁷ Le condizioni che sono state affrontate per portare a termine il rilievo dell'area sono state pesantemente influenzate dalla forte pendenza del versante collinare e dalla pessima visibilità, dovuta alla rigogliosa vegetazione. Oltre a questi fattori, bisogna tenere conto degli aspetti logistici: per raggiungere l'area del sito archeologico, per nulla semplici da affrontare, in quanto l'accesso è veicolato unicamente da sentieri a lunga percorrenza molto scoscesi e con alta difficoltà (classificati con la sigla EE: Escursionisti esperti), insieme al trasporto delle attrezzature utilizzate nel rilievo.

²⁸ La scelta della poligonale topografica è ricaduta sul tipo aperto per ovviare ai complessi problemi di visibilità dati dalla folta vegetazione sulla sommità del pianoro, in particolare sul versante Nord.

posizionamento di target topografici ad alto contrasto (GCP), sul pianoro, utilizzati per le riprese aerofotogrammetriche e fornire un'efficace base per i rilievi indiretti di dettaglio. Il rilievo celerimetrico è stato condotto mediante l'utilizzo di una stazione totale²⁹ (modello: Leica TCR 705, precisione angolare di 5 secondi³⁰). A tal fine sono state materializzate a terra tre stazioni topografiche di appoggio posizionate in modo da traguardare le principali aree regolarizzate del pianoro artificiale e le rispettive emergenze strutturali, distinguibili poco al di sopra del piano di campagna. Il posizionamento ragionato dei GCP è stato eseguito mediante uno specifico sopralluogo preliminare dove sono stati definiti i punti ottimali per ricoprire l'area del sito, in modo omogeneo e con ottimale visibilità dall'alto, evitando così difficoltà nel flusso di lavoro del software, con il processo di aggancio dei punti³¹. Il rilievo indiretto del pozzo-cisterna è stato completato attraverso l'utilizzo di un distanziometro laser (Leica Disto D2) per ricavarne la corretta profondità e diametro. L'insieme di queste operazioni hanno fornito una solida base topografica alla successiva attività di aerofotogrammetria. La progettazione delle attività di telerilevamento è nata dalla volontà di sperimentare differenti metodologie integrate di rilievo finalizzate all'acquisizione del maggior numero di informazioni possibili circa la struttura del santuario e relative emergenze strutturali, interpolando i dati raccolti attraverso il rilievo da terra all'interpretazione delle anomalie da micro rilievo e da vegetazione leggibili da foto aerea³². A questo fine, è stata organizzata una missione di volo per l'acquisizione delle immagini aeree, attraverso l'utilizzo di un APR (*DJI Phantom 4 Pro*). Il quadricottero è stato pilotato in modalità manuale assistita con GPS³³, in modo da avere pieno controllo della posizione del drone, concentrandosi sull'area sommitale del picco e impostando al meglio i parametri della fotocamera integrata³⁴. Le immagini ottenute sono state elaborate per lo sviluppo di modelli tridimensionali e prodotti grafici bidimensionali. Per la realizzazione del rilievo planimetrico è stata utilizzata la fotocamera integrata del drone, con sensore CMOS da 1" (risoluzione di 20 Mpixel effettivi) abbinato ad un obiettivo con lunghezza focale fissa corrispondente a 8,8 mm (24 mm nel formato 35 mm equivalente), e dotata di un *gimbal* autostabilizzato su tre assi (inclinazione, rollio, panorama) con un intervallo di inclinazione controllabile da - 90° a + 30°, garantendo una stabilità e una precisione che ne fanno una piattaforma ideale per

²⁹ BIANCHINI 2008: 115-131.

³⁰ Tramite questo valore viene stabilita la precisione angolare dello strumento in uso e l'errore che può amplificarsi superate certe distanze da traguardare. Questo valore permette di valutare il tipo di strumento topografico più adatto al tipo di rilievo in cui deve essere impiegato e sulle tolleranze che devono essere rispettate.

³¹ Sull'orientamento assoluto dei fotogrammi tramite GCP si veda CANNAROZZO *et alii* 2012: 78-81.

³² LANTERI 2020: 35-46.

³³ Il sistema di posizionamento satellitare, integrato nel drone, è un sistema combinato GPS/GLONASS.

³⁴ I parametri scelti per l'acquisizione fotografica sono i seguenti: Sensibilità ISO 100, Tempo di scatto 1/100, Apertura diaframma f 8,0. Sulla fotocamera è stato applicato un filtro a densità neutra ND 4 (2 Stop), per ottenere scatti più nitidi e senza fastidiosi riflessi che avrebbero potuto inficiare il lavoro del software fotogrammetrico SfM.

applicazioni APR di questo genere. Per una corretta progettazione del rilievo è stato eseguito un volo preliminare ad una quota che permettesse la visione d'insieme di tutta l'area da rilevare. L'intera area è stata coperta da 26 prese fotografiche, costituite da due strisciate parallele, ad una quota di volo relativa di circa 44,00 m dal piano di campagna sulla sommità del picco³⁵ (Fig. 11), e con un'inclinazione di -90° della fotocamera rispetto alla traiettoria di volo, per effettuare battute fotografiche con buona scala di dettaglio (necessarie per l'individuazione dei target GCP) e prevedendo un grosso margine di sovrapposizione sino a ricoprire tutta l'area da rilevare. La scala media dei fotogrammi è stata ricavata dalla formula $1/Nf = l/L$ ³⁶ dove $l/L = p/H$ (p è la distanza principale che coincide con la lunghezza focale dell'obiettivo fotografico mentre H è l'altezza di volo del drone da terra, la distanza di presa del fotogramma). I fotogrammi forniscono un valore della scala media del fotogramma Nf in base al seguente calcolo:

$1/Nf = 24 / (44 \times 1000) = 0,00054$; perciò $Nf = 1851$. La scala media di ogni fotogramma è di circa 1:1850, che va a sovrapporsi sulla cartografia scelta (CTR 1:5000). Nella fotogrammetria digitale si deve anche considerare il GSD (*Ground Sampling Distance*), corrispondente alla risoluzione di un'immagine a terra, tale valore indica la grandezza di un pixel misurato a terra, nella scena reale. Il calcolo nel rapporto di elaborazione del modello planimetrico equivale a 1,21 cm/pixel su una quota relativa di volo a 44,00 m. Per la realizzazione del rilievo delle mura, sul versante meridionale, è stata utilizzata la stessa metodologia del rilievo planimetrico, sempre coperta da due strisciate parallele di 26 prese fotografiche, ma con finalità d'uso differenti dalla cartografia (Fig. 12-13). Il telerilevamento aereo in prossimità delle aree indagate è stato finalizzato all'elaborazione di modelli tridimensionali necessari alla restituzione di due principali sottoprodotti: ortofotopiani a grande scala, necessari sia per una rappresentazione topografica metricamente corretta e per una visione d'insieme delle aree ricognite, sia per l'individuazione di *cropmarks* e realizzazione del DEM, elaborati ad alta risoluzione (Intervallo di 1,00 m tra le curve di livello), in grado di rappresentare minuziosamente le caratteristiche geomorfologiche ed altimetriche delle aree prese in esame. Acquisiti tutti i dati sul campo, è iniziata la fase di restituzione attraverso l'utilizzo delle tecniche di visione artificiale per l'elaborazione fotogrammetrica delle immagini digitali. Per la realizzazione dei modelli 3D delle aree indagate si è utilizzato il software *MetashapePro*³⁷. Tramite questo *software*, a partire dal *dataset* delle immagini acquisite tramite drone, è stato possibile generare un modello virtuale dell'area rilevata sotto forma di una nuvola tridimensionale di punti in cui ogni punto possiede informazioni spaziali e di profondità colore (nel sistema additivo RGB). Le fasi di orientamento dei fotogrammi avvengono in

³⁵ Si fa riferimento alla quota relativa raggiunta dalla quota ortometrica del Picco di Circe, corrispondente a 541,40 m s.l.m.

³⁶ L dipende dalla distanza di presa del fotogramma, che in aerofotogrammetria nadirale diventa l'altezza di volo del drone H , e dall'angolo di campo dell'ottica che è montata sulla fotocamera FOV (*Field Of View*), valore che dipende direttamente dalla lunghezza focale dell'obiettivo.

³⁷ Versione Software 1.5.4 build 8885 su piattaforma (SO) Mac OS 64.

maniera del tutto automatica. Si tratta di un processo *image-matching*, che utilizza algoritmi per rintracciare le coordinate spaziali tramite i *pixel* campionati sulle immagini fotografiche digitali. La tecnica SfM impiega immagini sovrapposte e acquisite da più punti di vista con il vantaggio di determinare simultaneamente e automaticamente la geometria interna della fotocamera, la sua posizione e il suo orientamento. Il *workflow* prevede l'impiego dell'algoritmo SIFT (*scale invariant feature transform*) in grado di utilizzare descrittori di immagine, di calcolare e rilevare le posizioni dei punti (*pixel*) omologhi in tutto il *dataset*, sufficienti a stabilire le relazioni spaziali all'interno di un sistema di coordinate relative XYZ, e quindi ordinare le foto a seconda dei parametri calcolati. L'algoritmo SIFT, inoltre, collega le caratteristiche comuni alle immagini anche con variazioni di scala. In seguito, l'algoritmo di *bundle adjustment* controlla e limita gli errori durante la trasformazione delle coordinate dei punti 3D dell'oggetto ripreso in una nuvola di punti più o meno densa. La fase successiva procede con la generazione di una *dense cloud points* tramite gli algoritmi di *dense image matching*. La *dense cloud points* così ottenuta può essere impiegata per generare un modello poligonale (*mesh*) che può essere vestito con la *texture* finale per restituire un modello digitale 3D. L'ultima fase di "orientamento assoluto", (dimensionamento e orientamento spaziale del modello), è stata ottenuta fornendo al software le coordinate spaziali dei GCP misurati a terra e visibili sul modello. Il risultato finale del processo è stato la creazione di un modello tridimensionale dell'area³⁸ rilevata inserito in un sistema di coordinate WGS 84 (EPSG: 4326)³⁹, successivamente convertite in fase di esportazione dell'ortofoto nel sistema di riferimento Monte Mario *Italy 2* (EPSG: 3004). A questo punto è stato possibile ottenere il primo dei sottoprodotti che il modello elaborato consente di restituire, vale a dire l'ortofotopiano dell'area rilevata. L'ortofoto così elaborata è stata successivamente importata nella piattaforma GIS⁴⁰ del progetto, in formato *raster*, e georeferenziata automaticamente dal software *Qgis*⁴¹ sulla base del sistema di coordinate scelto in fase di esportazione dal software SfM. Dalla nuvola di punti georeferenziata è stato elaborato un DEM sulla base della coordinata Z di ciascuno dei punti della nuvola densa. Il DEM è stato poi esportato, come *raster*, in formato *Geotiff* ed importato nella piattaforma GIS del progetto all'interno della quale è stato utilizzato per ricavarne curve di livello e profili altimetrici del suolo, agevolando notevolmente l'interpretazione finale dei dati raccolti. Una volta importata l'ortofoto sulla piattaforma GIS (in formato *raster*) è iniziato il processo di aggancio dei punti misurati con stazione totale. Il rilievo topografico è stato finalizzato all'esportazione di un file DXF con coordinate locali, il quale è stato importato sempre nella piattaforma GIS e convertito in formato puntuale *Shapefile* ESRI (appositamente scelto per l'interoperabilità nel progetto

³⁸ È stato realizzato anche un modello digitale 3D del Picco di Circe, visualizzabile al seguente indirizzo web: <https://skfb.ly/6ZNVp>.

³⁹ Le coordinate sono state ricavate dal GPS dell'APR, il quale ha registrato su ogni foto aerea le informazioni della posizione in coordinate WGS 84 (EPSG: 4326).

⁴⁰ Sui software GIS si veda GOPI *et alii* 2017: 115-145.

⁴¹ Versione software 3.12.0 su piattaforma (SO) Mac OS 64, licenza GPL (*General Public License*).

GIS). Ottenuta la serie di punti del rilievo disposti nello spazio e con le stesse coordinate del progetto, si è proceduto all'aggancio dei punti sull'ortofoto, avendo come riferimento i target ad alto contrasto (GCP) posizionati al suolo e di cui erano state prese le coordinate sul campo (Fig. 14). Da questo momento è stato possibile realizzare la vettorializzazione della planimetria sull'ortofoto⁴², ricollegando i punti con gli strumenti vettoriali messi a disposizione dal software GIS ed evidenziando le strutture regolari della piattaforma e del pendio (Fig. 15).

CONCLUSIONI

Gli aspetti illustrati in questo contributo e inerenti l'analisi delle strutture e del contesto topografico del picco occidentale, sul promontorio del Circeo, permettono di evidenziare come l'utilizzo di tecniche avanzate di rilievo digitale possano migliorare il lavoro di interpretazione scientifica dei contesti archeologici in ambienti estremi, a patto che l'elemento interpretativo derivato dall'analisi autoptica e dal costante contatto con il contesto archeologico venga posto al centro del processo di ricerca. L'attuale stato delle indagini non consente di trarre interpretazioni complessive e definitive sull'area, solo parzialmente in luce. Tuttavia, l'insieme dei dati archeologici registrati grazie all'elaborazione digitale dei rilievi permettono di avanzare con cautela alcune ipotesi ricostruttive della topografia generale del sito. L'attuale estensione dell'area rilevata può essere ricondotta ad uno spazio sacro di rilevante importanza. La presenza di questa struttura sul picco occidentale, in posizione dominante sul territorio di *Circeii* rafforza l'idea di un complesso monumentalizzato, molto probabilmente associato ad un culto di riferimento per la navigazione marittima⁴³. Gli elementi raccolti finora, tuttavia, non consentono di definire con certezza quale culto dovesse ospitare questo spazio. La presenza di una vasca di raccolta potrebbe far pensare ad un duplice uso: vasca di raccolta per le acque meteoriche per il successivo trasferimento verso la cisterna cilindrica conservata sul lato occidentale della struttura, sia come piccolo vaso legato alla sfera rituale. La presenza dello stretto cunicolo sotterraneo nell'angolo Sud-Ovest potrebbe ricondurre ad ambienti ipogei, purtroppo inesplorati a causa dei crolli che ostruiscono il passaggio. La morfologia particolarmente acclive del picco occidentale ha influenzato la scelta delle aree di estrazione dei materiali adoperati per l'innalzamento della sostruzione e le strutture inserite sul pianoro artificiale. Alcuni segni di attività di cava sulla roccia calcarea si trovano di fianco l'angolo Sud-Est del paramento murario realizzato in opera poligonale. Qui è stato individuato un modesto fronte di cava utilizzato per l'estrazione

⁴² Sulla vettorializzazione dell'ortofoto bisogna tenere conto degli errori di graficismo presenti sulla cartografia. In genere è convenzionalmente tollerato un errore di graficismo pari a un quinto di millimetro (0,2 mm); al variare del denominatore della carta l'errore di graficismo assume valori diversi, e sulla carta tecnica 1:5000 è di 1,00 m.

⁴³ I numerosi reperti sottomarini recuperati nelle acque antistanti il promontorio del Circeo dimostrano un'assidua frequentazione marittima sul versante orientale e occidentale, si veda GIANFROTTA 1989: 43-53.

di blocchi di diversa misura⁴⁴. Inoltre, sempre sulla stessa parete sono presenti alcuni segni in negativo (Fig. 16) dello stacco di blocchi, delle dimensioni di circa 60 cm, avvenuto sfruttando la venatura naturale del banco roccioso⁴⁵. Si ipotizza che i lavori eseguiti per regolarizzare la superficie rocciosa del picco occidentale abbiano fornito la principale fonte di materiale lapideo impiegata nell'innalzamento della sostruzione. Questa ipotesi può essere avvalorata dalla sbazzatura dei blocchetti avvenuta probabilmente in loco a causa della grande difficoltà nel trasporto delle materie prime da altre cave⁴⁶ verso il sito di lavorazione. Tutte queste ipotesi, tuttavia, rimangono solo nel campo delle suggestioni. L'unica cosa che sembra di poter affermare senza timore di smentite è l'evidente importanza di quest'area, in particolare relazione con la sommità del promontorio e con il porto-canale sottostante⁴⁷.

LORENZO CERULEO
Università degli Studi della Tuscia
lor.ceruleo@gmail.com

⁴⁴ L'ipotesi di estrazione del materiale da costruzione in quest'area risulta più favorevole per le condizioni di sfruttamento di superficie, in cui lo strato più esterno è poco coperto da terra e facilita l'estrazione (ADAM 2014: 24)

⁴⁵ ADAM 2014: 25.

⁴⁶ Le cave localizzate nel territorio di *Circeii* erano specializzate nell'estrazione dell'alabastro ed erano difficilmente raggiungibili dal picco occidentale del promontorio (LANZUISI 2006: 442-444, DE ROSSI 1973: 270-271).

⁴⁷ Su questa affermazione si veda anche RONCHI 2017: 127 e le fonti antiche: Cic. *nat. deor.* 3, 48; Str. 5, 3, 6.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- ADAM 2014: J. P. Adam, *L'arte di costruire presso i Romani materiali e tecniche*, Longanesi, Milano 2014.
- ASHBY 1905: T. Ashby, *Monte Circeo*, in: *Mélanges d'archéologie et d'histoire*, XXV, Roma 1905.
- BIANCHINI 2008: M. Bianchini, *Manuale di rilievo e di documentazione digitale in archeologia*, Aracne, Roma 2008.
- CANNAROZZO *et alii* 2012: R. Cannarozzo, L. Cucchiari, W. Meschieri, *Misure, rilievo, progetto: Fotogrammetria Volume 3*, Zanichelli, Bologna 2012.
- CAPPONI 1856: G. Capponi, *Il Promontorio del Circeo illustrato con la sua storia*, Velletri 1856.
- DE ROSSI 1973: G. M. De Rossi, *Il Circeo, Itinerari archeologici*, De Luca Editore, Roma 1973.
- GIANFROTTA 1989: P. A. Gianfrotta, *Testimonianze sottomarine al Circeo, Incontro con l'Archeologia*, PNC, Sabaudia 1989 pp. 43-53.
- GIULIANI 2006: C. F. Giuliani, *L'edilizia nell'Antichità*, Carocci, Roma 2006.
- GOPI *et alii* 2017: S. Gopi, R. Sathikumar, N. Madhu, *Advanced Surveying. Total Station, GPS, GIS and Remote Sensing*, Pearson, India 2017.
- LANTERI 2020: *Il Remote Sensing Costiero: dalla foto aerea al drone*, in: G. Buscemi Felici, E. Felici e L. Lanteri (ed.), *Produzioni antiche sulla costa sud orientale della Sicilia. Saggi di topografia antica litoranea*, Edipuglia, Bari 2020.
- LANZUISI 2006: T. Lanzuisi, *Il Circeo nella leggenda e nella storia III edizione*, Roma 2006.
- LINDER 2009: W. Linder, *Digital Photogrammetry. A practical Course*, Springer, Berlino 2009.
- LUGLI 1926: G. Lugli, *Forma Italiae, Regio I, Latium et Campania I: Ager Pomptinus, Pars I: Anxur-Tarracina*, Danesi, Roma 1926.
- LUGLI 1928: G. Lugli, *Forma Italiae, Regio I, Latium et Campania I: Ager Pomptinus, Pars II: Circeii*, Danesi, Roma 1928.
- MARRONI 2012: E. Marroni, *Considerazioni sul santuario di Circei*, in: E. Marroni (ed.), *Sacra Nominis Latini: i santuari del Lazio arcaico e repubblicano. Atti del Convegno internazionale*, Roma, Palazzo Massimo, 19-21, febbraio 2012, Loffredo Editore, Roma 2012, pp. 619-624.
- PETTIT-RADEL 1841: L.C.F. Petit-Radel, *Recherches sur les monuments cyclopeens et description de la collection des modèles en relief composant la Galerie Pélasgique de la Bibliothèque Mazarine*, Paris 1841.
- QUILICI, QUILICI GIGLI 2005: L. Quilici, S. Quilici Gigli, *La cosiddetta acropoli del Circeo: per una lettura nel contesto topografico*, in: L. Quilici, S. Quilici Gigli (ed.), *La forma della città e del territorio 2*, ATTA 14, L'Erma di Bretschneider, Roma 2005, pp. 91-146.
- RIGHI 1981: R. Righi, *Il promontorio del Circeo, in: Enea nel Lazio*, Palombi Editore, Roma 1981.
- ROCCI 1998: G.R. Rocci, M. R. de La Blanchère. *Lettere dalle terre pontine*, Comune di Terracina, Terracina 1998.
- RONCHI 2017: D. Ronchi, *La colonia di Circeii dal tardo arcaismo alla colonia di Cesare padre: santuari ed evidenze monumentali*, Edizioni ETS, Pisa 2017.

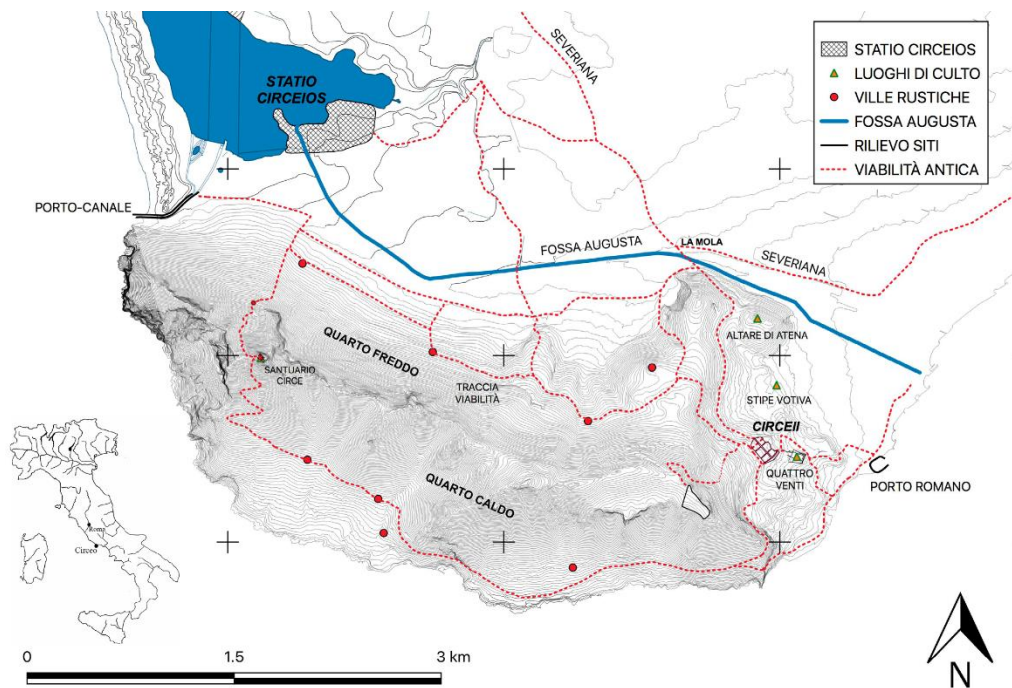


Fig. 1: SAN FELICE CIRCEO (LT) – Picco di Circe. Inquadramento topografico di San Felice Circeo (elaborazione grafica L. Ceruleo).

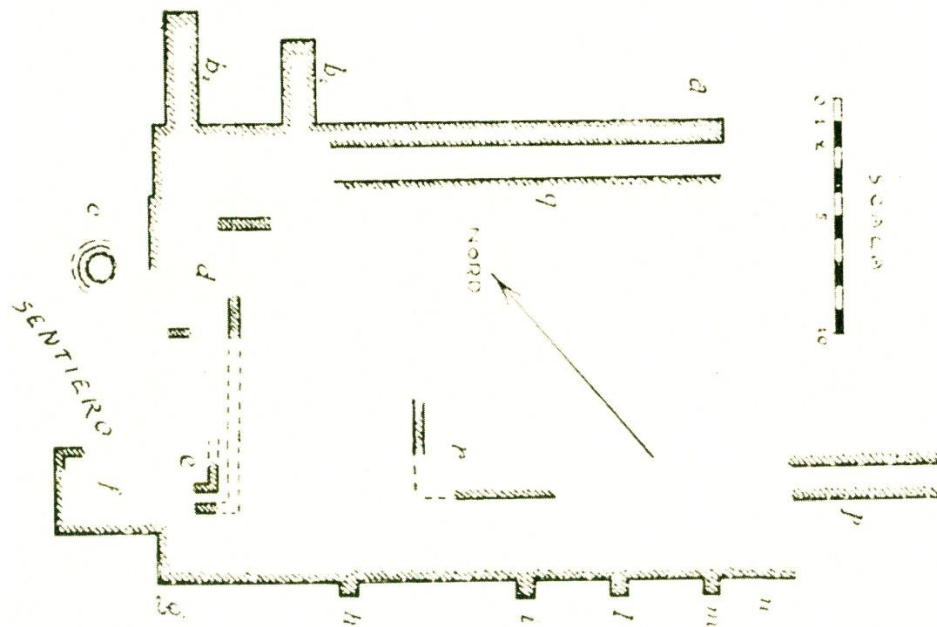


Fig. 2: SAN FELICE CIRCEO (LT) – Picco di Circe. Pianta del santuario di Circe (da LUGLI 1928).

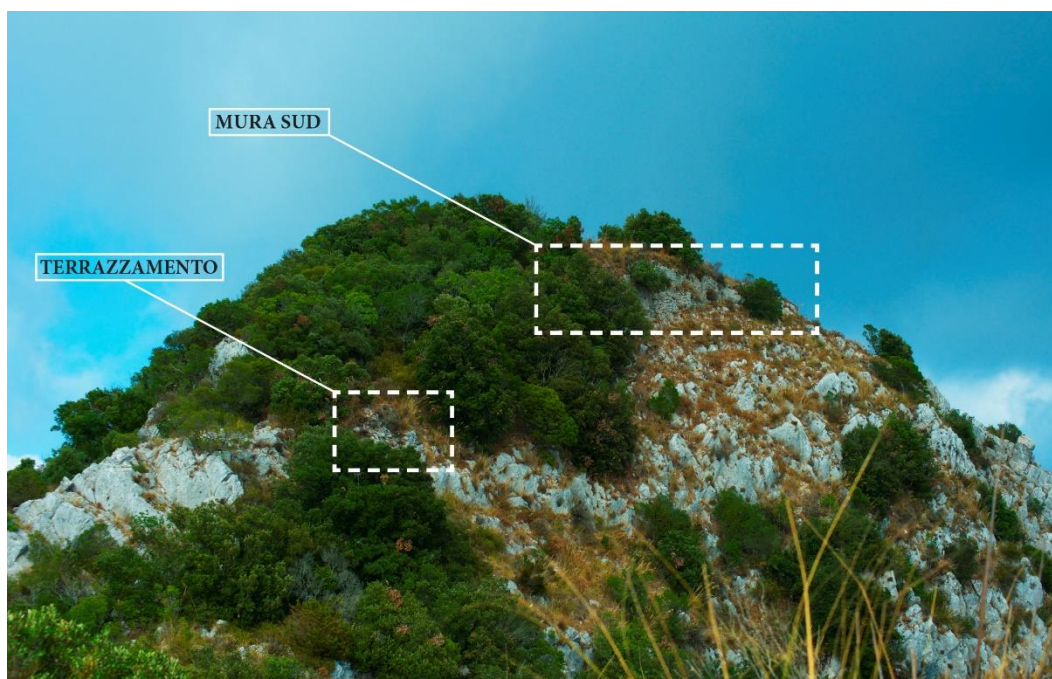


Fig. 3: SAN FELICE CIRCEO (LT) – Picco di Circe. Strutture antiche visibili in prossimità del picco di Circe (foto L. Ceruleo).



Fig. 4: SAN FELICE CIRCEO (LT) – Picco di Circe. Resti della vasca di raccolta al centro del pianoro (foto L. Ceruleo).



Fig. 5: SAN FELICE CIRCEO (LT) – Picco di Circe. Pozzo-cisterna del santuario con resti del puteale (foto L. Ceruleo).



Fig. 6: SAN FELICE CIRCEO (LT) – Picco di Circe. Terrazzamento lungo la via di accesso al santuario (foto L. Ceruleo).



Fig. 7: SAN FELICE CIRCEO (LT) – Picco di Circe. Resti dell'angolo Sud-Est di un probabile edificio rettangolare (foto L. Ceruleo).



Fig. 8: SAN FELICE CIRCEO (LT) – Picco di Circe. Entrata del cunicolo sotterraneo sull'angolo Sud-Ovest (foto L. Ceruleo).

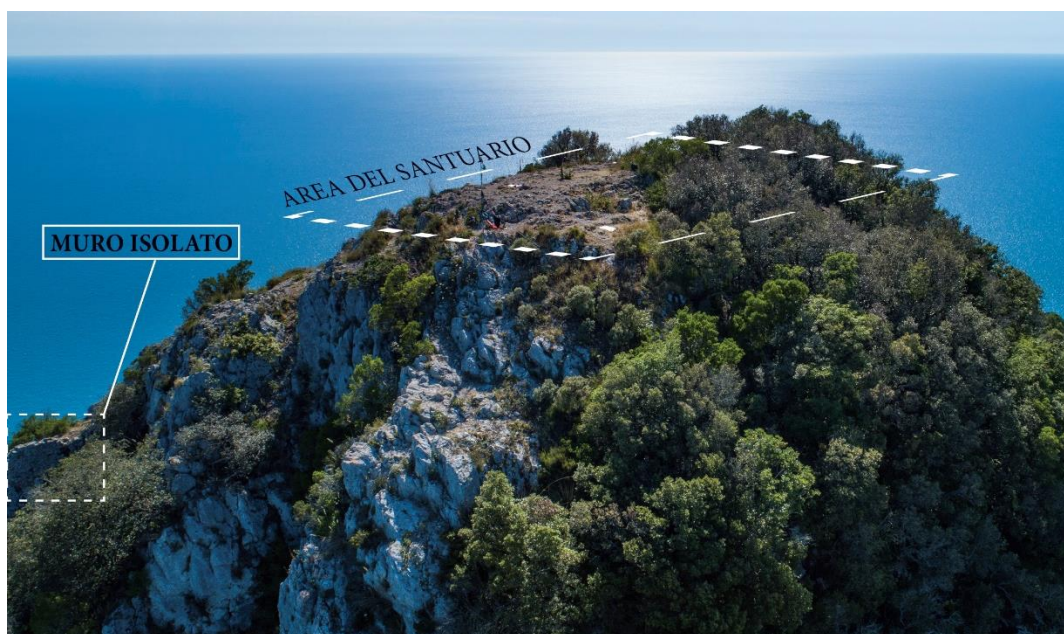


Fig. 9: SAN FELICE CIRCEO (LT) – Picco di Circe. Muro isolato a Sud-Est del pianoro (foto L. Ceruleo).

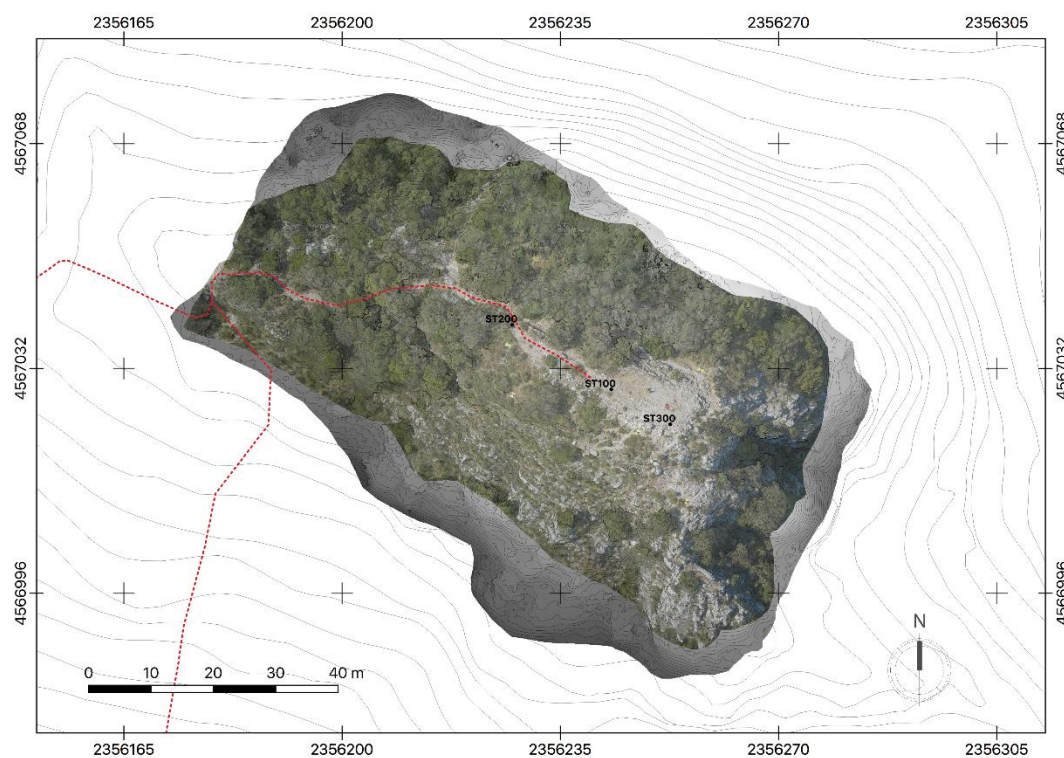


Fig. 10: SAN FELICE CIRCEO (LT) – Picco di Circe. Vertici della poligonale aperta (elaborazione grafica L. Ceruleo).

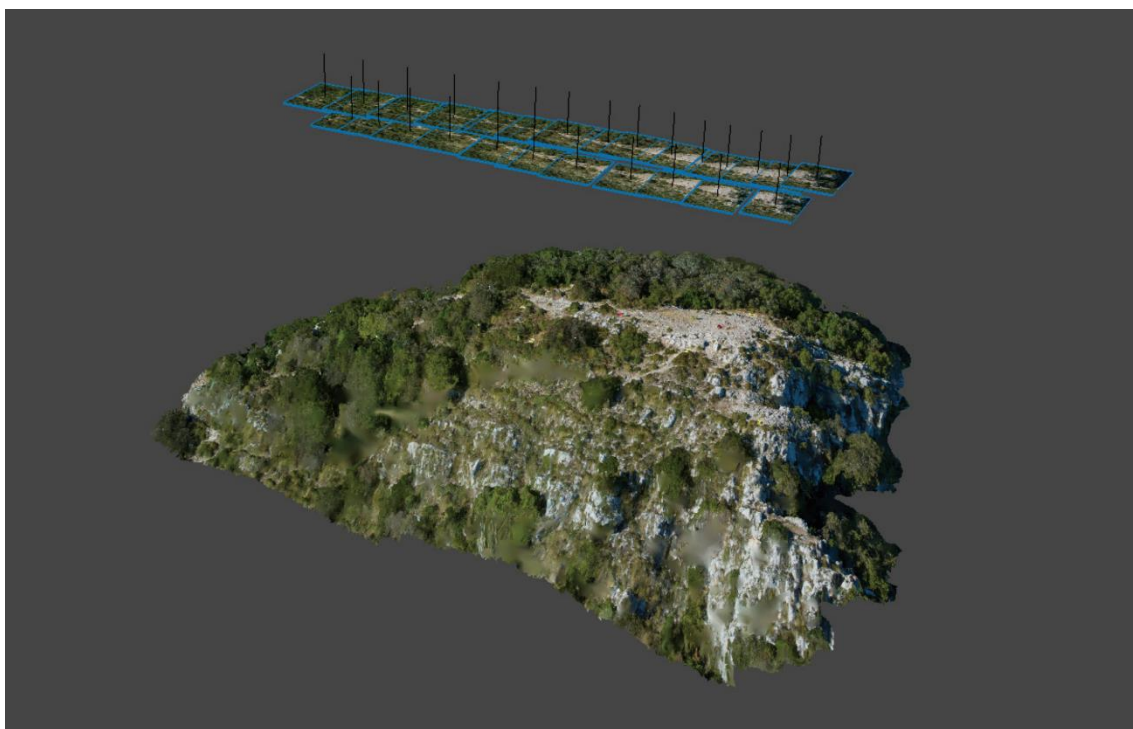


Fig. 11: SAN FELICE CIRCEO (LT) – Picco di Circe. Modello tridimensionale (elaborazione grafica L. Ceruleo).

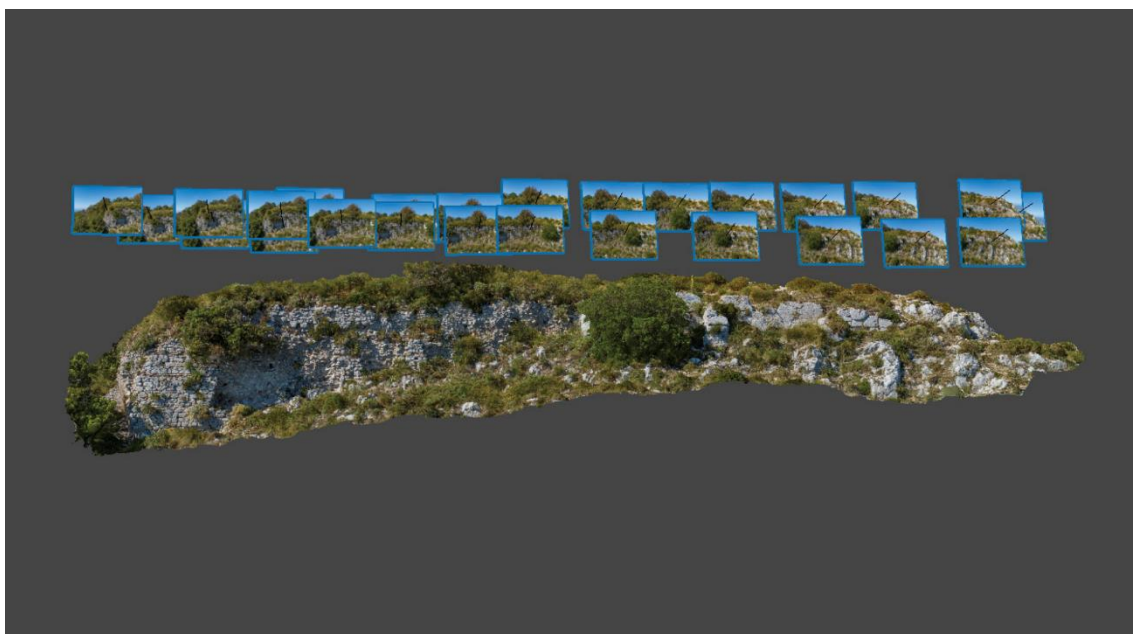


Fig. 12: SAN FELICE CIRCEO (LT) – Picco di Circe. Modello tridimensionale delle mura Sud (elaborazione grafica L. Ceruleo).

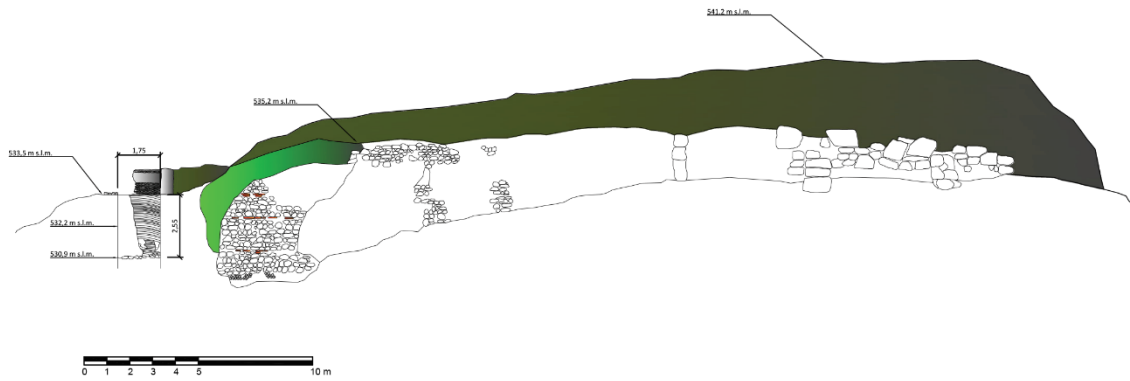


Fig. 13: SAN FELICE CIRCEO (LT) – Picco di Circe. Rilievo delle mura Sud del santuario ricavato dall'ortofoto (elaborazione grafica L. Ceruleo).

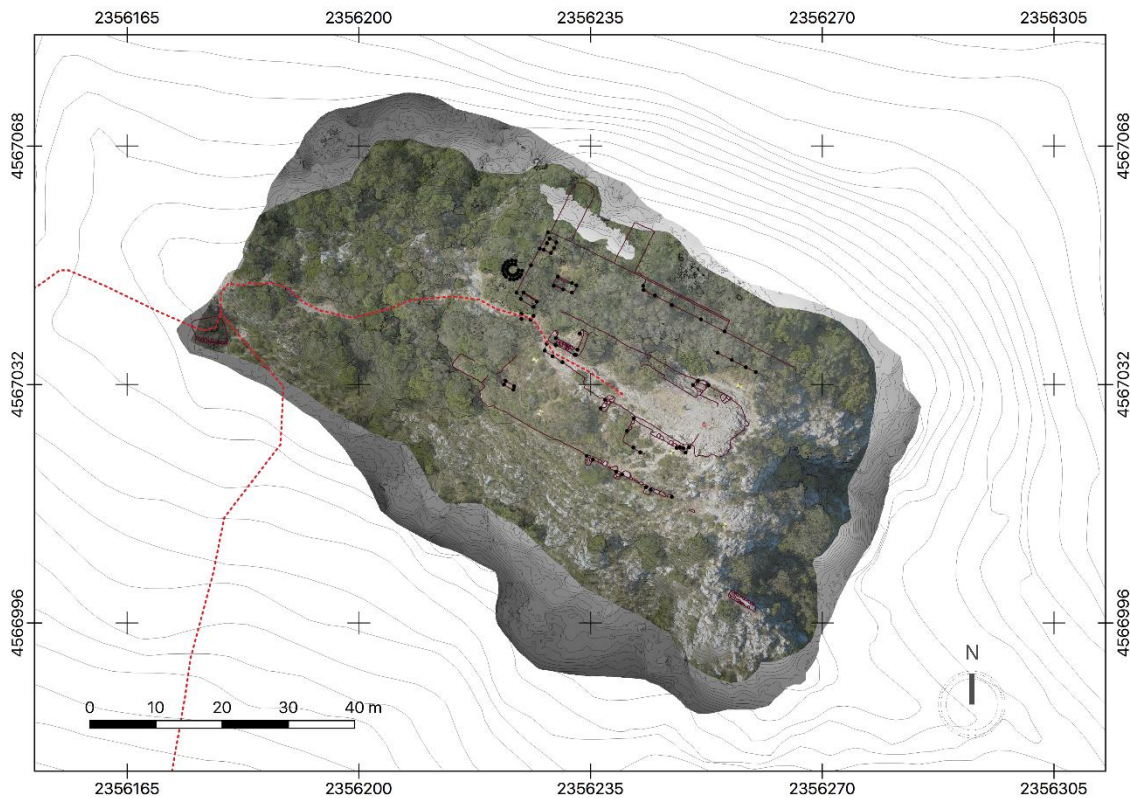


Fig. 14: SAN FELICE CIRCEO (LT) – Picco di Circe. Punti presi con Stazione Totale dai vertici della poligonale (elaborazione grafica L. Ceruleo).

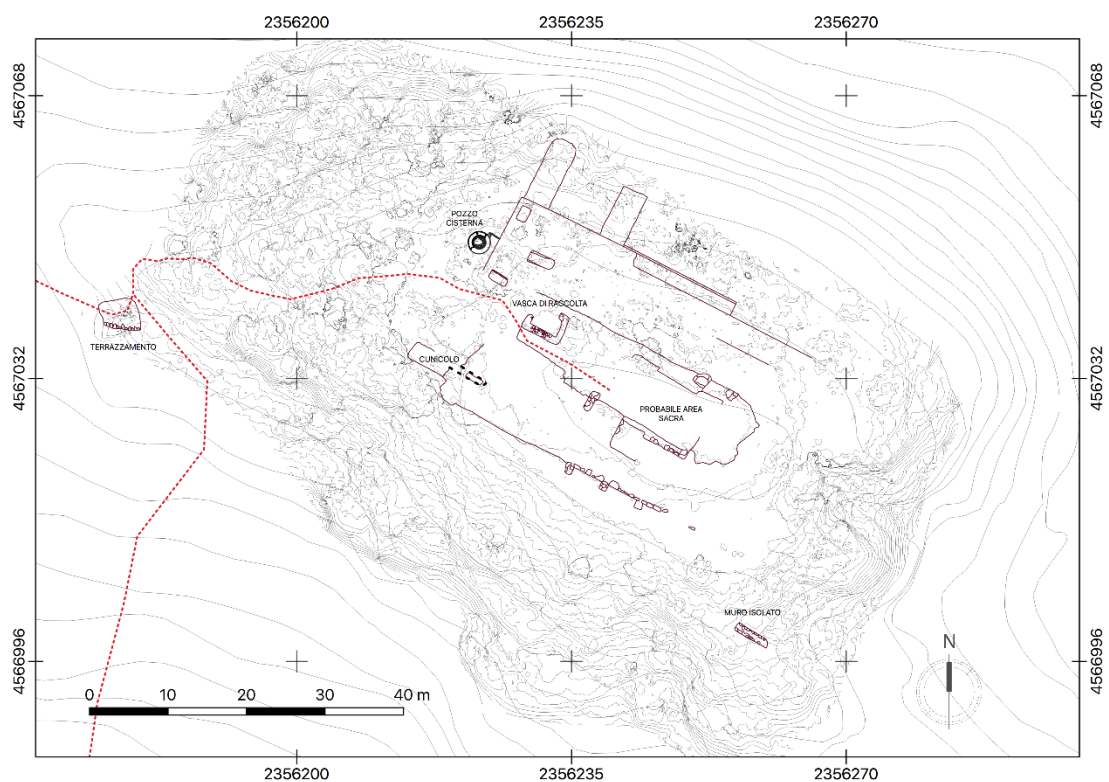


Fig. 15: SAN FELICE CIRCEO (LT) – Picco di Circe. Nuovo rilievo del santuario di Circe (elaborazione grafica L. Ceruleo).



Fig. 16: SAN FELICE CIRCEO (LT) – Picco di Circe. Fronte di cava in prossimità delle mura a Sud-Est (foto L. Ceruleo).