

NUOVI STUDI DI GEOARCHEOLOGIA A LE CASTELLA (KR)

di Maurizio Ponte, Giuseppe Ferraro, Alma Floro, Salvatore Medaglia, Pierpaolo Pasqua



Fig. 1 - L'"isolotto" su cui sorge la fortezza (da Google Earth)

CENNI STORICI ED ARCHEOLOGICI: DALLE ORIGINI AL XIII SECOLO

Grazie alla peculiare conformazione topografica, l'esile striscia di terra, delle dimensioni planimetriche di circa 200m x 80m (Fig. 1), su cui sorge l'imponente fortezza aragonese (Fig. 2) è stata interessata da un'occupazione umana che ben si può dire millenaria.



Fig. 2 - La fortezza aragonese di Le Castella (foto M. Ponte)

Il sito archeologico di "Le Castella" è noto principalmente per l'antica fortezza, la cui ultima edificazione è datata all'epoca aragonese (XV secolo d.C.), che sorge su un piccolo "isolotto", collegato alla terraferma mediante una lingua di terra.

Tutta l'area crotonese risulta notoriamente interessata da una subsidenza storica, oltre che da diffusi crolli all'interfaccia terra-mare, dovuti anche a fenomeni di "lateral spreading". In tale contesto, appare singolare la sostanziale integrità strutturale della fortezza.

Nel presente lavoro, dopo un'approfondita trattazione del sito dal punto di vista storico e archeologico, verranno espone le risultanze di una campagna di indagine volta alla definizione dei caratteri geologico-geotecnici dei terreni affioranti su cui si imposta l'edificio monumentale di Le Castella.

Le più antiche testimonianze risalgono, infatti, ad età neolitica e consistono in ceramiche d'impasto della facies di Stentinello e industrie su ossidiana collegabili ad una stazione preistorica di superficie (Foti, 1976 e 1981; Medaglia, 2010). Nell'età del Bronzo l'isolotto ospitò un insediamento stabile, culturalmente legato ad aspetti del Bronzo peninsulare sia di *facies* protoappenninica che subappenninica, come dimostrano i materiali individuati nel corso di un saggio di scavo effettuato nel 1981 all'interno del maniero. Con queste indagini furono portati alla luce pochi materiali ceramici che si inquadrano nelle fasi dell'età del Bronzo medio e del Bronzo recente (Lattanzi, 1981; Tucci, 2002; Marino et alii, 2017). In età storica le tracce dell'occupazione umana si fanno più consistenti, soprattutto a partire dall'età greca quando l'isolotto, gravitante all'interno della *chora* di *Kroton*, ebbe funzioni strategiche. Di fatto, l'area costiera di Le Castella, con il suo piccolo porto naturale, mantenne in antico una certa importanza quale scalo lungo la rotta ionica. Ne fanno fede i ritrovamenti archeologici sottomarini ricon-

ducibili ad innumerevoli naufragi localizzati nello specchio di mare antistante il fortilizio e databili a partire da età arcaica (Medaglia 2010). Per i naviganti il profilo costiero di Le Castella costituiva, assieme agli altri promontori della penisola crotonese, un importante punto di riferimento per l'osservazione e l'orientamento. Forse non è un caso che nella descrizione che il geografo Strabone fa della costiera a sud di Crotona, dopo *Lakinion* (promontorio Lacinio, attuale Capo Colonna) egli ponga altri tre promontori denominati lapigi (*Japygon akrai treis*) che la critica moderna concordemente identifica con Capo Cimiti, Capo Rizzuto e, appunto, Le Castella (Givigliano, 1994).

Il ruolo strategico di quest'area costiera si delineò definitivamente quando la Lega italiota fu sconfitta nel 389 a.C. ad opera dell'esercito di Dionisio I di Siracusa nella battaglia dell'Elleporo (Diod., XIV, 103-105). A seguito di questo evento bellico, il territorio della *polis Kroton* subì una forte contrazione sul versante meridionale. Fu proprio in risposta alle nuove esigenze militari che probabilmente Le Castella diventò un vero e proprio baluardo a difesa del versante meridionale della regione di stretta influenza crotoniate. Infatti, tra la fine del IV e l'inizio del III sec. a.C. i Crotoniati eressero sull'isolotto un *phourion*, vale a dire una sorta di avamposto militare fortificato, che garantiva alla *polis* achea il controllo dell'antica via costiera ionica e di un esteso tratto di mare del *kolpos Skylletikos*, attuale golfo di Squillace (Medaglia, 2010). Di questo fortilizio sono tuttora visibili le imponenti vestigia inglobate nelle strutture del castello aragonese. Esse furono realizzate con la calcarenite organogena, un materiale ampiamente utilizzato in antico nell'area crotonese per via della facile reperibilità e lavorabilità. Il più imponente avanzo del *phourion* greco è un lungo muro di contenimento di oltre 30 metri che venne alla luce dopo una forte mareggiata negli anni '60 del secolo passato. Si tratta di un muraglione a doppia cortina e con diaconi trasversali, messo in opera con l'alternanza di blocchi isodomi e zone a risparmio riempite di pietrame a secco (Ardivino, 1978). Sulla faccia vista dei blocchi sono tuttora visibili alcune incisioni, per lo più lettere dell'alfabeto greco, in cui sono da riconoscere dei marchi di cava (Medaglia, 2010).

La tecnica costruttiva "a scacchiera" del muraglione di Le Castella trova stretti parallelismi con quella utilizzata, tra la fine del IV e il primo quarto del III sec. d.C., sempre in Magna Grecia, a Velia. Altri spezzoni di muraure riferibili al *phourion* di età greca sono localizzati sul lato occidentale del mastio (struttura isodoma ad angolo con blocchi di calcarenite) e, come accertato in seguito ad interventi della Soprintendenza archeologica, al di sotto delle fortificazioni cinquecentesche (Lattanzi, 1999). Altri elementi murari, forse di età antica, sono inglobati sulla terraferma in un muro moderno posto al termine del tombolo. Sempre alla fase di occupazione greca sono pure da attribuire una serie di ceramiche a vernice nera di III sec. a.C. recuperate in più punti dell'isolotto e le numerose anfore da trasporto ellenistiche scoperte sui bassi fondali dello specchio d'acqua del porticciolo naturale (Ardivino, 1978; Lattanzi, 1981).

Per l'età romana le evidenze materiali sinora recuperate al di sopra dell'isolotto si limitano ad alcune ceramiche di I e II sec. d.C. Va però precisato che alla penuria di dati riferibili alla terraferma fanno da contraltare i diversi recuperi di anfore di età tardo-repubblicana e soprattutto imperiale effettuati nell'ultimo trentennio nelle acque circostanti. Le fonti letterarie antiche contribuiscono a gettare non poca luce sulle fasi di occupazione di età tardo-ellenistica/repubblicana e imperiale. Plinio il Vecchio nella *Naturalis Historia* (III, 95) accenna ad un "*portus qui vocatur Castra Hannibalis*" posizionato nel golfo di Squillace e precisamen-

te sul lato ionico dell'istmo che egli, non a torto, considera il punto più stretto della penisola italiana ("*nusquam angustiore Italia*"). La presenza di un luogo lungo la costa ionica dei *Bruttii* che nella toponomastica richiamava la figura del condottiero cartaginese non è isolata ma, al contrario, trova ampia conferma negli *itineraria romana*. All'interno del *cursus publicus* della regione, infatti, è segnalata una tappa il cui nome presenta alcune varianti: *Annibali* nella *Tabula Peutingeriana* (VI, 2), *Anival*, *Anniba* e *Hannibal* negli *itineraria* tardi dell'Anonimo Ravennate (IV, 31-32 e V, 1) e di Guidone (30-31, 72) (Medaglia, 2010).

Sebbene la distanza che la *Tabula Peutingeriana* frappone nel segmento compreso tra le *stationes* di *Lacenum* e *Anibali* si presenti problematica in termini di computazione (*XXXI milia passuum*), gran parte degli studiosi sono concordi nel ritenere incongruente questa parte dell'*intinerarium pictum* a causa di un mero errore imputabile alla tradizione manoscritta (Crogiez, 1990; Givigliano, 1994; Taliano Grasso 1996-1997). L'ipotesi che taluni sostengono a proposito della localizzazione dei *Castra Hannibalis* più a sud, nella zona di Marina di Soverato, è da respingere: in questo tratto semilunato del golfo di Squillace l'unico ridotto naturale che può in qualche modo ricordare un porto è quello di Le Castella. Un altro risolutivo indizio legato alla localizzazione dei *Castra* a Le Castella va cercato in un passo di Tito Livio (XXVIII, 46, 16) che, scorrendo degli avvenimenti del 205/204 a.C., ricorda come Annibale trascorse l'estate del 204 a.C. accampandosi nelle vicinanze del tempio di Giunone Lacinia ("*Propter Iunonis Laciniae templum aestatem Hannibali egit*"). C'è dunque da supporre che la vicenda legata al Barcide sul finire della seconda guerra punica abbia finito con il designare il toponimo della località crotonese prescelta dal condottiero. Si consideri che il passo di Tito Livio scoraggia eventuali tentativi di porre troppo a sud rispetto al *Lacinium promonturium* i suddetti accampamenti

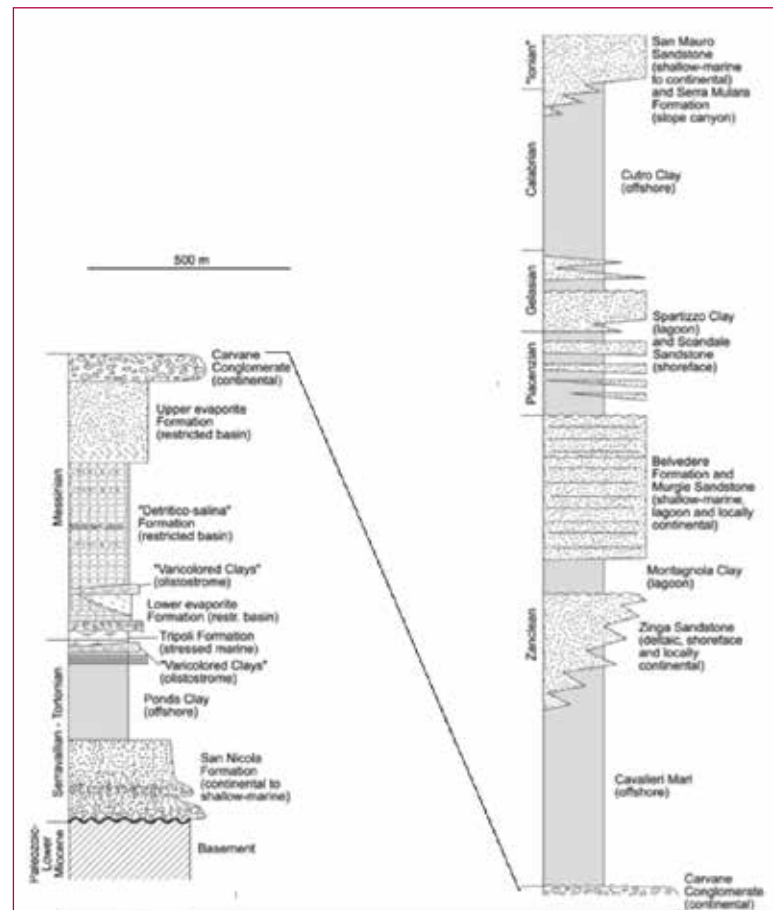


Fig. 3 - Successione stratigrafica del Bacino Crotonese (Zecchin, 2014).



Fig. 4 - Calcareniti in affioramento (foto A. Floro).

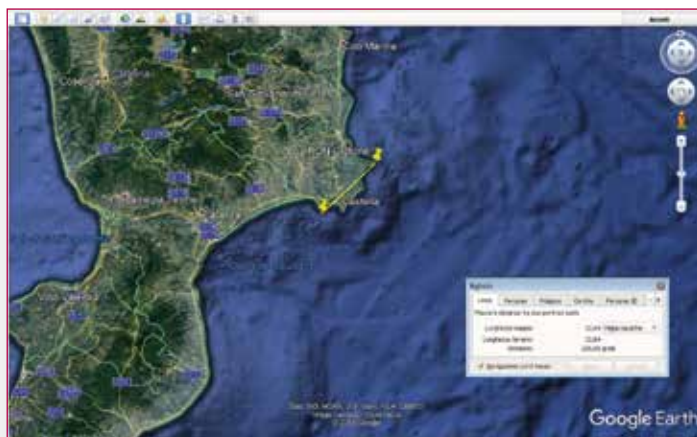


Fig. 5 - Ubicazione della boa reale e della boa virtuale (da Google Earth).

in quanto essi vanno posti in un contesto topograficamente non molto distante dal tempio di Giunone Lacinia. Del resto, la localizzazione dei *Castra Hannibalis* a Le Castella assume nell'economia del passo liviano una certa logica considerando che Annibale scelse di porre i suoi accuartieramenti in un luogo già munito di un fortilizio (*phourion*) e che, inoltre, era dotato di un comodo scalo che non si discostava molto dalla via costiera *Regium - Tarentum* (Medaglia, 2010). Il rinvenimento di due monete auree attribuibili a Leone I e a Giustino sull'isolotto, nonché di numerose anfore di VI-VII sec. d.C. nelle acque limitrofe, costituisce conferma dell'occupazione dell'area anche in età tardoantica. A questo proposito non va taciuto che i massicci interventi costruttivi di età medioevale finalizzati all'erezione del castello hanno molto probabilmente nociuto alle testimonianze precedenti, in parte inglobandole e in parte distruggendole. È, infatti, più che lecito pensare che l'isolotto fosse parte integrante della catena di presidi messi in opera dai Bizantini nell'ambito del rafforzamento del *limes* marittimo, poiché per l'area del crotonese contava non solo la

fortificazione della città di Crotona da parte di Belisario tra il 547 e il 552, ma anche le guarnigioni a presidio dei punti d'imbarco di Capo Colonna e Capo Rizzuto (Corrado, 2001). Il toponimo, nella configurazione che un po' ricorda quella moderna, è noto a partire dalla metà del XII secolo allorché esso compare nella forma *Qas'tal* all'interno del portolano del geografo arabo Idrisi che così recita: "[...] da Massa a Qas'tal, città (pur) piccola, 30 miglia, da Qas'tal a Q.trunah, navigando a golfo lanciato 13 miglia, 18 costeggiando" (Amari & Schiaparelli, 1883). In alcuni documenti del XIII secolo, con riferimento a Le Castella, compaiono le designazioni "Castro Maris", "Castellorum Maris", "Castellis Maris", ecc. (Raimondo et al., 1998). Le fasi più antiche della fortezza sono state isolate all'interno della torre circolare e datate in un "momento ancora non meglio precisabile, anteriore comunque al XIII secolo". Esse impiegano elementi di calcarenite "di dimensioni medio-grandi e di inclusi minori (pietre calcaree, selci), organizzati in pseudo-filari orizzontali". Successivamente, alla fine del XIII secolo, fu costruita una nuova torre che inglobò la precedente (Raimondo et al., 1998). Così come oggi appare, la fortezza è il frutto delle definitive sistemazioni messe a punto dal conte Andrea Carafa nel corso della prima metà del Cinquecento poco dopo aver acquistato Le Castella assieme ad altri possedimenti per 9000 ducati da Federico d'Aragona (Rubino, 1970; Valente, 1982).

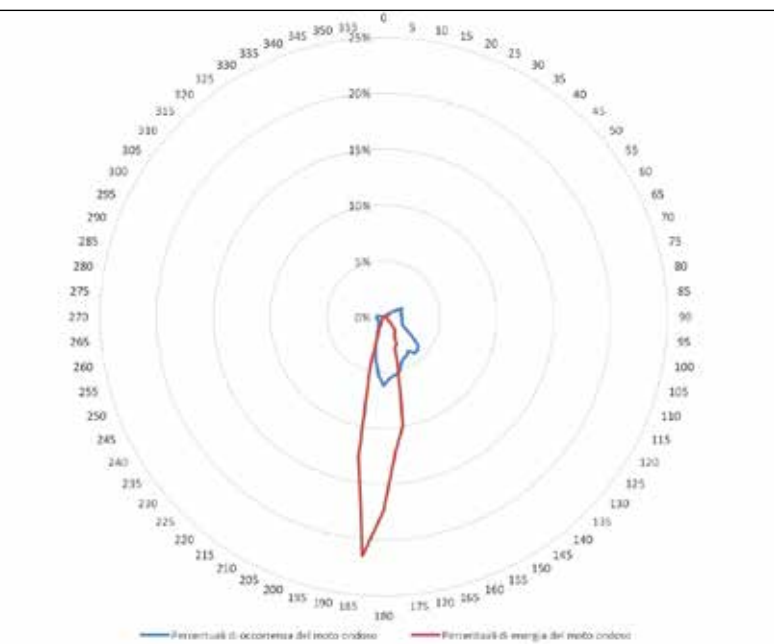


Fig. 6 - Classificazione delle apparizioni d'onda per direzione ed altezza.

GEOLOGIA DELL'AREA DI STUDIO

Il sito di "Le Castella" ricade in un bacino sedimentario (Bacino Crotonese) e la successione stratigrafica poggia su un basamento cristallino, attribuito all'Unità della Sila. La serie stratigrafica dell'area di studio è costituita da un'unità basale costituita da argille limose-azzurre plastiche del Pleistocene Inferiore (Santerniano, Fig. 3), con saltuarie lenti di sabbie e limi, sulle quali poggiano, in trasgressione, calcareniti cementate bruno-rossastre del Pleistocene Medio-Superiore (Massari et al., 2002; Zecchin et al., 2003, 2004a; Mellere et al., 2005). Le calcareniti, nell'area di studio, affiorano in potenti banchi a stratificazione incrociata concava e foreset (Fig. 4) in cui si identificano anche tracce di locomozione di echinidi. Gli affioramenti caratterizzano tutta la linea di costa dell'area e subiscono l'erosione e l'alterazione degli eventi atmosferici e marini, oltre alla dinamica più complessa che coinvolge l'intero bacino. Infatti, il sollevamento del basamento cristallino del mas-

Fig. 7 - Acquisizione di immagine tramite drone (foto R. De Fiore).



Fig. 8 - Ubicazione dei punti di prelievo dei campioni rocciosi.



siccio silano, attualmente stimato in circa 0,8mm/anno a scala regionale, ha provocato la genesi di formazioni sedimentarie di copertura del Bacino, con rilevanti movimenti gravitativi verso l'area ionica e di DGPV (*Deformazioni Gravitative Profonde di Versante*), processi indotti dalla gravità che possono avere un'evoluzione molto lenta ed interessare interi versanti, dislocando volumi di roccia anche di centinaia di migliaia di metri cubi (Guerricchio, 2001 e 2015). A questi movimenti inoltre, va aggiunto anche il problema della subsidenza regionale delle coste evidente su siti adiacenti il castello.

INQUADRAMENTO MAREOGRAFICO

Al fine di definire il regime e la direzione prevalente delle correnti marine nell'area in oggetto, è stato condotto uno studio mareografico sul tratto di mare in prossimità della costa ("paraggio") di Le Castella. Lo studio si basa sulla trasposizione dei dati ondosi registrati dalla boa reale di Crotona ad un punto al largo del paraggio in esame, definito "boa virtuale" (Fig. 5), e ha lo scopo di descrivere le caratteristiche delle onde e l'impatto che il clima ondoso medio ha sul litorale.

Lo studio condotto ha consentito di poter determinare il numero e la percentuale di apparizione delle onde per ciascuna altezza e direzione di provenienza (Fig. 6). Il maggior numero di onde osservato ha provenienza da S-SSE, esattamente concorde con l'"asse" principale della piccola baia compresa tra l'"isolotto" su cui sorge la fortezza e la terraferma, che risulta, pertanto, esposta alle correnti marine, rendendone difficile l'utilizzo come "cala" adibita ad operazioni di carico di blocchi di roccia provenienti dalle vicine cave.

INDAGINI NELL'AREA DI STUDIO

Preliminarmente, al fine di determinare le dimensioni in pianta e in altezza della fortezza è stato condotto un rilievo topografico mediante un drone modello Yuneec H520 (Fig. 7). Nell'ambito del presente studio è stata condotta una campagna di campionamento delle argille affioranti, sia in ambiente subacqueo che in ambiente subaereo, per la determinazione delle loro caratteristiche mineralogiche, fisiche e di deformabilità.



Fig. 9 - Il prelievo del campione per mezzo del trapano "Rodon 100" (foto M. Ponte).

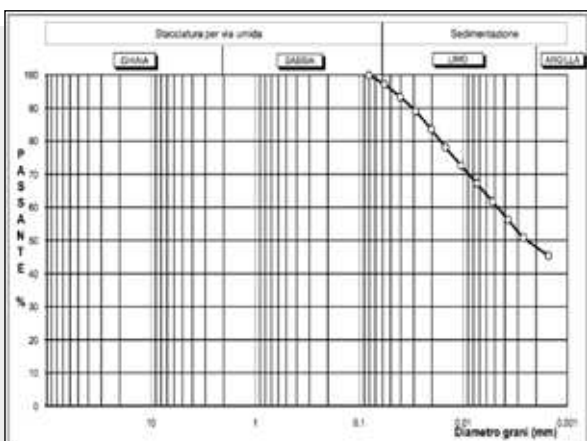


Fig. 10 - Curva granulometrica per il campione "LC1U".

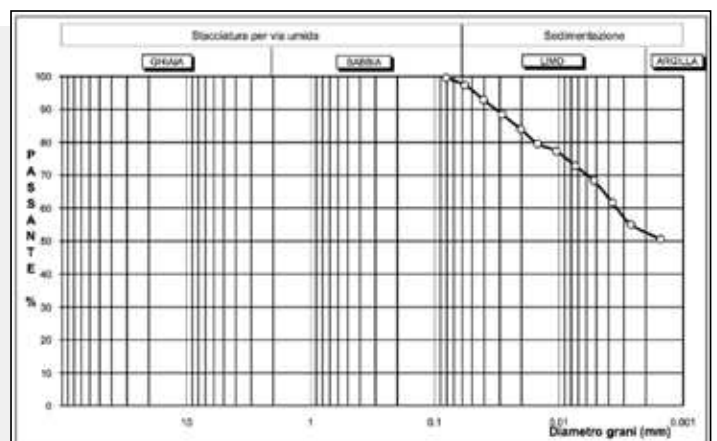


Fig. 11 - Curva granulometrica per il campione "LC1S".

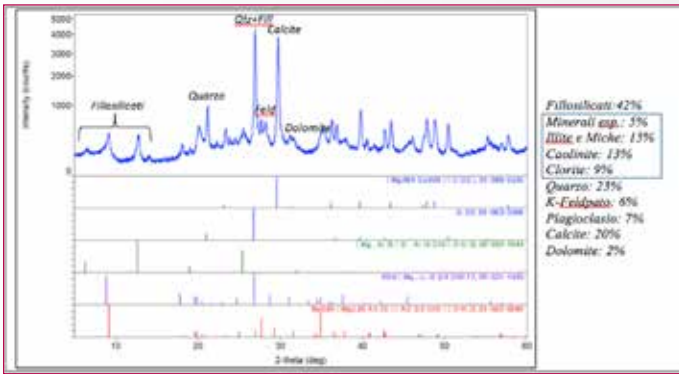


Fig. 12 - Analisi mineralogica del campione LC1U.

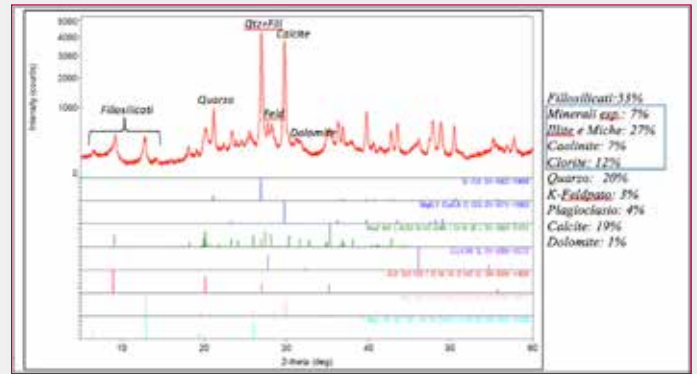


Fig. 13 - Analisi mineralogica del campione LC1S.

Al fine di determinare i carichi litostatici trasmessi dalle calcareniti sulle sottostanti argille, sono stati prelevati campioni lapidei da sottoporre a prove di laboratorio per la determinazione della massa volumica.

Inoltre, è stata condotta una campagna di prospezioni geofisiche (elettriche e sismiche), sia in superficie che sott'acqua, finalizzata alla definizione delle caratteristiche geometriche e fisiche e dei rapporti stratigrafici dei litotipi riconosciuti nell'area.

In ambiente subaereo, il campionamento è stato effettuato su un affioramento di argilla immediatamente a ovest dell'abitato di Le Castella, mentre il prelievo dei campioni in mare, ad una profondità di circa 6m, è stato effettuato in un punto ubicato immediatamente a Ovest del castello (rispettivamente LC1S e LC1U in Fig. 8).

Per il campionamento subacqueo si è proceduto con l'impiego di un trapano subacqueo appositamente progettato, denominato Rodon 100, con l'impiego di fustelle in acciaio del diametro esterno di 60mm (Fig. 9).

Sui due campioni di terreno, è stata condotta una caratterizzazione geotecnica completa.

Da un punto di vista granulometrico, il campione subacqueo "LC1U" è risultato essere classificabile come Limo (50,8%) con Argilla (48,2%) (Fig. 10), mentre il campione subaereo "LC1S" è classificabile come Argilla (52,8%) con Limo (46,2%) (Fig. 11).

Su entrambi i campioni state condotte le analisi mineralogiche mediante diffrazione ai raggi X (XRD). L'analisi mineralogica semiquantitativa della frazione "tal quale" è stata effettuata su polveri "random". Le rispettive abbondanze delle fasi mineralogiche sono state calcolate misurando l'area dei picchi ottenuti utilizzando il programma WINFIT. Si è osservata una buona coerenza tra i dati di en-

trambi i campioni (Figg. 12 e 13).

Per il solo campione subacqueo "LC1U" è stata condotta la prova edometrica su due provini (Fig. 14).

Al fine di determinare il carico litostatico trasmesso dalle calcareniti alle sottostanti argille, ne è stato prelevato un campione (Fig. 15) da sottoporre a prove di laboratorio per la determinazione del peso di unità di volume, che è risultato pari a 18,3kN/m³.

Allo scopo di ricostruire la stratigrafia fino ad una profondità di 15-30m dal fondale, sono state condotte delle prospezioni geoelettriche in mare, con stendimenti di 95m ciascuno, denominati "Le Castella 1" e "Le Castella 2", posizionati e orientati, rispettivamente, a NO del castello con orientamento NE-SW e a E con orientamento NW-SE, e restituiti come modelli di resistività.

Inoltre, sono state eseguite anche tre prospezioni sismiche, con metodologia MASW, finalizzate alla ricostruzione degli andamenti delle velocità di trasmissione delle onde di taglio (Vs) con la profondità. Le stese sismiche sono state eseguite, rispetto al castello, a E (MASW 1) e a NW (MASW 2), mentre la terza stesa (MASW 3) è stata eseguita sulla lingua di terra che collega l'"isolotto" su cui poggia il castello con la terraferma (Fig. 16).

Il modello di resistività "Le Castella 1" si caratterizza per la presenza di un nucleo relativamente alto-resistivo (10-18 Ωm) nella parte iniziale e superficiale del modello, prossimo alla scogliera artificiale, che può essere attribuito agli elementi litoidi che la costituiscono; nella porzione più profonda (fino a 4-6 m) i dati di resistività potrebbero essere dovuti alla presenza di strutture antropiche in posto o di crollo; i valori della resistenza elettrica specifica si riducono nettamente all'approfondirsi del fondale e sono riferibili a termini essenzialmente pelitici (Fig. 17).

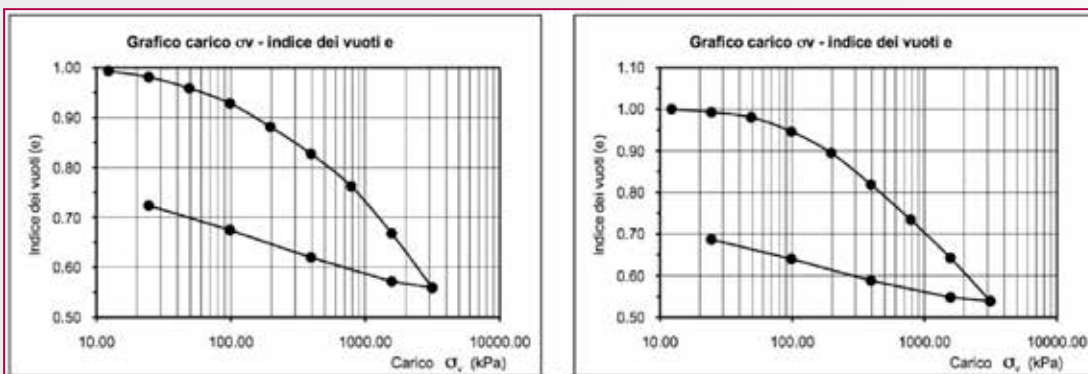


Fig. 14 - Grafici della prova edometrica per il campione "LC1U".



Fig. 15 - Il campione di calcarenite



Fig. 16 - Ubicazione delle prospezioni sismiche e geoelettriche.

La parte più superficiale del modello di resistività “Le Castella 2” è interessata da un’importante e brusca variazione laterale di resistività, dove da 1-2 Ωm si passa, verso SE, a valori nettamente più elevati, presumibilmente dovuti alla presenza di un orizzonte saturo più propriamente calcarenitico. Lo spessore di questo orizzonte tende a crescere verso la parte terminale del modello, dove raggiunge i 6m circa. Nella parte più profonda del modello, si nota un lieve aumento della resistenza elettrica specifica, dovuta ad un aumento della componente limosa o, più probabilmente, della componente calcarea (Fig. 18).

L’interpretazione delle prospezioni geosismiche MASW1 e MASW2 ha consentito di determinare lo spessore delle calcareniti, che è risultato rispettivamente pari a 8,3m e 7,1m (Fig. 19).

In controtendenza, i dati dello stendimento MASW3 ubicato nella stretta striscia di scogliera artificiale che collega la terraferma all’isolotto del castello, testimonierebbero la mancanza del sottostante lastrone calcarenitico riscontrato nelle aree adiacenti e, quindi, una soluzione di continuità dello stesso (Fig. 20).

Le prove geotecniche di laboratorio condotte sulle argille campionate in mare, hanno consentito di determinare il cedimento che il carico rappresentato dal peso della fortezza avrebbe dovuto indurre. Il peso è stato determinato attra-

verso l’elaborazione delle immagini ottenute con il rilievo tramite drone, mentre per gli spessori degli strati di roccia si è fatto riferimento alle risultanze delle prospezioni geofisiche.

Il calcolo del cedimento indotto è stato condotto tramite il “metodo edometrico”.

Secondo tale metodo, il cedimento (DH) indotto dall’applicazione di un carico può essere calcolato, nel caso di terreni *normalconsolidati*, nel modo seguente:

$$\Delta H = H CR \log_{10} [(\sigma'_{v0} + \Delta\sigma_v) / \sigma'_{v0}]$$

in cui H è lo spessore del banco di argilla (assunto pari a 40m), CR è il rapporto di compressione desunto dalle prove edometriche, σ'_{v0} è il valore della tensione verticale effettiva a metà dello spessore del banco di argilla e $\Delta\sigma_v$ è il carico trasmesso dalla fortezza (assunto pari a 200kPa).

Il calcolo ha fornito un valore del cedimento (ipotetico) pari a circa 1,5m, valore che, qualora si fosse in effetti verificato, avrebbe indotto nel manufatto un quadro deformativo in realtà non riscontrato.

CONCLUSIONI

Al fine di investigare l’anomalia rappresentata dal sostanziale ottimo stato di conservazione della fortezza di Le Ca-

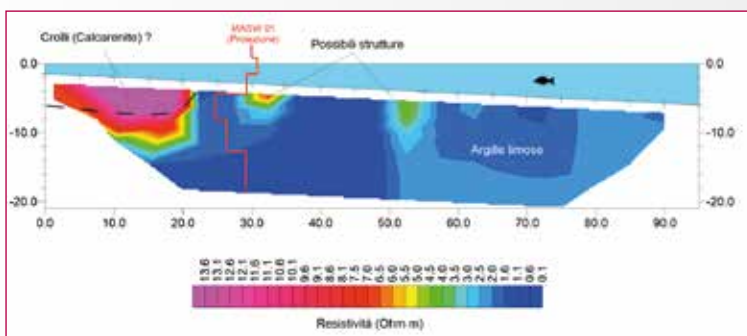


Fig. 17 - Modello di resistività "Le Castella 1"

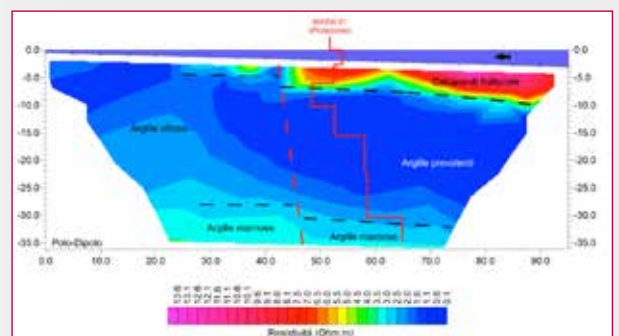


Fig. 18 - Modello di resistività "Le Castella 2".

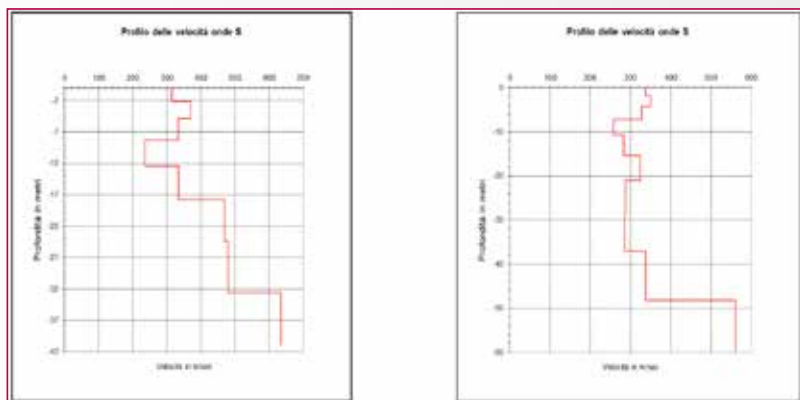


Fig. 19 - Profili delle velocità MASW1 e MASW2.

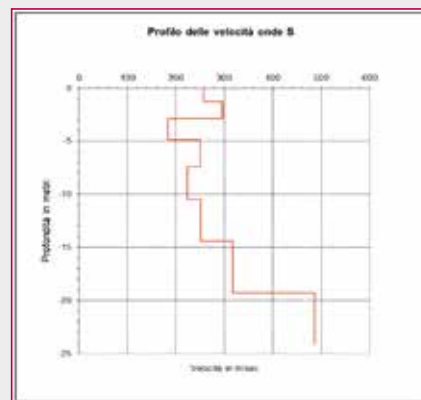


Fig. 20 - Profilo delle velocità MASW3.

stella all'interno di un contesto geologico e geomorfologico particolarmente dinamico quale quello dell'area del crotonese, è stata condotta una campagna di indagine geognostica nel sito, consistente in prospezioni geoelettriche in mare, prospezioni sismiche in superficie e analisi di laboratorio su campioni di argilla prelevati sia in mare che in superficie.

Attraverso le prospezioni geofisiche è stato possibile ricostruire la geometria degli orizzonti litologici in profondità, oltre ad ottenere importanti informazioni sulla loro variabilità laterale e sulla presenza di possibili strutture antropiche sepolte.

I dati sismici, in particolare, confermerebbero l'ipotesi secondo la quale il sito su cui insiste il castello in tempi storici avrebbe quindi assunto le caratteristiche fisiche di un'"isola" separata da un braccio di mare dalla terraferma. Le prove eseguite in laboratorio geotecnico hanno consentito, poi, di determinare i parametri di deformabilità del terreno, in base ai quali è stato condotto un calcolo del cedimento che le argille, stratigraficamente poste al disotto del lastrone calcarenitico su cui poggia la fortezza, avrebbero dovuto manifestare in seguito alla costruzione della fortezza stessa.

Il calcolo ha indicato che, sotto l'effetto del carico indotto, si sarebbe dovuto verificare un cedimento di notevole entità (di circa 1,5m), che sicuramente avrebbe prodotto danni rilevanti alla struttura della fortezza. Poiché non vi sono sulle strutture evidenze di quadri fessurativi riconducibili a cedimenti, si può ritenere che tale cedimento, in realtà, non si sia verificato. Ciò può essere ascrivibile a condizioni geotecniche differenti da quelle ipotizzate, quali, ad esempio, caratteristiche di deformabilità delle argille che migliorano con la profondità, oppure, più verosimilmente, alla presenza di strutture più antiche poste al di sotto della fortezza, che, fungendo da "sottofondazione", hanno limitato fortemente la manifestazione dei cedimenti.

In conclusione, può ritenersi che i risultati ottenuti nel presente studio, seppur preliminari, costituiscano una base di partenza per le future attività di geoarcheologia, finalizzate alla tutela di uno dei siti monumentali più importanti della Calabria.

Prospezioni georadar nell'area emersa, all'interno e esterno dell'edificio esistente, supportati da saggi di scavo, darebbero valide indicazioni sulla presenza delle ipotizzate strutture preesistenti su cui potrebbe poggiare l'impianto

attuale. Inoltre, indagini in mare mediante tecniche geofisiche di tomografia elettrica ad alta risoluzione e rilievi batimetrici e di *sub-bottom profiler*, sarebbero da verifica ed affinamento nella ricostruzione delle anomalie dovute ad elementi antropici sepolti nel fondale.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano la spin-off "Tech4Sea" dell'Università della Calabria, per l'utilizzo del trapano Rodon 100, e il Dott. Redentore De Fiore, per le riprese da drone.

ABSTRACT

In this work, the results of a survey campaign aimed at defining the geological-geotechnical features of the small "islet" on which is set the monumental fortress of Le Castella (Crotonese area, Calabria region), dating back to the Aragonese period (XV century AD), will be exposed. The "islet" is actually connected to the mainland by a strip of land. As the entire Crotonese area is notoriously affected by historical subsidence, as well as by widespread collapses at the land-sea interface, also due to "lateral spreading" phenomena, the substantial structural integrity of the fortress appears singular.

PAROLE CHIAVE

ARCHEOLOGIA; GEOARCHEOLOGIA SUBACQUEA; GEORADAR; GEOFISICA; GEOTECNICA; LE CASTELLA

AUTORE

MAURIZIO PONTE
 MAURIZIO.PONTE@UNICAL.IT
 DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA, ECOLOGIA E SCIENZE DELLA TERRA - UNIVERSITÀ DELLA CALABRIA

GIUSEPPE FERRARO
 GEOFISICA@ALICE.IT
 GEOLOGO COLLABORATORE ESTERNO ALLE RICERCHE DI GEOARCHEOLOGIA

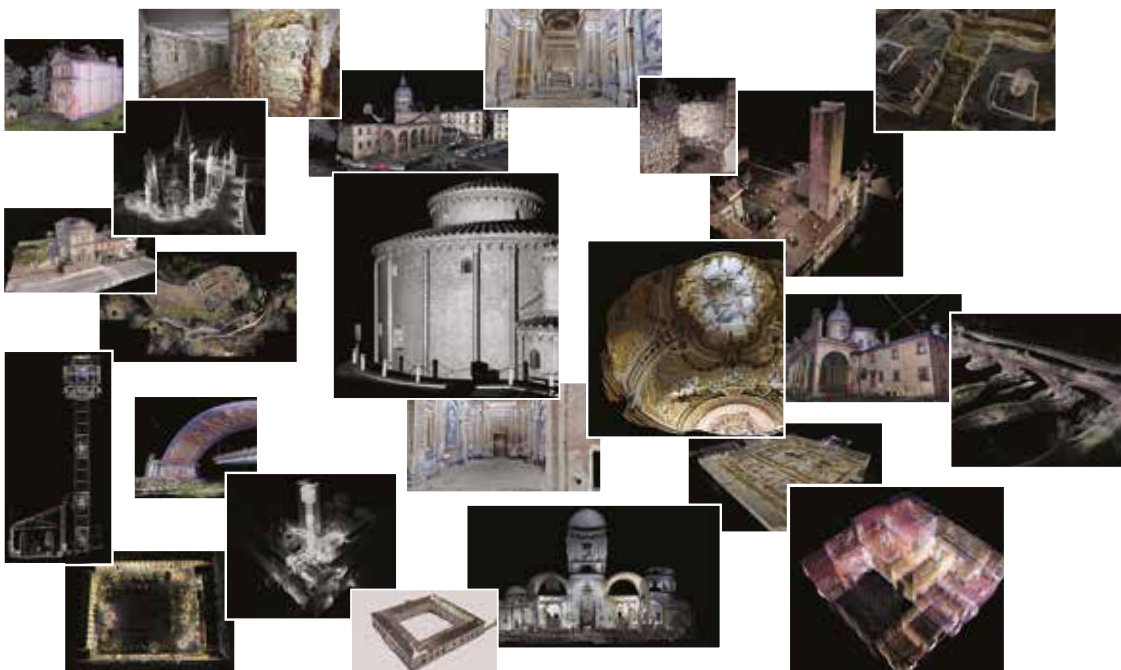
ALMA FLORO
 LAVINIA.FLORO@OUTLOOK.IT
 GEOLOGO COLLABORATORE ESTERNO ALLE RICERCHE DI GEOARCHEOLOGIA

SALVATORE MEDAGLIA
 SALVATORE.MEDAGLIA@UNICAL.IT
 LABORATORIO DI TOPOGRAFIA ANTICA E ANTICHITÀ CALABRESI - DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA MECCANICA, ENERGETICA E GESTIONALE - UNIVERSITÀ DELLA CALABRIA

PIERPAOLO PASQUA
 PIERPAOLO.PASQUA@VIRGILIO.IT
 GEOLOGO COLLABORATORE ESTERNO ALLE RICERCHE DI GEOARCHEOLOGIA

BIBLIOGRAFIA

- Amari M. & Schiaparelli C., 1883, *L'Italia descritta nel "Libro di Re Ruggero" compilato da Edrisi*, Roma.
- Ardevino A. M., 1978. *L'attività archeologica in Calabria. Crotona*, in Atti del Convegno Internazionale di Studi sulla Magna Grecia, Napoli, pp. 375-382.
- Corrado M., 2001. *Nuovi dati sul limes marittimo bizantino del Bruttium*, in «Amed» XXVIII, pp. 533-569.
- Crogniez, S. 1990. *Les stations du cursus publicus en Calabre: un état de la recherche*, in «MEFRA» 102, 1, pp. 389-431.
- Foti G., 1976. *Attività della Soprintendenza archeologica della Calabria nel 1976*, in «Klearchos» 18, pp. 143-153.
- Foti G., 1981. *L'attività archeologica in Calabria*, in Atti del Convegno Internazionale di Studi sulla Magna Grecia 1980, Napoli 1981, pp. 299-317.
- GIVIGLIANO G. P., 1994. *PERCORSI E STRADE*, IN *STORIA DELLA CALABRIA ANTICA*, pp. 241-362.
- Guerricchio A., 2001. *Lineamenti geologici e problemi di subsidenza del bacino crotonese*. Atti del convegno: "Problemi geoambientali nella costa fra Capo Colonna e Isola di Capo Rizzuto". 39-57.
- Guerricchio A., 2015. *Il Bacino Crotonese: un esempio di grande scendimento gravitativo innescato dal "crickogeno" silano*. *Geologia dell'Ambiente* 33-46.
- Lattanzi E., 1981. *Attività della Soprintendenza archeologica della Calabria nel 1980*, in «Klearchos», 23, pp. 133-150.
- Lattanzi E., 1999. *L'attività della Soprintendenza archeologica della Calabria nel 1999*, in Atti del Convegno Internazionale di Studi sulla Magna Grecia, Napoli, pp. 729-748.
- Marino D. A., Medaglia S., Nicoletti G., Taliano Grasso A., 2017. *Rocche protostoriche e abitati preistorici tra Sila e mare Jonio*, in L. Cicala, M. Pacciarelli (a cura di), *Centri fortificati indigeni della Calabria dalla protostoria all'età ellenistica*, Atti del Convegno Internazionale (Napoli, 16-17 gennaio 2014), Napoli, pp. 97-131.
- Massari F., Rio D., Sgavetti M., Prosser G., D'alexandro A., Asioli A., Capraro L., Fornaciari E., Tateo F., 2002. *Interplay between tectonics and glacioeustasy: Pleistocene succession of the Crotona basin, Calabria (Southern Italy)*. *Geological Society of America Bulletin* 114, 1183-1209.
- Medaglia S., 2010. *Carta archeologica della provincia di Crotona. Paesaggi storici e insediamenti nella Calabria centro-orientale dalla Preistoria all'Altomedioevo*, Rossano 2010.
- Mellere D., Zecchin M., Perale C., 2005. *Stratigraphy and sedimentology of fault-controlled backstepping shorefaces, middle Pliocene of Crotona Basin, Southern Italy*. *Sedimentary Geology* 176, 281-303.
- Raimondo C., Toomaspoeg K., Spadea R., 1998. *Le Castella (Crotona) tra XII e XVI secolo. Indagine sulla torre*, in «MEFRM» 110, 1, pp. 437-498.
- Rubino G. E., 1970. *Le Castella in Calabria Ultra*, in «NapNobil» IX, fasc. III, 1970, pp. 88-100.
- Taliano Grasso A., 1996-1997. *La viabilità romana nell'attuale provincia di Crotona*, in «Klearchos» 38-39, pp. 207-236.
- Tucci A. M., 2002. *L'età del bronzo nelle province di Catanzaro, Crotona e Vibo Valentia*, in «Studi e materiali di geografia storica della Calabria» 3, Cosenza, pp. 7-163.
- Valente G., 1982. *Le Castella*, Frama Sud, Chiaravalle Centrale.
- Zecchin M., Massari F., Mellere D., Prosser G., 2004. *Anatomy and evolution of a Mediterranean-type fault bounded basin: the Lower Pliocene of the northern Crotona Basin (Southern Italy)*. *Basin Research*, 16, 117-143.
- Zecchin M., Massari F., Mellere D., Prosser G., 2003. *Architectural styles of the prograding wedges in a tectonically active setting, Crotona basin, Southern Italy*. *Journal of the Geological Society of the Geological Society of London*, 160, 863- 880.

**GEOGRA**

Via Indipendenza, 106
46028 Sermide - Mantova - Italy
Phone +39.0386.62628
info@geogra.it
www.geogra.it