

## Il Lago Tremoletto e il Lago di Caira scomparsi s.l. nella provincia di Frosinone

*Tremoletto Lake and Caira Lake disappeared in the province of Frosinone (Latium, Italy)*

NISIO STEFANIA(\*) & SCAPOLA FABIANA(\*\*)

**RIASSUNTO** - Sono molti i piccoli specchi lacustri scomparsi nel territorio del Lazio, ma poco noti sono quelli che si originarono nel Frusinate, con eventi improvvisi, e poi scomparirono dopo alcuni decenni, talvolta secoli. La presenza di tali piccoli laghi, nelle aree di pianura del territorio di Frosinone, è testimoniata, in epoca medioevale e successiva, da cartografie storiche, nonché da documenti bibliografici raccolti presso archivi specializzati: l'area di Cassino infatti è nota con il nome di *terra dei laghi*. Molti di questi, caratterizzati da una forma circolare, sono compatibili con un processo di sprofondamento (sinkhole) in quanto originatesi in aree di pianura strutturate stratigraficamente con oriri, o da un bedrock carsificato su cui poggiano coperture terrigene. In questa nota si porteranno gli esempi del Lago Tremoletto, presso Sora, e del lago di Caira, presso Cassino.

**PAROLE CHIAVE:** Lago Tremoletto, Lago di Caira, Laghi di sprofondamento, sinkhole, Laghi

**ABSTRACT** - Many small lakes have disappeared in the territory of Lazio. Little known are those that originated in the Frusinate suddenly and then disappeared after a few decades. The presence of these small lakes, in the plain areas of the territory of Frosinone, is testified, in medieval and subsequent ages, by historical cartographies, as well as by historical documents collected in specialized archives. The area of Cassino is known as "the land of the lakes". Many of these, characterized by a

circular shape, are compatible with a sinkhole process because they are originate in lowland areas characterized by large travertine thicknesses, or a carsified Bedrock on which rests Terrigene roofs. In this note you will bring the examples of Lake Tremoletto near Sora town and Caira lake near Cassino town in the Frosinone district.

**KEY WORDS:** Tremoletto Lake, Caira Lake, sinkhole, Lakes.

### 1. - INTRODUZIONE

Il contesto geologico-strutturale ed idrogeologico di alcune pianure del frusinate, ed in particolar modo delle piane di Cassino e Sora, è predisponente alla formazione di fenomeni di *sinkhole*.

Tali pianure, bordate e attraversate da faglie o discontinuità strutturali, sono colmate da depositi quaternari con spessori a luoghi di oltre cento metri, costituiti in prevalenza da alternanze di limi e argille che, includono talvolta orizzonti di travertino (CARRARA, 1991). Le dorsali carbonatiche circostanti le piane sono fortemente interessate da fenomeni carsici anche per l'intenso attraversamento di fluidi

(\*) ISPRA - Dipartimento del Servizio Geologico d'Italia;

(\*\*) Ministero della Pubblica Istruzione.

profondi spesso a carattere acido di origine vulcanica; il substrato carbonatico, al di sotto della copertura quaternaria, è profondamente disarticolato da sistemi di faglie ed è sede di acquiferi confinati, in cui si esplica una notevole circolazione idrica (a Cassino le sorgenti presentano portate complessive superiori ai 20 m<sup>3</sup>/s (BONI, 1973; CELICO 1976; CELICO & STANGANELLI 1976; BONI *et alii* 1986). A ciò si associa una forte circolazione sotterranea di fluidi aggressivi per la presenza di H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e H<sub>2</sub>S legati al vulcanesimo di Roccamonfina e/o ad una circolazione all'interno di sistemi di faglia (CARAMADRE, 1996).

Tali caratteristiche al contorno conferiscono all'area tutte le condizioni predisponenti ed innescanti per la formazione di fenomeni di sprofondamento (NISIO *et alii* 2007; CARAMANNA *et alii* 2008; NISIO 2008; MELONI *et alii* 2013; CIOTOLI *et alii*, 2015) che hanno originato piccoli laghi di forma sub-circolare (CARAMANNA *et alii*, 2004). Tuttavia tali specchi lacustri sono stati soggetti nel tempo ad un continuo processo di colmamento, avvenuto anche mediante eventi di alluvionamento, che ha portato alla loro scomparsa (CONSOLE & NISIO 2020; MADONNA & NISIO, 2020; MADONNA *et alii* 2020).

L'intera area, difatti, in epoca storica era caratterizzata dalla presenza di molti di tali specchi d'acqua e per questo motivo era denominata *Terra dei Laghi*, accertati attraverso cartografia storica (ne sono stati individuati 23; NISIO & SCAPOLA 2010 a, b; Fig. 1), ma oggi scomparsi o di difficile ubicazione, inoltre alcune leggende e fonti storiche (GATTOLA, 1734; GROSSI, 1907; BONANNI, 1922 VARRONE, 1954; SARAGOSA & SARAGOSA, 1998) narrano dell'apertura nel terreno di grandi voragini spesso in concomitanza di eventi sismici talvolta con risentimento locale talmente forte da far pensare che siano stati essi stessi a produrre l'evento sismico (magnitudo associata a crollo profondo per massa battente).

Sono stati individuati sul territorio, inoltre, polle sorgentizie all'interno di depressioni sub-circolari (Fig. 2) probabilmente connesse ai suddetti fenomeni di sprofondamento e di dissoluzione carsica. Tra

questi il lago Tremoletto, nella piana di Sora, formatosi in seguito ad un fenomeno di sinkhole s.l. in epoca borbonica non precisata (NISIO & SCAPOLA, 2010 a) e in parte interrto dagli apporti detritici del F. Fibreno, e il lago di Caira di cui sono conservate

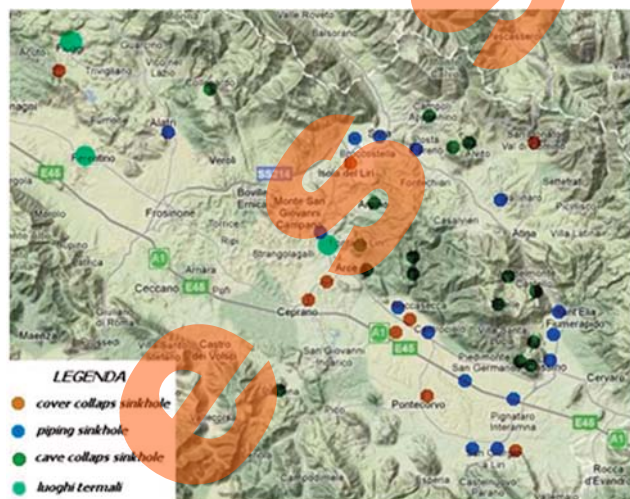


Fig. 1 - Ubicazione dei fenomeni di sprofondamento censiti tra Sora e Cassino da NISIO & SCAPOLA 2010 a.

- Location of sinking phenomena recorded between Sora and Cassino from NISIO & SCAPOLA 2010 a.

le cronache della sua origine e del suo colmamento.

L'analisi fotointerpretativa sul territorio tra Cassino e Sora ha permesso di individuare, inoltre, morfologie sub-circolari depresse asciutte e la verifica sul terreno ha identificato piccoli laghi in via di estinzione o polle riconducibili a fenomeni del



Fig. 2 - Esempio di una polla sorgentizia di forma sub circolare all'interno della Pianura di Cassino.

- Example of a spring sinkhole pond with sub-circular shape in the Cassino Plain.

tutto simili a quelli avvenuti a Sora e a Caira . Questi ultimi infatti esempi scelti che esemplificano i due modelli genetici estremi uno spinto più il carsismo in s.s. e l'altro dai tratti più marcatamente ascrivibili al piping *sinkhole*.

## 2. - IL LAGO TREMOLETTO NELLA PIANA DI SORA

Il Lago Tremoletto, un piccolo specchio lacustre di forma sub-circolare, è ubicato nella piana di Sora, tra la Valle Roveto e la Valle Latina (Fig. 3). La pianura di Sora è stata colmata da una potente copertura sedimentaria caratterizzata da orizzonti misti di sabbie limi e argille.

Vengono riportate nell'area di Sora cronache storiche riguardanti l'apertura di voragini, che poi si trasformarono in laghi, in occasione di eventi sismici di elevata magnitudine, alcuni anche di grandi dimensioni come tramandato in alcune aree della pianura di Posta Fibreno. In occasione del terremoto del 1654, ad esempio, nei Manoscritti Barberiani Latini (1654) viene trascritto: *“Trà l'Isola e Sora hà rovinato la Chiesa della Mad[onna] della Forma dove s'è aperta una gran voraggine”*; e che sempre fra Isola del Liri e Sora, in un luogo non meglio specificato, *“...” si aprì una gran voragine presto colmata in lago*”.

Durante il terremoto del 1915, con epicentro ad Avezzano, sono stati registrati effetti al suolo anche

presso l'abitato di Sora: *“In parecchi punti del cimitero la terra appare ferita da tagli regolari dai quali fluiscono tranquillamente, in larghe volute, vapori bianchicci ed acri, con forte sentore di zolfo: ogni tanto a getti intermittenti ed altissimi scappan fuori da questa ferite zampilli di acqua solfurea bollentissima”* (PANICCIA, 1990).

Ulteriore conferma della presenza di fenomeni di sprofondamento, nel 1915, proviene da PINELLI (1982) e ODDONE (1915) che riportano, presso Sora, la formazione di una cavità nel terreno con fuoriuscita di acqua mista a fango e formazione di vulcanelli e fontane di sabbia fenomeno squisitamente tipico del cassinate s.l.

PINELLI (1982), in particolare, descrive inoltre la formazione di voragini negli anni ottanta: *“Assistiamo, nell'ultimo biennio, all'apertura di quattro voragini l'ultima delle quali dal diametro compreso fra i tre ed i quattro metri e profonda circa dieci (località Isola del Liri- Vadopalanca)”*.

Altre forme da sprofondamento, di tipo *sinkhole*, sono segnalate presso la tenuta dei Conti Mancone, dove si originò un lago oggi ricolmato e presso località Carnello (NISIO & SCAPOLA, 2005; NISIO, 2008).

Il Lago Tremoletto costituisce oggi una paleoforma depressa, di forma sub circolare, di circa 210 m di diametro (Fig. 4); secondo alcune fonti storiche l'origine potrebbe risalire all'epoca borbonica, ovvero potrebbe il lago potrebbe coincidere con la voragine apertasi nel 1654 (il lago era già presente nella cartografia storica dei primi



Fig. 3 - Ubicazione del lago Tremoletto ad est dell'abitato di Sora (Frosinone) da Google Earth.

- Location of Lake Tremoletto east of the town of Sora (Frosinone) from Google Earth.



Fig. 4 - Panoramica del lago Tremoletto (Sora).

- Panoramic view of Lake Tremoletto (Sora).

del 1800 e gli abitanti del luogo dicono che esista da due-trecento anni almeno; Fig. 5). La tradizione popolare riporta, in ogni caso, che l'origine del lago sia avvenuta mediante un episodio catastrofico, da cui il nome "tremoletto" per la presenza costante di tremori e boati nel sottosuolo che sono stati registrati anche dopo la sua formazione.

A partire dal 1800 il lago ha iniziato a colmarsi per gli apporti detritici del Fiume Fibreno (CARBONE, 1971), e per le continue alluvioni a cui era sottoposto, il lago aveva anche un emissario che scaricava le acque, nonché alcuni canali che immettevano in esso acque reflue; tuttavia già a metà dell'Ottocento fu ridotto ad un piccolo specchio d'acqua melmoso.



Fig. 5 - Ubicazione del Lago Tremoletto nella cartografia IGM.  
- Location of Tremoletto Lake from IGM cartography.



Fig. 6 - Immagini all'interno del Lago Tremoletto oggi prosciugato.  
- Images inside Lake Tremoletto today dried up.

NICOLUCCI (1842) Riporta che: ... *tali alcuni rigagnoli, che mettendo foce in un avvallamento del suolo, formano piccolissime paludi, come Tremoletto presso Isola di Sora, d'onde putrefacendosi al calore della state le sostanze vegetali che vi si raccolgono, si svolgono fetide esalazioni...* Tra il 1948 e il 1962 esso è stato definitivamente bonificato, nel 1971 ne rimane, tuttavia, un piccolo bacino melmoso (CARBONE, 1971; Fig. 6).

### 3. - IL LAGO DI CAIRA, CASSINO

L'antico Lago di Caira (rimasto attivo dal 1724 al 1904) è ubicato a valle dell'abitato di Caira, una frazione di Cassino (Fig. 7). E' posizionato alla confluenza fra due fiumi, il Torrente Calcara ed il Fiume Rapido, sul limite morfologico di una conoide alluvionale sulla quale si è sviluppato il paese (Fig. 8).

Lo sprofondamento che diede origine al Lago di Caira viene riportato in letteratura da numerose fonti che fanno, comunque, riferimento alle notizie del "Giornale Cassinese" dell'epoca, e successivamente raccolte nelle "Historiae" di GATTOLA (1733; 1734). In queste fonti si ritrova la seguente descrizione (riportata in latino e tradotta dalle scriventi): *In questo anno 1724, non lontano da Caira nella notte fra il 18 e 19 febbraio con ingente strepito, tale che gli abitanti pensando che fosse un terremoto avevano abbandonato le case, la terra di otto tomoli, ciascuno dei quali comprende novecento cubiti napoletani di otto palmi, fu vista sprofondare a perpendicolo in quel luogo, dove c'erano alcuni alberi. La profondità di novanta palmi napoletani subito da parecchie sorgenti poste nella circonferenza dei lati iniziò ad essere riempita, mentre*

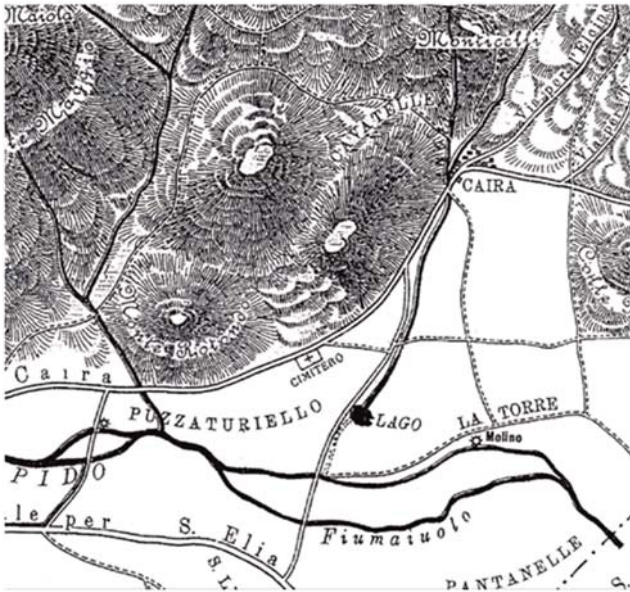


Fig. 7 - Ubicazione dell'antico Lago di Caira da cartografia storica.  
- Location of the ancient Lake of Caira from historical cartography.

*l'acqua cresceva così di giorno in giorno, che dopo un mese soltanto per cinque palmi distava dal piano del terreno. Tutta la circonferenza del lago è di duecentosettantacinque cubiti napoletani, il diametro da oriente ad occidente circa centoventiquattro, e trasversale circa centotrentanove.*

Oltre a questi eventi, nel Giornale cassinese e negli scritti di GATTOLA (1734), viene riportato: “*la notte fra il 18 ed il 19 febbraio dello stesso anno nel luogo, ove è ora, il Lago di Cairo, un rumore fortissimo si intese ed i contadini che abitavano nei dintorni, come se un grande terremoto fosse accaduto, abbandonando le loro case fuggirono.....*”

GIUSTINIANI (1816) riporta: *Lago di Caria o Carea è in terra di Lavoro, distante da Sangermano circa 2 miglia. Incominciò a sorgere il 18 febbraio dell'anno 1724 circa le 10 di notte, nelle pertinenze della suddivisatata città, e propriamente in un casale, che dal monte alle cui radici era*



Fig.8 - Panoramica dell'area di Caira e vista dall'alto del lago immagini da Google Earth.  
- Overview of the Caira area and top view of the lake images from Google Earth.

*edificato, diceasi Caria o Carea. L'anonimo Cassinese fa menzione di detto casale... Nei giorni precedenti erano cadute abbondanti piogge, nella suddivisata notte s'intese dagli abitanti di Caria uno strepitoso fragore, ch'essendo loro di spavento, andò subito a cessare sprofondata che fu la terra con niente altro accorgimento. Buono che un tale sprofondamento di terra accadde in tempo di notte senza che niuno vi fosse percolato. Nel giorno 9 febbraio vi era stata una truppa di femine a zapare il seminato. Or deesi sapere che nel suddivisato sprofondamento si videro 18 sorgive e ne l corso di più giorni videsi tutto riempito, rimanendo però le acque al di sotto della superficie di quei territori, che gli son intorno. La prima comparsa fu di figura ovale e di non molta estensione, poiché essendosi misurata fu di passi 300, ognuno di palmi 8; ma andò di poi molto ad allargarsi. La profondità dicono di essere di palmi 90.*

Un'altra "fossa", oltre al Lago, si aprì alle pendici orientali di Monte Cairo e la tradizione afferma che in determinati periodi si sentivano dei rumori, come lamenti, provenire dalla stessa; gli abitanti del luogo iniziarono a buttare rifiuti all'interno della fenditura. Si accorsero in seguito che i rifiuti lanciati nella voragine le sere precedenti venivano ritrovati nei pressi dell'attuale Chiesa Madre nell'abitato di Cassino.

Da altre fonti si ricava che il livello del lago non subiva variazioni stagionali e, periodicamente, il lago era soggetto ad una fase di intorbidimento delle acque e le stesse venivano rese acide da uno improvviso aumento della concentrazione di zolfo. Riportiamo il testo di BARATTA (1978): "...Nacque così il lago di Caira le cui acque non si vedono crescere anche nei tempi più piovosi, né diminuire. Di questo lago i monaci fecero un vivaio di pesci ma periodicamente le acque si intorbidavano, probabilmente per l'afflusso di sorgenti sulfuree, ed i pesci rimanevano tramortiti. Si rianimavano, però, dopo pochi giorni. La periodicità del fenomeno era tanto nota che i pescatori vi si recavano, a data fissa, per farvi buona pesca."

Ulteriori notizie del lago risalgono a DE MARCO (1888): «Il detto lago ritiene ancora la forma arrotondata; ma la circonferenza è più grande, la profondità molto minore, e la superficie è occupata da un lato quasi per un terzo da piante acquatiche a causa della terra ivi trasportata dal torrente che viene dai monti vicini. Avendolo io misurato nel

gennaio di quest'anno, ho trovato la sua periferia di 525 m (con un diametro medio di 165 metri circa)».

Vengono poi menzionate alcune sorgenti sulfuree (*puzzaturiello*) presenti a quell'epoca nei pressi del Lago (Fig.7) e bordanti per lo più il limite fra sedimento continentale e di piattaforma, la loro provenienza tuttavia viene connessa alla risalita, secondo vie preferenziali, di acque appartenenti alla falda profonda (NISIO & SCAPOLA, 2005). Le acque sulfuree e i periodici intorbidimenti, suddetti, lasciano supporre la presenza di un condotto, di un camino di collasso, di collegamento con la falda profonda, presente nei calcari, e conferma l'ipotesi di un fenomeno di *piping sinkhole* (NISIO 2003, 2008; NISIO & SCAPOLA 2005, 2010 a).

Nel 1902 DEL FOCO scrive: «A destra di questa strada traversa, v'ha il laghetto di Caira con scarse sorgenti interne. La superficie di questo lago, pel materiale importatovi da due torrenti che scendono a settentrione e a mezzogiorno del Colle del Forno e dei Monticelli, che si riuniscono a Caira, va anno per anno restringendosi, e finirà collo scomparire del tutto, con miglioramento delle condizioni sanitarie di quei dintorni infestati dalle febbri palustri. Intanto quanto sarebbe desiderabile che l'autorità venisse in aiuto del lavoro lento della natura...».

Poco dopo il consiglio comunale decise di prosciugarlo, ma gli eventi naturali precedettero questo intervento di bonifica; durante una fase di piena del fiume una grande quantità di detriti si riversò nel lago (restò attivo almeno fino al 1904). Il lago si prosciugò e, nel corso degli anni la forma si obliterò definitivamente assumendo l'aspetto di un pantano oggi inagibile. Attualmente all'interno del vivaio della forestale sono presenti alcune sorgenti che manifestano periodiche risalite di gas, risalite da cui tutta l'area del frusinate è particolarmente interessata.

La successione stratigrafica dell'area circostante il lago (in basso), come rilevato da pozzi e sondaggi geoelettrici, varia procedendo da monte verso valle (da est ad ovest). Nell'area di affioramento della conoide alluvionale, al di sotto di una fascia pedogenizzata (con spessore di pochi metri fino ad alcune decine), si rinvenivano detriti di falda, con spessori considerevoli (cento metri circa) in contatto

diretto con il substrato carbonatico.

Più a valle, nella zona di piana alcuni pozzi molto prossimi al paleolago, mostrano la presenza di un'alternanza di argille, limi argillosi con ciottoli calcarei e ciottolate, il tutto al di sopra di un substrato carbonatico ubicato oltre i settanta metri di profondità dal piano campagna.

Questo tipo di successione stratigrafica determina valori bassi di permeabilità verticale, mentre valori elevati, negli strati a granulometria più grossolana, di permeabilità orizzontale. E' possibile, pertanto, trovare nella copertura detritica più falde sospese ed una falda imprigionata all'interno del substrato calcareo (permeabile per fratturazione e carsismo) ribassato tettonicamente. Tale dato è confermato dall'analisi di numerose colonne stratigrafiche di pozzo che segnalano almeno tre livelli di falda distinti.

La falda profonda è in pressione, mentre i depositi quaternari, al tetto, ospitano piccole falde

sovrapposte a profondità rispettivamente di 25 m e 40 m dal p.c., in corrispondenza di lenti od orizzonti più permeabili. All'interno della cavità vi era risalita di gas ( $H_2S$ ), testimoniata dalle fonti storiche, ed a poca distanza erano ubicate sorgenti sulfuree (oggi estinte) che alimentavano il corso del Fiume Rapido (NISIO & SCAPOLA, 2005; NISIO, 2008). La traccia delle sorgenti sulfuree attive può essere seguita con buona continuità da Cassino verso Roma.

La morfologia della cavità risultava essere cilindrica, con pareti verticali profonde 23,5 m (anche nella zona più monte è presente una curiosa cavità); è presumibile pensare che l'alimentazione principale del lago (il cui livello non oscillava mai) fosse dovuta all'apporto della falda più superficiale (25 m di profondità), ma non si può comunque escludere la presenza di ulteriori piccole polle di risalita di acque sulfuree (infatti periodicamente si assisteva alla morte per asfissia della fauna



Fig. 9 - Il lago di Caira come si presenta a Febbraio 2021.  
- *View of the Caira lake in February 2021.*

acquatica). Vengono infatti segnalate 18 sorgenti di alimentazione alla base del lago (GIUSTINIANI, 1816).

Il Lago di Caira inoltre si è originato in corrispondenza di un elemento tettonico di importanza regionale individuato durante i rilievi di campagna (NISIO & SCAPOLA, 2005, 2010a), con andamento circa N5-10E, che ha senza dubbio influito sulla sua formazione.

Nell'area di Caira sono state registrate nel 1723, riportate nel catalogo dei terremoti, molte scosse sismiche (di cui una molto intensa il 18 ottobre) ma non nella notte fra il 18 ed il 19 febbraio 1724. Alcune fonti storiche locali conservate nell'Abbazia di Monte Cassino riportano un terremoto locale avvenuto proprio quella notte; due episodi sismici si verificarono nel settembre e nell'ottobre 1724, successivi però alla formazione del lago tuttavia è possibile ricondurre i tremori avvertiti dalla popolazione alla microsismicità locale indotta dai crolli in sotterraneo.

Oggi del Lago di Caira, che costituisce un geosito, non rimane che un pantano nascosto tra la vegetazione e non vi è alcuna targa divulgativa che spiega l'evento e l'origine di esso (Fig. 9) né tantomeno la sua storia e le sue vicissitudini.

#### 4. - CONCLUSIONI

Episodi di sprofondamento catastrofico che hanno portato alla formazione di piccoli laghi, sono testimoniati nelle pianure del frusinate da cronache e documenti storici (NISIO & SCAPOLA 2010 A). Tali fenomeni sono dovuti al contesto geologico - idrogeologico delle pianure del basso Lazio caratterizzate dalla presenza di rocce erodibili (travertini) e bedrock carsificati, abbondante circolazione di fluidi aggressivi, presenza di faglie attive e fratture che attraversano le aree di piana (NISIO *et alii* 2007; CARAMANNA *et alii* 2008; MELONI *et alii* 2013; CIOTOLI *et alii* 2015).

I processi di sprofondamento che hanno generato suddetti laghi nel frusinate sono stati innescati talvolta da eventi sismici che si sono manifestati nel territorio da sempre e documentati sin dall'epoca romana (FREZZOTTI *et alii* 1988;

FREPOLI & AMATO 2000; FERRELI *et alii* 2004).

Il processo genetico che porta alla formazione di polle sorgive la cui evoluzione poi nel tempo li rende veri e propri laghi è tuttavia variabile (NISIO & SALVATI 2004; NISIO, 2008): alcune piane della provincia di Frosinone sono infatti caratterizzate da grandi spessori di travertino la cui dissoluzione ha determinato fenomeni di *cave o cover collapse sinkhole* (come ipotizzabile per il territorio di Roccasecca che ha segnalato nell'ultimo ventennio diverse di queste aperture).

In queste aree del frusinate le forme che si sviluppano hanno dimensioni molto variabili, comprese tra due metri e più di trenta metri di diametro e lo stesso dicasi per le profondità. Variazioni della tavola d'acqua in seguito ad eventi alluvionali e siccitosi, nonché presenza di fratture ed il diffuso processo di vulcanismo secondario, favoriscono la formazione e l'ampliamento delle cavità nel travertino con la formazione di specchi d'acqua anche di grande diametro ma con profondità contenute.

Un esempio di tale processo è stato costituito dal lago Tremoletto (non distante in linea d'aria da quello di Fontana Liri fortemente interessato da risalite solfuree), ormai prosciugato nella piana di Sora, la cui formazione è stata probabilmente favorita e innescata da un evento sismico ad elevata magnitudo (BARATTA, 1901; PINELLI, 1982; SANTORO, 1995; CASTENETTO & GALADINI, 1999; NISIO & SCAPOLA, 2010A).

Altre pianure del frusinate, invece, tra cui la piana di San Giorgio-Cassino-Caira, sono caratterizzate da sedimenti fluvio - lacustri e da assenza di travertino (fatta eccezione per Sant'Angelo in Teodice). La profondità del substrato, variabile da 50 m ad oltre 100 m, la composizione dei sedimenti di copertura, con caratteristiche di impermeabilità e dotata di una certa consistenza, nonché la morfologia delle cavità accompagnate da lineamenti strutturali importanti ed attivi, fanno ipotizzare processi più profondi, di erosione e rimozione di particellato fine dal basso attraverso condotti cilindrici (camini di collasso) che hanno sfruttato come vie di risalita e/o asporto faglie e fratture che attraversano le coperture alluvionali (*deep piping sinkhole*; NISIO, 2003; 2008,



NISIO & SCAPOLA, 2005; NISIO *et alii* 2007; CARAMANNA *et alii* 2008).

## BIBLIOGRAFIA

- BARATTA M. (1901) - *I terremoti d'Italia*. Arnaldo Forni Editore, 95 pp.
- BONANNI R. (1922) - *Monografie Storiche*. F.R.E.S.T., Fabbrica Registri e Stab. Tipografico, Isola del Liri 1926, pp. 214.
- BONI C., BONO P. & CAPELLI G. (1986) - *Schema idrogeologico dell'Italia centrale*. Mem. Soc. Geol. It., **35**, 991-1012, 2 tavv.
- BONI C.F. (1973) - *Lineamenti idrogeologici dell'Appennino carbonatico laziale-abruzzese (primi risultati della campagna 1970-1972)*. Atti 2° Conv. Int. Acque Sott., Palermo.
- CARAMADRE R. (1996) - *Contributo all'idrogeologia del bacino del fiume Rapido (Lazio Meridionale)*. Tesi di Laurea, Relatore prof. Piero Barazzuoli. Università degli Studi di Siena. A.A.
- CARAMANNA G., NISIO S. & VITA L. (2004) - *Fenomeni di annegamento dei sinkholes: casi di studio su alcuni laghetti di origine incerta*. Atti Conv. "Stato dell'arte sullo studio dei fenomeni di sinkholes e ruolo delle amministrazioni statali e locali nel governo del territorio Roma 20-21 maggio 2004", 229-248.
- CARAMANNA G., CIOTOLI G. & NISIO S. (2008) *A review of natural sinkhole phenomena in Italian plain areas*. Journal of Natural Hazard, **45**, 145- 172, DOI 10.1007/s, 11069-007-9165-7.
- CARBONE A. (1971) - *Giustiniano Nicolucci e la sua patria*. 410 pp. Isola del Liri, 1971. Ristampa 2009.
- CARRARA C. (1991) - *Travertine deposits of the middle Liri Valley (Central Italy): geomorphological, sedimentological and geochemical study*. Palaeoenvironmental and palaeoclimatic implications. Il Quaternario, n. **4** (1a), pp. 55-84.
- CAYRO (1808) - *Storia sacra e profana di Aquino e sua diocesi*. Vol. **I**, 90-91. Napoli. Rist. a cura Associazione Archeologica di Pontecorvo, 1981.
- CASTENETTO S. & GALADINI F. (1999) - *Il terremoto nella Marsica*. Monografie sui maggiori terremoti italiani, 2; Roma.
- CELICO P. (1976) - *Nuove vedute sulla struttura della piana di Cassino in base a recenti indagini idrogeologiche*. Boll. Soc. Nat. In Napoli, **85**, 1-16.
- CELICO P. & STANGANELLI V. (1976) - *Sulla struttura idrogeologica dei monti di Venafro (Italia meridionale)*. Boll. Soc. Natur. in Napoli, **85**, pp. 1-26, tav. II.
- CIOTOLI G., FINOIA M.G., LIPERI L., MELONI F., NISIO S., TONELLI V. & ZIZZARI P. (2015) - *Sinkhole susceptibility map of the Lazio Region, central Italy*. Journal of Maps **12-2**, 287-294, 1.
- CONSOLE F. & NISIO S. (2020) - *Il Lago di Leprignano o Lago Nuovo (Capena, Roma)* Mem. Descr. Carta Geol. d'Italia Vol. **106**, 61-68.
- DE MARCO G. (1888) - *Monte Cassino: Nei tre regni della natura*. 216 pp.
- DEL FOCO O. (1902) - *Cassino e le sue Acque*. Milano, 79 pp.
- DEVOTO G. (1965) - *Lacustrine Pleistocene in the lower Liri Valley*. Geol. Rom., IV, **6**, 291-368.
- DISSERTATIO I. (1800) - *Saeculum nonum a constructione coenobi cassinensis*. Cap VII, Pars VII.
- FERRELI L., GUERRIERI L., NISIO S., VITA L. & VITTORI E. (2004) - *Relations among seismogenic structures, earthquakes and sinkhole phenomena: a methodological approach in the Apennines (Italy)*. 32nd International Geological Congress. Firenze 20-28 Ago 2004. Vol. Abs, Part 1, 669.
- FREPOLI A. & AMATO A. (2000) - *Fault plane solution of crustal earthquakes in Southern Italy (1988-1995): seismotectonic implications*. Annali di Geofisica, vol. **43**, N. 3, June 2000.
- FREZZOTTI M., MOLIN D. & NARCISI B. (1988) - *Correlazione tra caratteri strutturali e sismicità storica dell'area di Roccamonfina*. Mem. Soc. Geol. It., **41**, 12 ff.
- GATTOLA E. (1733) - *Historia Abbatiae Cassinensis*. Pars Seconda, Venetiis, Coleti, Monte Cassino.
- GATTOLA E. (1734) - *Ad Historiam Abatiae Cassinensis Accessiones*. Venetiis, Coleti, **2**, 907 pp.
- GIUSTINIANI L. (1816) - *Dizionario Geografico Ragionato del Regno di Napoli Parte II De fiumi, laghi fonti*.
- GROSSI E. (1907) - *Aquinum ricerche di topografia e di storia*. Roma. **72**, 176.
- GUGLIEMELLI M. (1715) - *La Terra di S. Benedetto. nei disegni acquerellati di Marcello Guglielmelli (sec.XVIII)*. Vol. **4**. Riproduzione Banca Popolare cassinense. Cassino 1986.
- JANDOLO E. (1966) - *La Bonifica Benedettina*. Istituto della Enciclopedia Italiana, Fond. G. Treccani.
- LECCISOTTI T. & AVAGLIANO F. (1977) - *I Regesti dell'Archivio*. Vol. VI, Abbazia di Monte Cassino.
- MADONNA S. & NISIO S. (2020) - *Il lago di Turno scomparso nella provincia di Roma*. Mem. Descr. della Carta Geol. d'Italia Vol. **106**, 221-232.
- MADONNA S., NISIO S. & FENELLI M. (2020) - *Il Lacus Turni ed il Lacus Juturnae due laghi scomparsi della provincia di Roma* Mem. Descr. della Carta Geol. d'Italia. Vol **107**, 113-138.
- MANOSCRITTII BARBERIANI LATINI - *Relazione delli danni fatti dal terremoto seguito la notte delli 23 del cadente mese di giugno 1654*. Biblioteca Apostolica Vaticana, Manoscrittii Barberiani Latini, n.4336.
- MELONI F., NISIO S., LIPERI L., TONELLI V., ZIZZARI P. & CIOTOLI G. (2013) - *Carta dei sinkholes della Regione Lazio*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It. **93**.
- NARCISI B. (1986) - *Ricerche di tefracronologia nella media e bassa Valle Latina*. Mem. Soc. Geol. It., **35**, 909-912, 3 ff., 1 tab.
- NICOLUCCI G. (1842) - *Cenno topografico dei luoghi paludosi e miasmatici del regno di Napoli*.
- NISIO S. (2003) - *I fenomeni di sprofondamento: stato delle conoscenze ed alcuni esempi in Italia Centrale*. Il Quaternario, **16**(1), 121-132.
- NISIO S. (2008) - *I fenomeni naturali di sinkhole nelle aree di pianura italiane*. Mem. Descr. della Carta Geol. d'It. Vol. **85**; 475pp.
- NISIO S. (2014) - *I sinkholes tra storia, mito e leggenda*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It. **96**, 271-296
- NISIO S. (2014) - *Le ricerche storiche nello studio dei fenomeni di sprofondamento*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It. **96**, 261-270

- NISIO S., CARAMANNA G. & CIOTOLI G. (2007) - *Sinkholes hazard in Italy: first results on the inventory and analysis of some case studies*. In: PARISE & GUNN (eds) *Natural and Anthropogenic Hazards in Karst areas: Recognition, Analysis and Mitigation*. Geological Society, London, Special Publications, 279, 23-45.
- NISIO S. & SCAPOLA F. (2005) - *Individuazione di aree a rischio sinkhole: nuovi casi nel Lazio meridionale*. Il quaternario. Italian journal of Quaternary Sciences **18**(2) 223-239.
- NISIO S. & SCAPOLA F. (2010) - *I sinkholes nel Frusinate*. Atti 2° Workshop internazionale: I sinkholes. Gli sprofondamenti catastrofici nell'ambiente naturale ed in quello antropizzato. Roma 3-4 dicembre 2009. ISPRA, 329-348.
- NISIO S. & SCAPOLA F. (2010) - *Fontana Liri: i laghi-sorgente Solfatarata-Bucone indicatori di tettonica recente*. Atti 2° Workshop internazionale: I sinkholes. Gli sprofondamenti catastrofici nell'ambiente naturale ed in quello antropizzato. Roma 3-4 dicembre 2009. ISPRA, 607-622.
- NISIO S., CARAMANNA G. & CIOTOLI G. (2007) - *Sinkholes hazard in Italy: first results on the inventory and analysis of some case studies*. General Assembly of the European Geosciences Union (EGU), Vienna April 24-29; Geophysical Research Abs. Vol. 7, 03922, 2005.
- NISIO S., GRACIOTTI R. & VITA L. (2004) - *I fenomeni di sinkhole in Italia: terminologia, meccanismi genetici e problematiche aperte*. Atti Workshop APAT. "Stato dell'arte sullo studio dei fenomeni di sinkholes e ruolo delle amministrazioni statali e locali nel governo del territorio Roma 20-21 maggio 2004", 557-572.
- NISIO S. & SALVATI R. (2004) - *Fenomeni di sprofondamento catastrofico. Proposta di classificazione applicata alla casistica italiana*. Atti Workshop APAT "Stato dell'arte sullo studio dei fenomeni di sinkholes e ruolo delle amministrazioni statali e locali nel governo del territorio Roma 20-21 maggio 2004", 573-584.
- ODDONE G. (1915) - *Gli elementi fisici del grande terremoto marsicano-fucense del 13 gennaio 1915*. Boll. Soc. Sismol. Ital., **19**, 71-215.
- PANICCIA V. (1990) - *Il terremoto del '15; Sora nei giornali dell'epoca*. Sora 1990.
- PILLA L. (1837) - *Relazione dei tremuoti che afflissero la città di S. Germano ed il Monastero di Montecassino nella primavera dell'anno, 1837*. Manoscritto conservato presso l'Abb. Di Cassino.
- PINELLI V. (1982) - *Il terremoto del 13.01.1915*. Quaderni di ricerca su isola del Liri, **6**.
- SACCHETTI G.I. (1920) - *Storia Geologica di Montecassino (stato attuale delle conoscenze e ricerche personali)*. Stabilimento tipografico Emilio Di Mauro, Cava Dei Tirreni.
- SANTORO D. (1985) - *Notizie storiche sui grandi terremoti dell'alta Campania e specialmente della Valle cominese*. Ed. Centro Studi Sorani V. Patriarca, pp 52.
- SARAGOSA S. & SARAGOSA L. (1998) - *Caira, frazione di Cassino, dalle origini ad oggi*. Tipografia Francesco Ciolfi Cassino.
- VARRONE M.T. (1954) - *Marco Terenzio Varrone ed il Cassinate*. Roma.