



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

**SEGNALAZIONI DI EVENTI FRANOSI DEL PASSATO NELL'AREA DEL FOGLIO
ANTRODOCO
E IPOTESI DI CORRELAZIONE CON EVENTI SISMICI**

Dr. Giovanni Fiore

Tutor: Dr. Paolo M. Guarino

Data	Firma stagista	Firma Tutor	Firma Responsabile Servizio

**SEGNALAZIONI DI EVENTI FRANOSI DEL PASSATO NELL'AREA DEL
FOGLIO ANTRODOCO
E IPOTESI DI CORRELAZIONE CON EVENTI SISMICI**

PREFAZIONE

Il Dipartimento di Difesa del Suolo - Settore Geologia Applicata - dell'ISPRA ha in corso di svolgimento attività di ricerca, finalizzate allo studio e alla conoscenza dei fenomeni franosi dell'area al confine tra le province di Rieti e l'Aquila che ricade nel foglio 348 *Antrodoco*.

Tali ricerche si inquadrano, a loro volta, nella più ampia cornice di riferimento data dal Progetto CARG, che, avviato nel 1988, prevede la realizzazione della nuova cartografia geologica in scala 1: 50.000 dell'intero territorio nazionale e della cartografia geotematica, quest'ultima con l'obiettivo di fornire ulteriori informazioni, essenziali per la conoscenza delle condizioni generali di rischio e di vulnerabilità del territorio.

Lo studio dei fenomeni franosi, necessita a sua volta dell'analisi storica del territorio, per consentire una più corretta interpretazione dei processi morfodinamici; analisi che trova nel reperimento e nello studio di cronache e citazioni antiche elementi spesso estremamente preziosi per il riconoscimento di eventi avvenuti nel passato e per la corretta interpretazione di quelli del presente.

Le attività svolte nel corso dello *stage* - di cui la presente tesi costituisce il *report* conclusivo - si inquadrano nell'ambito delle attività sopra descritte; esse sono state pertanto mirate all'analisi della bibliografia esistente e alla ricerca di ulteriori fonti bibliografiche contenenti riferimenti, descrizioni o altro di frane, dissesti, e/o eventi alluvionali.

Sono state in tal modo acquisite ulteriori segnalazioni di eventi franosi, che integrano il quadro conoscitivo esistente, consentendo di compiere un passo in avanti nel cammino della ricerca.

INDICE

PREFAZIONE

1. INTRODUZIONE

2. METODOLOGIA

3. INQUADRAMENTO DELLA TEMATICA

3.1 Gli effetti del terremoto sul territorio

3.2 La scala ESI

3.3 Le faglie capaci

3.4 Il catalogo dei terremoti italiani

4. L'AREA DI STUDIO

5. RISULTATI DELLA RICERCA

6. CONCLUSIONI

7. BIBLIOGRAFIA

ALLEGATO – CARTA DELLE FRANE CENSITE ALLA SCALA 1:100.000

INTRODUZIONE

I terremoti costituiscono da sempre uno dei fenomeni naturali che, al tempo stesso, maggiormente affascinano e sgomentano l'uomo.

Sin dall'Antichità numerosi sono i riferimenti ai terremoti negli scritti, così come i tentativi di dare una spiegazione alla loro origine. Tra i tanti, basti citare Platone (427 a.c.) che nel suo "Timeo" parla di un continente (Atlantide) disgregato da terremoti e inondazioni che si trovava al di là delle Colonne d'Ercole, e Aristotele, che discetta sull'argomento dei terremoti nell'opera "Meteorologica".

Il terremoto, lo dice la parola stessa, è un movimento della Terra, chiamato anche sisma, dal greco "scossa". La Terra è un pianeta "vivo", che si muove continuamente a causa della sua dinamica endogena e dei processi tettonici. I movimenti avvengono in modo continuo e impercettibile, tuttavia, a volte, a causa della resistenza offerta dalle rocce, le spinte e le deformazioni tettoniche si accumulano progressivamente.

Al superamento della resistenza delle rocce, si verificano rapidamente la rottura e il movimento lungo la superficie di frattura, con un improvviso rilascio di energia, che si propaga poi all'interno della Terra, producendo una serie di oscillazioni, le onde sismiche, fino a raggiungere la superficie: è proprio qui che l'uomo percepisce gli effetti, spesso distruttivi, talora catastrofici, dei terremoti.

Spesso i terremoti possono avere un elevatissimo potere distruttivo, da una parte per gli effetti diretti delle vibrazioni, dall'altra parte perché quelle possono provocare numerosi effetti indiretti, a volte di entità anche superiore ai danni provocati direttamente dalle scosse.

Gli effetti diretti sono collegati alla deformazione del suolo in corrispondenza della faglia il cui movimento ha generato l'evento sismico. Tali effetti sono generalmente concentrati nell'area interessata dalla rottura. La maggior parte dei danni correlati ai terremoti risulta dagli effetti secondari, quelli cioè che non sono direttamente legati al movimento della faglia ma risultano dalla propagazione delle onde sismiche a partire dalla zona di rottura. Gli effetti secondari risultanti dal passaggio temporaneo delle onde sismiche possono interessare aree anche molto vaste, tali effetti includono: scuotimento, frane, liquefazioni, subsidenza, fessurazioni.

Terremoti molto forti possono indurre modificazioni del paesaggio anche catastrofiche, innescando frane, aprendo crepe nel terreno, deviando corsi d'acqua e provocando per questo alluvioni, talvolta in concomitanza di eruzioni vulcaniche.

Da molti decenni la Comunità Scientifica internazionale cerca di approfondire la conoscenza del nesso che lega gli eventi sismici e eventi apparentemente da essi slegati, fornendo in tal senso spiegazioni a eventi di difficile interpretazione, in particolare ponendo particolare attenzione a tutti quegli effetti che hanno avuto un impatto rilevante su insediamenti antropici e non solo.

Tra le categorie di effetti indotti dal rilascio di energia sismica, quella delle frane appare una delle più significative in termini di pericolosità e, di conseguenza, di rischio connesso con la presenza di elementi esposti ed il loro grado di vulnerabilità. Pertanto, qualunque approccio completo, volto alla valutazione della pericolosità sismica di una determinata area, deve necessariamente comprendere la componente pericolosità associata con l'innescare o la riattivazione di frane sismoindotte. Al contempo, corpi di frana preesistenti alla scossa sismica, pur non giungendo a condizioni di rottura s.s. possono essere a loro volta elementi capaci di indurre significativa amplificazione delle onde sismiche e, quindi, modificare lo scuotimento sismico in modo tale da provocare danni all'ambiente costruito. Nel presente lavoro, vengono esposti i risultati di una ricerca che ha avuto come obiettivo l'acquisizione di dati relativi a fenomeni franosi ed eventi sismici del passato, nel tentativo di verificare l'esistenza di una correlazione tra frane e terremoti verificatesi nell'area di studio in tempi storici.

METODOLOGIE

Il presente studio è stato svolto nella “cornice” più ampia delle attività in corso di svolgimento da parte del Dipartimento di Difesa del Suolo dell’ISPRA, settore Geologia Applicata, che hanno come oggetto il foglio 348 Antronico della Carta Geologica d’Italia in scala 1:50000.

La ricerca è stata indirizzata, in primo luogo, all’acquisizione di dati relativi a eventi franosi del passato in un’area corrispondente a quella del foglio 348.

È stata pertanto consultata la bibliografia di carattere geologico relativa all’area, nonché le principali banche dati esistenti: IFFI, Autorità di Bacino e Progetto AVI. In questi casi, tuttavia, i dati esistenti fanno riferimento a eventi recenti e/o attuali, o, al più, come accade nel Progetto AVI, a eventi verificatisi a partire dalla prima decade del ‘900.

Allo scopo di acquisire informazioni relative a eventi più antichi è stata svolta una ricerca a carattere archivistico, presso le principali biblioteche di Roma:

- Biblioteca Nazionale Centrale Vittorio Emanuele II
- Biblioteca Casanatese
- Biblioteca della Società Geografica Italiana
- Biblioteca dell’Accademia nazionale dei Lincei e Corsiniana
- Biblioteca APAT (ora ISPRA)
- Biblioteca della fondazione Marco Besso
- Biblioteca dell’Archivio di Stato

Nel corso di questa fase di acquisizione sono stati consultati essenzialmente lavori di carattere storico, aneddottistico, cercando di estrapolare dati necessari per la ricostruzione e l’ubicazione dei fenomeni franosi.

Al termine di questa fase di lavoro, le segnalazioni acquisite sono state riportate su una base cartografica in scala 1: 100.000.

Contemporaneamente, al fine di formulare ipotesi di correlazione di eventi franosi e terremoti è stato effettuato uno studio del “Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani” (CPTI04) selezionando i terremoti con epicentro nell’area di studio, segnatamente quelli ricadenti nella “zonazione sismogenetica ZS9” (fig.1), in particolare in quattro zone: 918, 919, 920 e 923.

Nella tabella 1 sono stati riportati tutti i terremoti considerati, indicando con il colore giallo i terremoti con epicentro a oltre 30 km dai limiti del foglio 348, arancione quelli con epicentro a max 30 km dai limiti del foglio e rosa i terremoti all'interno del foglio 348.

1315	Italia centrale	6.00
1328	NORCIA	6.44
1349	Aquilano	6.46
1461	AQUILANO	6.46
1502	RIETI	5.17
1599	CASCIA	5.82
1627	ACCUMOLI	5.37
1639	AMATRICE	6.26
1654	Sorano-Marsica	6.17
1702	NORCIA	5.17
1703	Appennino reatino	6.81
1703	Aquilano	6.65
1706	Maiella	6.60
1716	CASCIA	5.17
1719	ALTA VALNERINA	5.32
1730	NORCIA	5.85
1750	L'AQUILA	5.03
1760	M.TERMINILLO	5.17
1762	Aquilano	5.90
1776	REATINO	5.03
1785	PIEDILUCO	5.48
1786	L'AQUILA	5.18
1791	L'AQUILA	5.37
1792	FERENTILLO	5.17
1809	L'AQUILA	4.83
1821	RIETI	5.17
1838	VALNERINA	5.63
1859	NORCIA	5.70
1873	Marche meridionali	5.88
1878	CASCIA	4.83
1882	CASCIA	5.03
1883	ACCUMOLI	5.15
1893	MONTEREALE	5.40
1895	CASCIA	4.83
1898	RIETI	5.48
1902	REATINO	4.83
1904	MAGLIANO DEI MARSI	6.90
1906	ANTRODOCO	4.83
1906	MONTEREALE	4.83
1908	L'AQUILA	4.83
1910	ACCUMOLI	5.17
1910	LEONESSA	4.83

1911	L'AQUILA	4.83
1911	L'AQUILA	4.83
1915	AVEZZANO	6.99
1915	CASCIA	4.83
1916	AQUILANO	5.18
1916	CITTAREALE	5.48
1923	BORGOCOLLE	4.83
1930	CASCIA	4.83
1931	CASCIA	4.83
1938	M.GIANO	5.01
1950	ACCUMOLI	5.17
1950	GRAN SASSO	5.73
1951	MONTI DELLA LAGA	5.28
1958	AQUILANO	5.17
1960	CITTAREALE	4.83
1961	ANTRODOCO	5.13
1963	AMATRICE	4.85
1963	RIETI	5.17
1979	Valnerina	5.90
1984	Appennino abruzzese	5.93

Tab. 1 – Elenco di tutti i terremoti filtrati secondo la zonazione ZS9 dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI04, con la relativa magnitudo epicentrale nell'ultima colonna a destra.

Nell'ultima fase dello studio sono stati svolti i seguenti approfondimenti: per quanto riguarda gli eventi franosi di cui si disponeva di una datazione sufficientemente accurata è stato verificato il possibile nesso di casualità legato a eventi sismici.

Per i terremoti di cui si disponeva un'ubicazione sufficientemente accurata è stata accertata l'attuale configurazione del paesaggio.

INQUADRAMENTO DELLA TEMATICA

GLI EFFETTI DEI TERREMOTI SUL TERRITORIO

I terremoti producono nel territorio effetti che possono essere classificati in effetti primari e effetti secondari.

Gli effetti primari comprendono essenzialmente le superfici di rottura che si aprono sulla superficie topografica, in prossimità delle aree epicentrali. Generalmente si tratta di superfici con un rigetto verticale modesto, ma in taluni casi, possono avere origine scarpate dello sviluppo verticale di molti metri e dello sviluppo lineare di decine di chilometri.



Fig. 2 – Terremoto del 3 gennaio 1911, Chon Kemin, Kirgizstan ($M_s=8.2$). Un rigetto di oltre 10 metri generato da un singolo evento sismico da: GUERRIERI L. & VITTORI E. (Eds.) 2007 – *Intensity Scale ESI* 2007.

Gli effetti secondari comprendono una vasta gamma di fenomeni che possono essere classificati in:

- anomalie idrogeologiche, relative sia alle acque superficiali (variazioni di portata e torbidità delle acque dei fiumi), che alle acque sotterranee (variazioni di portata delle sorgenti o delle caratteristiche fisico-chimiche delle acque);
- onde anomale e tsunami;

- crepe;
- movimenti di pendio;
- liquefazione dei terreni;
- nubi di polvere;
- rotolamento di pietre.



Fig. 3 – Terremoto del 12 Aprile 1998 Bovec, Slovenia ($M_d=5.6$). Due frane di crollo si sono riattivate lungo il versante di Monte Cucla da: GUERRIERI L. & VITTORI E. (Eds.) 2007 – *Intensity Scale ESI 2007*.



Fig. 4 – Tsunami del 26 Dicembre 2004 a Sumatra, Indonesia da: <http://nctr.pmel.noaa.gov.data> , 31/7/2008.

Proprio a partire dalla analisi e dallo studio degli effetti sul territorio provocati da un sisma, dagli anni '90 è stata proposta una scala di misurazione dell'intensità dei terremoti denominata Environmental Seismic Intensity Scale.

LA SCALA ESI

L'Environmental Seismic Intensity scale (ESI 2007) è una scala di intensità dei terremoti basata esclusivamente sulla valutazione degli effetti ambientali. Tra questi, quelli considerati diagnostici per la valutazione dell'intensità sono la fagliazione superficiale e i sollevamenti o abbassamenti tettonici (effetti primari), i fenomeni franosi, le fratture, le liquefazioni, gli tsunami, le variazioni idrologiche (effetti secondari). La scala ESI è strutturata come le altre scale a XII gradi, quali le scale MCS, MM, MSK e EMS.

Già dagli anni '90 questo tipo di scala di intensità veniva proposta all'interno della comunità scientifica per essere successivamente accolta e sviluppata in ambito internazionale, dall'INQUA (International Union for Quaternary Research), da un Gruppo di Lavoro costituito da geologi, sismologi e ingegneri. Nel 1999 ne veniva redatta una prima versione, più volte aggiornata negli anni successivi.

La versione ESI 2007 è il risultato della revisione delle precedenti sulla scorta delle informazioni ottenute attraverso l'applicazione della scala a un gran numero di terremoti in tutto il mondo. In particolare la scala è stata elaborata grazie alla revisione critica dei dati di un elevato numero di terremoti avvenuti in Asia (tra cui quello, catastrofico, di Sumatra del 2004), America meridionale e settentrionale, Medioriente, ed Europa (di cui 150 avvenuti in Italia).

Per livelli di intensità inferiori a IX, lo scopo principale di questa nuova scala è quello di considerare gli effetti ambientali alla stregua degli indicatori di danneggiamento. In questo intervallo di intensità, la scala ESI 2007 deve essere utilizzata insieme alle altre scale d'intensità. Tra il X e il XII grado, la distribuzione e le dimensioni degli effetti tettonici primari costituiscono l'indicatore maggiormente diagnostico per la valutazione dell'intensità.

La ESI 2007 può integrare le scale tradizionali come la Mercalli Cancani Sieberg–MCS, che si basano essenzialmente sui danni agli edifici, sostituendole per i gradi superiori al X, quando la maggior parte delle costruzioni risultano distrutte o quando i sismi si verificano in aree per nulla o poco abitate, e dunque gli indicatori degli effetti sull’ambiente sono gli unici disponibili.

LE FAGLIE CAPACI

Le *faglie capaci* sono faglie in superficie che si attivano in occasione di un evento sismico e sono in grado di produrre deformazioni permanenti nei terreni. In altre parole con tale termine viene indicato un segmento di faglia per il quale si ritiene possibile un’attivazione co-sismica (cioè, nel corso di un sisma) con relativa dislocazione del terreno. Queste strutture vanno considerate come l’espressione superficiale della struttura sismogenetica profonda. Le faglie capaci costituiscono un elemento essenziale per il riconoscimento e la classificazione delle faglie sismogenetiche principali. In termini di pericolosità, il potenziale sismogenetico maggiore è associato proprio a queste strutture primarie con chiara espressione superficiale. L’analisi di sismicità storica ha evidenziato come nel corso di un terremoto possa verificarsi l’attivazione (o la riattivazione) di uno o più segmenti di faglia. È nata quindi nel tempo la necessità di costituire una banca dati che permettesse la raccolta di tutto il materiale disponibile sulle faglie attive, derivante dai dati geologici di superficie.

L’APAT (oggi ISPRA) ha realizzato un database denominato ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faults) creato per la raccolta e la facile consultazione di tutte le informazioni disponibili riguardo le strutture tettoniche attive in Italia, con particolare attenzione ai processi tettonici che potrebbero generare rischi naturali. Il progetto si occupa in modo particolare delle faglie capaci, definite come faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie.

Le interrelazioni con i vari progetti hanno fatto sì che si procedesse a cartografare solamente le faglie attive *primarie*, ovvero le strutture principali per lunghezza, entità dei rigetti, ruolo nel condizionamento dell’evoluzione geologica recente (Pleistocene superiore – Olocene). È stata quindi definita una legenda indicando con il colore rosso le espressioni

superficiali di faglie con chiare evidenze geologiche e geomorfologiche di attività nel corso del Pleistocene superiore-Olocene.

Con il colore celeste sono invece riportate le faglie per le quali è nota l'attività nel corso del Pleistocene. Tuttavia, la cronologia non è ulteriormente precisabile e non sono disponibili dati di superficie sull'attivazione delle faglie nel corso del Pleistocene superiore-Olocene.

Con il colore giallo sono riportate faglie sulla cui attività recente non c'è omogeneità di vedute tra i ricercatori.

Con il colore rosa è infine rappresentata un'ampia categoria di strutture fragili comprendente tutto ciò che è di dubbia interpretazione, in termini cinematici, geometrici o addirittura in rapporto all'origine (tettonica o gravitativa) degli elementi osservati.

Questa sorta di sintesi cartografica è stata realizzata su tutto il territorio nazionale.

L'immagine (fig. 5) seguente mostra le strutture principali sismogenetiche dell'Appennino centrale, ritenute attive.

L'Appennino centrale è il settore dell'Italia peninsulare per il quale è disponibile la maggior quantità di conoscenze su aspetti inerenti la tettonica attiva.

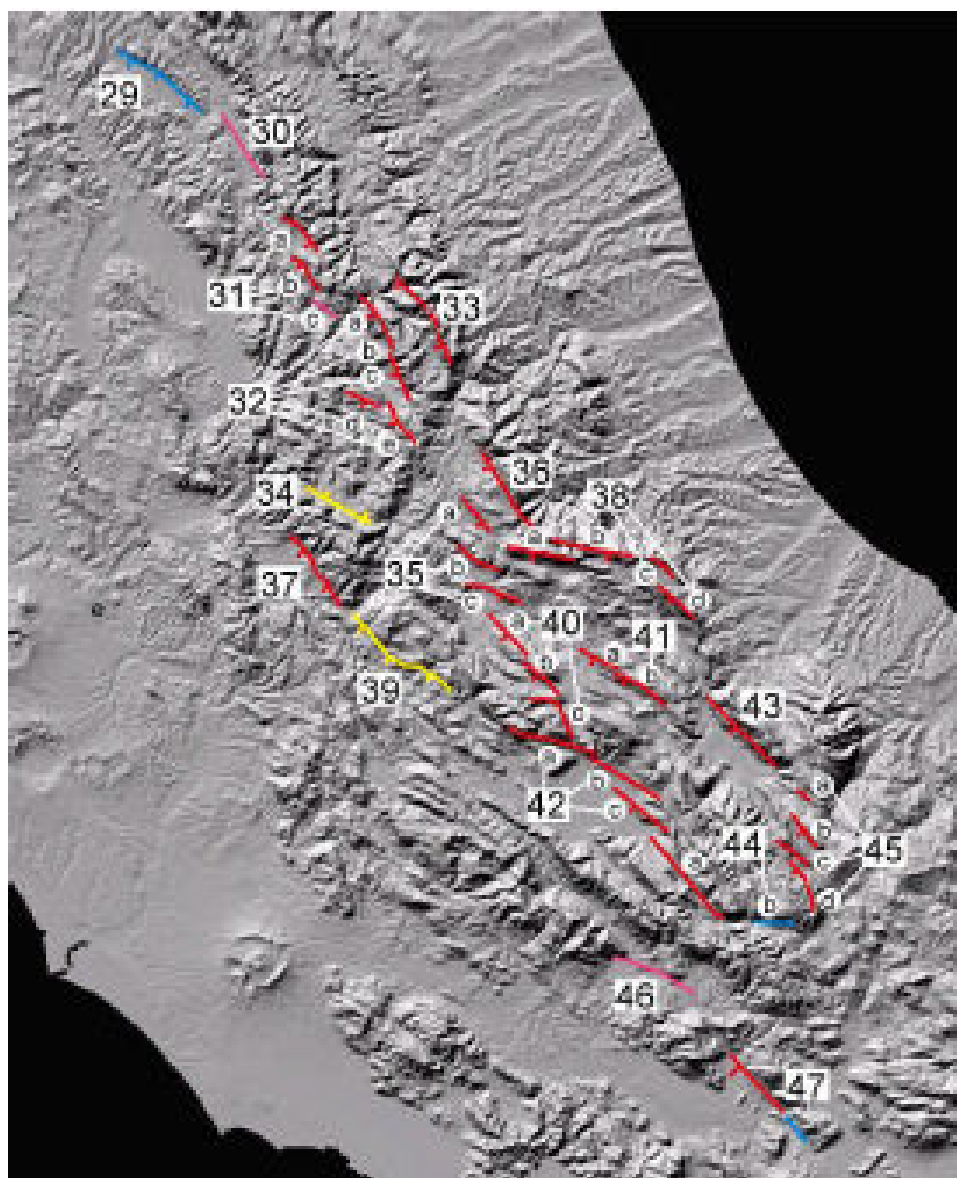


Fig. 5– Carta delle faglie attive dell’Appennino centrale da: Galadini F., Meletti C., Vittori E., 2000, *Stato delle conoscenze sulle faglie attive in Italia: elementi geologici di superficie*.

Dati non conclusivi riguardano le faglie che ricadono nella nostra area di interesse, ovvero quelle di Leonessa (34) e della Valle del Salto (39), per le quali alcuni ricercatori sostengono un'ipotesi di attività nel Pleistocene superiore-Olocene mentre altri ipotizzano che tale attività debba riferirsi ad un intervallo ampio del Quaternario precedente al Pleistocene superiore. Questa divergenza di vedute ha portato a rappresentare queste faglie con il colore giallo.

IL CATALOGO DEI TERREMOTI ITALIANI

La ricerca dei grandi terremoti che hanno interessato l'area del Foglio 348 è stata condotta attraverso l'analisi del "Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani".

Il Catalogo, denominato CPTI04, è la versione aggiornata e revisionata del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI99, fermo al 1992 e parzialmente lacunoso nella finestra temporale post-1980, aggiornato in conseguenza delle disposizioni dell'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Il catalogo così aggiornato ed esteso a tutto il 2002 offre una stima il più possibile omogenea della magnitudo momento M_w e della magnitudo calcolata sulle onde superficiali M_s .

L'AREA DI STUDIO

L'area di studio corrisponde all'area del foglio 348 "Antrodoto" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 ed alla porzione meridionale del confinante foglio 337 "Norcia".

Dal punto di vista geologico, il foglio 348 viene suddiviso in letteratura in quattro zone (Capotorti F., D'Ambrogi C., Di Stefano R., Pantaloni M.: Guida alla geologia del Foglio 348 Antrodoto), caratterizzate da successioni sedimentarie triassico-neogeniche differenti, tre delle quali separate fra loro da importanti motivi tettonici. All'interno di queste zone sono presenti alcune aree minori sub-pianeggianti occupate da sedimenti continentali quaternari. Di seguito si riporta una sintesi di quanto descritto da Capotorti F., D'Ambrogi C., Di Stefano R., Pantaloni M., in "Guida alla geologia del Foglio 348 Antrodoto".

L'area occidentale è formata da crinali ad andamento meridiano con morfologie molto accentuate e quote che arrivano oltre i 2000 m. È caratterizzata da una successione inizialmente di piattaforma e quindi di scarpata che comprende tutti i termini noti dal Calcare Massiccio del Lias sino alle Marne con Cerroga del Miocene.

La prima formazione è di ambiente di piattaforma neritica, le successive sono di scarpata-bacino più o meno proximale caratterizzate da notevoli apporti detritici che spesso nascondono i tipici attributi riconosciuti per queste formazioni. Questa successione è al suo interno frammentata da una serie di faglie generalmente di tipo diretto e si accavalla *in toto* sull'area centro meridionale e sull'area nord-orientale del foglio 348 lungo una fascia ad andamento di circa 20° N che passa da Micigliano e Posta fino a Cittareale (poco a N del limite del foglio). In questa fascia si riconoscono almeno due *thrust* principali subparalleli, il più esterno dei quali è parte della nota linea Olevano-Antrodoto-M. ti Sibillini. Proprio in questo tratto si assiste, lungo di essa, al passaggio fra un contatto tettonico da area di scarpata-bacino ad area di piattaforma-margine (area orientale e area centro meridionale) ad uno fra aree omogenee (area orientale su area centro-orientale e su area nord-orientale). Il paese di Sigillo, lungo la Valle del Velino, segna all'incirca il limite lungo la linea fra questi due contatti.

L'area centro meridionale è formata da crinali ad andamento appenninico, con un notevole rigetto morfologico lungo il bordo meridionale ed occidentale e più blandi dislivelli verso N-NE e all'interno del blocco stesso. Le quote massime arrivano ai 1800 m.

In questa zona recentemente sono state distinte due unità tettoniche sovrapposte (Capotorti F., Fumanti F., Mariotti G., 1996), di cui la superiore, che occupa gran parte dell'area (massicci dei M. Giano-M. Calvo- M. Cagno-M. Gabbia) farebbe parte integrante della piattaforma laziale-abruzzese; la inferiore, affiorante nella parte settentrionale delle gole del Velino, a N dell'accavallamento del M. Cagno-M. Gabbia e sui rilievi del M. Rua farebbe parte dell'unità di transizione al bacino del Gran Sasso-Cittareale (come le aree centro-orientale e nord-orientale). È ancora dubbio però se nell'area si possano effettivamente considerare affioranti due unità strutturali nettamente separate tra loro. I maggiori di questi dubbi riguardano le unità affioranti lungo le gole del Velino, che sono di ambiente sicuramente più distale rispetto a quelle appena ad E ma di cui potrebbero rappresentare la naturale transizione da una piattaforma-margine ad una scarpata senza l'interposizione di importanti raccorciamenti tettonici.

L'area è caratterizzata, nella sua unità superiore, da una successione piuttosto varia e a luoghi di termini sedimentari riferibili a vari ambienti, dall'intertidale al marginale, entro un sistema di piattaforma carbonatica, comprese le sue porzioni più esterne, riferibili ad uno *slope*. La piattaforma evolve, a partire dal Cretacico superiore, a termini di gradino ribassato-scarpata per l'azione di sprofondamenti tettonici. Le eteropie di facies che ne derivano, considerato anche l'ampio periodo a cui sono riferite (dal Triassico superiore al Paleogene) consigliano un'ulteriore suddivisione in settori separati. Indicativamente, le formazioni più antiche affiorano nella parte a SW dell'area e le più giovani a N-NE, a causa sia della morfologia che di una generale pendenza degli strati verso i quadranti settentrionali. Una successione piuttosto continua dei termini di piattaforma-margine-rampa proximale dal Triassico superiore al Cretacico superiore è esposta lungo la parete SW del M.te Giano a partire dal paese di Antrodoco. Lungo le gole del Velino è esposta pure questa successione temporale anche se, come prima accennato, è caratterizzata da termini più spostati verso la scarpata e potrebbe far parte di una unità tettonica sottostante. Lungo tutto il margine settentrionale dell'area è invece esposta la parte superiore della successione, caratterizzata da termini di gradino-ribassato scarpata del Cretacico superiore-Miocene. Il blocco centrale dell'area è occupato dal grosso della successione di piattaforma, dal Giurassico superiore al Cretacico superiore.

L'unità inferiore è invece formata da termini di scarpata-bacino. Nella zona del M. Rua, separata dalla precedente da un sovrascorrimento, affiora una successione che comprende i termini (detritici) dalla Maiolica al Cerroghna.

Il blocco di questa area è delimitato verso N e E da un accavallamento a forma di arco, a direzione circa E-W fra M. Cagno e M. Gabbia, che gira in direzione circa N-S fra Giugni e M. Calvo. Questa linea pone a contatto le formazioni della piattaforma e di gradino ribassato a tetto con quelle di scarpata-bacino delle aree nord-orientale e centro-orientale e del M. Rua di questa area al letto. L'accavallamento è netto e ben visibile in campagna in prossimità dello spigolo nord-orientale dell'arco, mentre sembra sfumare sia spostandosi verso W che verso S. Questa differenza potrebbe essere legata al tipo di meccanismo tettonico (fault-propagation-folding) che lascerebbe il *thrust* cieco lungo i tratti periferici. A SW l'area è invece delimitata dalla grossa faglia diretta di Antrodoco, ad andamento appenninico, che pone a contatto i termini più bassi della successione di piattaforma con il flysch basso-messiniano, affiorante in una limitata zona a forma triangolare che si interpone fra l'area orientale e quest'ultima.

L'area centro-orientale è caratterizzata da una lunga dorsale sviluppata in direzione appenninica, con quote massime sui 1500 m, che è la parte più occidentale della catena del Gran Sasso-M. S. Franco. La successione che la caratterizza è inizialmente di piattaforma (Calcare Massiccio) e quindi di scarpata, simile a quella dell'area orientale, anche se in questa zona non sembrano essersi sviluppati i termini che vanno dalla corniola ai diaspri. L'area è delimitata a SW dalla grossa faglia diretta di Pizzoli, a direzione appenninica, che da vita alla depressione di Cagnano; quest'ultima separa questa area dall'area centro-meridionale. La generale pendenza verso N della stratificazione in quest'area fa sì che, spostandosi in questa direzione, la successione affiorante passi dai termini carbonatici più antichi a quelli terrigeni del Miocene superiore che caratterizzano tutta l'area nord-orientale.

L'area nord-orientale è caratterizzata da dorsali circa appenniniche con quote che arrivano ai 1600 m. L'area si può considerare la diretta prosecuzione della precedente in quanto in essa affiorano i termini terrigeni tortoniano-messiniani (parte alta del Cerrognà, Marne a Pteropodi e flysch della Laga) che rappresentano l'evoluzione ad avana fossa della successione di scarpata-bacino prima descritta. Gran parte dell'area è occupata dalla potente successione del flysch della Laga pre-evaporitico, di età Messiniano inferiore (di seguito descritto). Il contatto con l'area orientale avviene attraverso la linea Posta-Cittareale-M. ti Sibillini, con l'area centro meridionale attraverso il sovrascorrimento del M. Cagno-M. Gabbia.

RISULTATI

Come descritto in precedenza, le ricerche sono state finalizzate all'acquisizione e al riordino di dati e informazioni relativi a eventi franosi del passato, nell'intento di elaborare una sorta di "bozza" di inventario di fenomeni franosi antichi, generalmente citati dagli Autori del passato, ma non riportati nelle principali banche di dati esistenti (IFFI e AVI). La fonte di dati più ricca e interessante è costituita senz'altro dal lavoro di R. Almagià - Studi geografici sulle frane in Italia in: Mem. Soc. Geog. It., XIV, vol. II, ben noto agli specialisti, di cui in fig. 7 viene riportato uno stralcio della Carta della distribuzione delle principali aree franose nell'Appennino Centrale e Meridionale, in scala 1:500.000; ad esso si vanno ad aggiungere i lavori recuperati nel corso del presente studio.

Per quanto riguarda i fenomeni individuati, in alcuni casi è stata reperita una collocazione e delimitazione dell'evento sufficientemente dettagliata da poterne consentire l'ubicazione su carta. In allegato, viene riportata una Carta della ubicazione dei fenomeni censiti alla scala 1:100.000.

Di seguito viene riportata la descrizione dei fenomeni in ordine cronologico; la descrizione è tratta dalla fonte, indicata in parentesi¹. Alcune frane non sono state menzionate in quanto la data e/o la loro ubicazione non erano noti.

- XII secolo: una grande frana distrugge il villaggio di Firenzuola presso Accumoli nell'alta valle del Tronto. Il villaggio fu sotterrato da una frana, di cui all'inizio del '900 si poteva notare la nicchia di distacco. Tale frana si originò dallo scioglimento dei ghiacci. Due cause concomitanti sono ritenute attivatrici della frana: il suolo marnoso e le piogge abbondanti (Roberto Almagià);
- 1477: una grossa frana danneggia il villaggio di Tufo presso Accumoli nell'alta valle del Tronto. La frana cominciò a distaccarsi la notte del 14 Aprile, è di grosse dimensioni ma superficiale. Seppellì sette case ed il cammino di tale frana fu molto lento: durò 3 gg. Anche in questo caso, è probabile che l'acqua originatasi dallo scioglimento delle nevi si fece strada in alcune fenditure presenti nella montagna presso Tufo, originando in tal modo il distacco della frana. Lo scioglimento delle nevi fu provocato dalle copiose piogge a partire da Marzo. Ci furono danni alle colture di viti ai piedi di tale montagna (Roberto Almagià).

Un'altra frana si verificò nello stesso periodo presso Mazzancolli, un paese che si trova tra S. Paolo e Poggio d'Alpi. È una frana circoscritta ma molto profonda. Si

- frana lungo il fiume Velino presso Posta che si verificò la prima volta nel 1820-1821 e si rinnovò in seguito a forti piogge, ha ostruito ripetutamente il corso del fiume (Roberto Almagià);
- 1836: l'erosione del Velino in piena origina una frana di distacco, ad est dell'abitato di Pendenza, che ostruisce il corso del fiume e inonda completamente tutta la Piana di San Vittorino. La frana è talmente enorme che le fu dato persino un nome nelle piante designate per l'occasione: "Borrone Superiore". La pianura fu ridotta ad una enorme palude fangosa, dove le acque continuarono a depositare materiale d'ogni sorta, senza alcuna possibilità di controllo.

. La frana di Borrone Superiore è avvenuta probabilmente su una faglia impostata sulle formazioni calcaree affioranti a sud della Piana di San Vittorino. Si tratta quindi di una frana di origine complessa, che ha coinvolto per crollo anche una grande massa di detriti formatisi sul versante a seguito del movimento della faglia stessa nel tempo (Bersani P. et alii).

- estate 1845: si verifica una grossa frana sul ripido fianco orientale del monte Corno (Roberto Almagià);
- 1862 piena del Velino: nella notte tra il 4 e il 5 settembre il fiume innalza gli argini di 5 metri e assieme ad una frana ad Antrodoco distrusse una chiesa, un convento, 29 case e causò la morte di 39 persone (Giulio Mosca);
- giugno 1883: frana presso Isola del Gran Sasso (Roberto Almagià);
- 14 aprile 1886: una grande frana seppellisce delle case presso Accumoli nell'alta valle del Tronto (Roberto Almagià);
- febbraio 1888: scosce una frana presso Cittaducale danneggiando la linea ferroviaria, diede ulteriori segni di movimento nel 1903 (Roberto Almagià);
- luglio 1904: si rinnovano e si accentuano parecchie frane, lungo il fosso della Toppa, a Piano Casale, a Colle Torto, a Colle Cagnaletti, in territorio di Borbona, sul Colle della Croce lungo il fiume Ratto; il 10 luglio una di queste frane interruppe per breve tempo la provinciale Borbona-Posta; il 15 luglio scosce un'antica frana lungo il Velino presso Posta, sbarrando il fiume, l'intervento dei fenomeni sismici può ritenersi possibile (Roberto Almagià).



Fig. 7 – Frane principali relative al foglio 348 ubicate da Roberto Almagià, da: *Distribuzione delle principali aree franose nell'Appennino Centrale e Meridionale*, scala 1:500.000, Roma.

Oltre a eventi franosi vengono segnalati da alcuni autori altri eventi particolari:

- a seguito del terremoto del 1703 che si verificò presso l'aquilano si aprirono delle voragini a Sigillo, Arischia e Pizzoli; la montagna detta "Alvagnano" presso Civita di Cascia si è spaccata per circa un miglio e mezzo, il monte Corno si spacca e fuoriescono esalazioni solfuree, "si osservano vestigia di voragini" come fa osservare l'autore Pietro De Carolis²;

² DE CAROLIS P., 1703, Relazione generale delle ruine, e mortalità cagionate dalle scosse del terremoto de' 14 gennaio, e 2 febbraio 1703 in Norcia, e Cascia, e loro contadi, compresi li castelli delle Rocchette, e Ponte, giurisdizione di Spoleto, Roma.

- durante il sisma del 1785 con epicentro a Piediluco, si verificarono delle esalazioni solfuree dal lago Velino e dal fiume, si aprì una grossa voragine lunga circa 500 m lungo le sponde del lago e varie spaccature, lungo la strada che conduceva a Piediluco lunga circa 250 m, un'altra partiva dalle sponde del lago e arrivava fino all'area di Marino lunga circa 750 m. La terra si era spaccata lungo le rive del Velino presso una tenuta chiamata "Canale", da tali aperture fuoriusciva sabbia e odore di zolfo, le aperture si chiusero dopo le emissioni. Si aprì una voragine nei pressi del lago, nell'ultima fessura apertasi seguì un forte boato, il lago “bolliva” e furono trovati sulle rive del lago pesci morti, secondo ciò che scrive l’abate Filippo Luigi Gili³.

³ GILII F., 1786, Dissertazione fisico storica su i terremoti di Piediluco accaduti nell’ottobre del 1785, pp. 25-56, Roma.

CONCLUSIONI

Il lavoro di ricerca di nuove segnalazioni di eventi franosi del passato, e di ri-lettura e analisi delle fonti già conosciute ha consentito l'elaborazione di una carta inventario dei fenomeni franosi antichi del F. 348. L'80% delle frane interessano formazioni marnoso-argillose ed il 20% delle frane interessa formazioni calcareo-dolomitiche.

In generale, si osserva che i processi erosivi hanno obliterato le tracce degli eventi.

I fenomeni individuati sono poco numerosi: questa circostanza va sicuramente imputata sia alla scarsità delle informazioni tramandateci dagli scrittori che alle difficoltà pratiche che tale tipo di ricerca incontra.

In alcuni casi i risultati sono stati inferiori alle aspettative, come per la frana della località Villa Camponeschi nel comune di Borbona (Rieti). Infatti, il verificarsi di un evento franoso di rilevanti dimensioni viene richiamato nella storia di quei luoghi, e posto temporalmente intorno al 1200, e, in effetti, l'abitato attuale di Villa Camponeschi si sviluppa su un esteso corpo di frana, di cui risulta agevole definire il coronamento della zona di distacco. Ebbene, nonostante le ricerche svolte, non è stata acquisita alcuna citazione o riferimento, nelle cronache reperite, come se la frana (o una eventuale riattivazione della stessa) non si fosse verificata in età storica.

Un altro spunto interessante scaturito dalla ricerca svolta, è quello relativo ad alcuni eventi sismici non riportati nel catalogo dei terremoti italiani, di cui si sono ritrovate citazioni, con specifiche di danni e/o vittime. In particolare, nel lavoro di G. Mosca, *Posta nell'alta valle del Velino* si fa riferimento a un terremoto del 1294 che distrugge il castello di Machilone, e ai terremoti del 5 maggio 1313 e del dicembre 1500. Analogamente De Secinara nel suo *Trattato universale di tutti li terremoti occorsi, e noti nel mondo, con li casi infausti, ed infelici presagiti da tali terremoti* cita altri due eventi sismici verificatisi, presumibilmente, nel 1452 e nel 1646.

Relativamente al possibile nesso casuale tra sisma e eventi franosi, due sono le considerazioni principali da fare.

In primo luogo, a fronte dei frequenti eventi sismici di magnitudo anche elevata che hanno interessato l'area di studio (cfr. tabella 1) non si hanno molte descrizioni di eventi franosi, il che non può significare che essi non siano avvenuti, ma, al contrario, che la ricerca effettuata deve essere considerata il punto di partenza per ulteriori analisi e approfondimenti.

In secondo luogo, è possibile ipotizzare un collegamento tra gli eventi franosi verificatisi nel luglio 1904, con l'evento sismico verificatosi il 24 febbraio 1904 con epicentro a Magliano de' Marsi. La scossa (del IX grado della scala Mercalli) fu avvertita all'Aquila (VI grado), ad Antrodoto (IV grado), a Rieti (IV grado) e a Terni (III grado). Le scosse di replica si avvertirono fino al 23 luglio 1904.

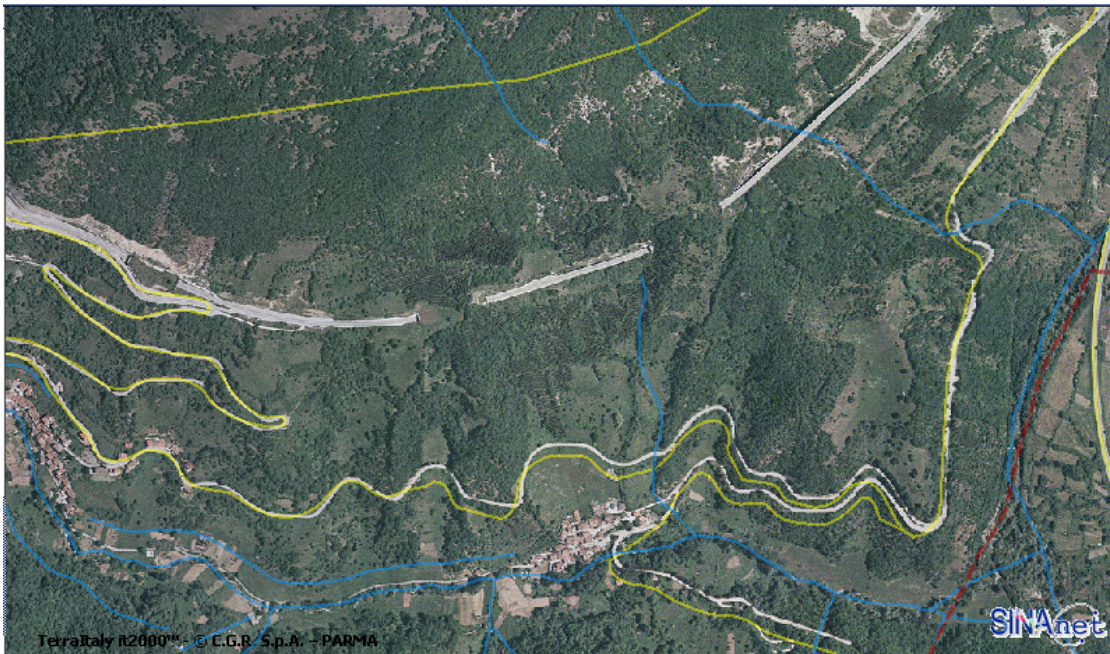
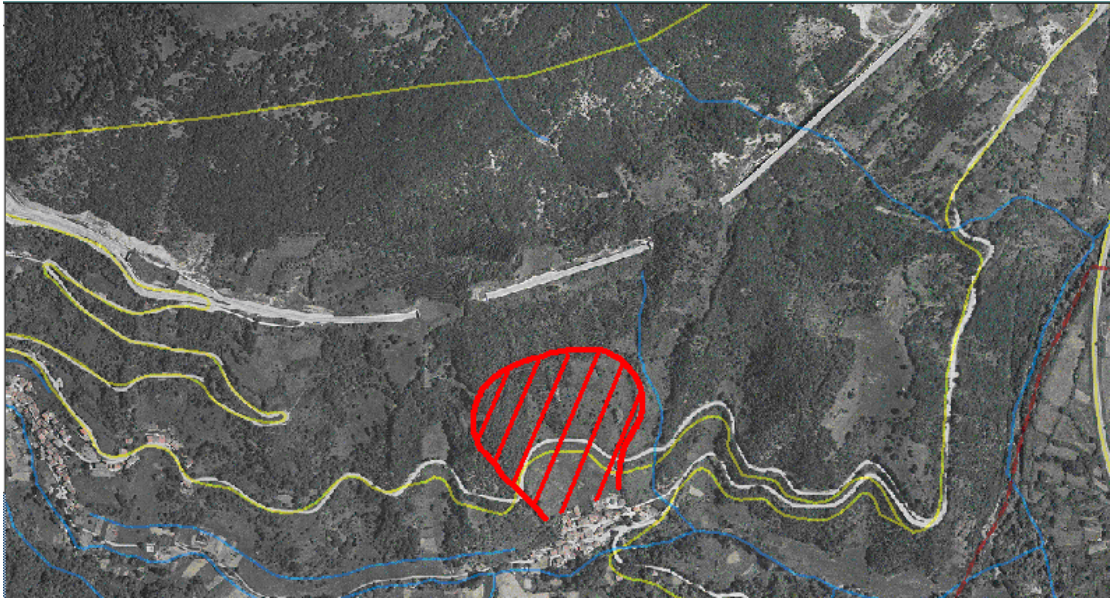
Allo stesso modo, l'evento franoso riportato da R. Almagià attivatosi nel 1820-21 in località "Cesa Arca di Noè" (di cui non è stato possibile individuare esattamente la localizzazione perché questo toponimo non è riportato nella cartografia recente) potrebbe essere posto in relazione al terremoto di Rieti del 22 marzo 1821.

Per il resto, l'attivazione della maggior parte delle frane viene attribuita dagli stessi Autori al verificarsi di intense precipitazioni e/o allo scioglimento delle nevi.

Quando Roberto Almagià parla di tali frane utilizza il termine "lama", in accordo con i termini utilizzati per descrivere frane abbastanza superficiali e lente. In generale la zona interessata dalle frane che si ritrovano nel foglio 348, è costituita da calcari e scisti argillosi eocenici e miocenici lungo il bacino del Velino e del Salto e nell'alta valle del Tronto, la tipologia di frane che si sviluppa in queste aree è rappresentata per lo più da movimenti superficiali e poco dannosi che interessano le litologie precedentemente descritte e strati di scisti frammisti a calcare spesso frammentato. Tali frane per il loro carattere superficiale vengono definite "lame".

Altre tipi di frane interessano rocce compatte calcareo-dolomitiche sottoforma di crolli (un esempio per tutti fianchi del M.te Cambio).

Si è tentato di fare una corrispondenza tra le frane del 1477 e la situazione attuale di esse. Le zone delle frane oggi risultano entrambi coperte da vegetazione come dimostrano le due immagini che seguono (fig. 9).



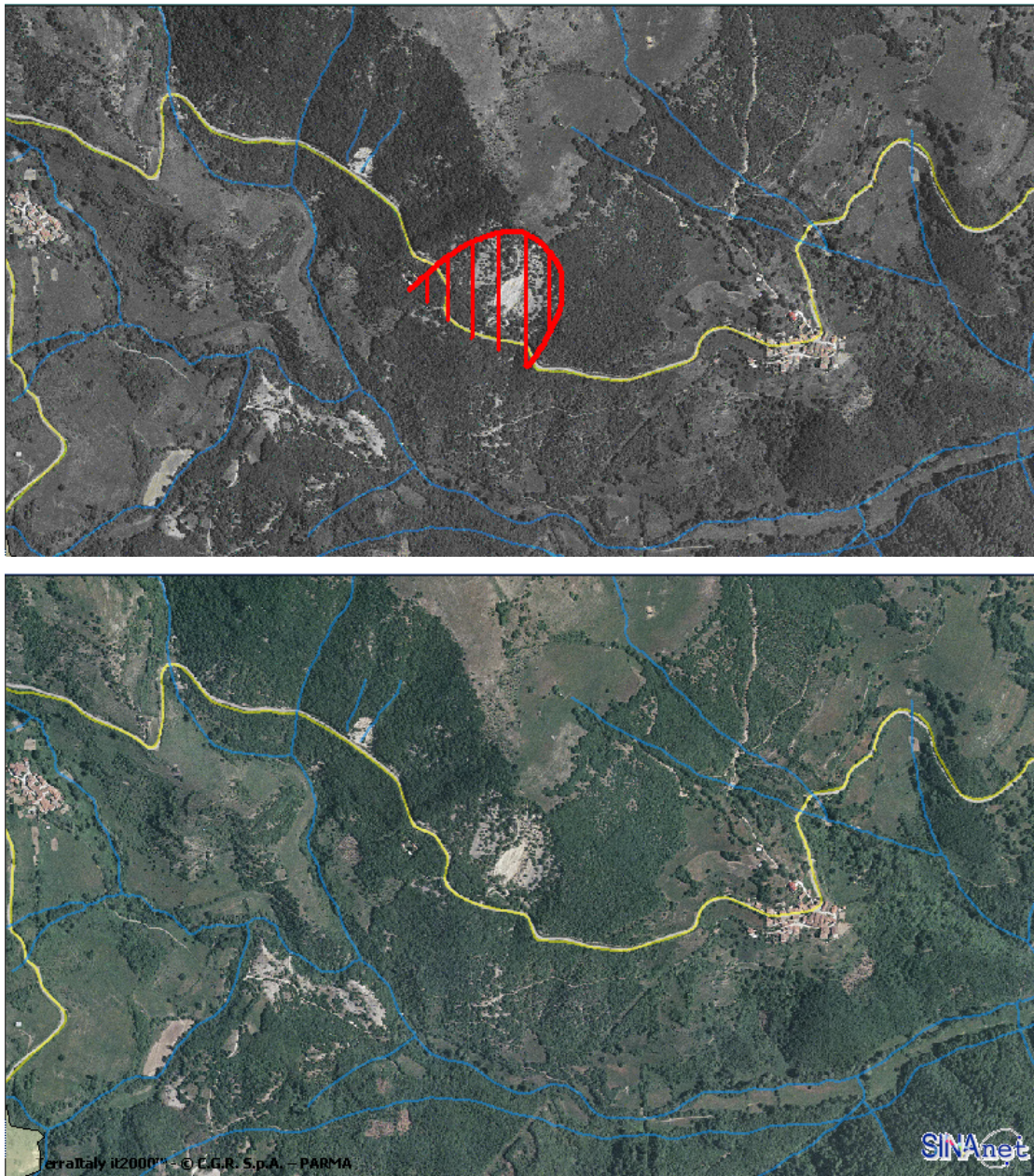


Fig. 9 – Frane presso Tufo (sopra) e vicino Accumoli (sotto) come appaiono oggi da immagine satellitare. La zona è ricoperta da vegetazione.

BIBLIOGRAFIA

- ALMAGIÀ R., 1910 – Studi geografici sulle frane in Italia. Mem. Soc. Geog. It., XIV, vol. II, 1910. Distribuzione delle principali aree franose nell'Appennino Centrale e Meridionale, scala 1:500.000, Roma.
- BARATTA M., 1897, Materiali per un catalogo dei fenomeni sismici avvenuti in Italia, Memorie della Società Geografica Italiana, vol. VII, pp. 81-164, Roma.
- BERARDI P., MARGOTTINI C., MOLIN D., PARISI A., 13-17 settembre 1998, Liquefazioni del terreno in occasione di terremoti storici italiani, dati preliminari, atti 74 Congresso della Società Geologica Italiana, Sorrento.
- BERSANI P., FERRANTI C., RUISI M., VITALE V., Due grandi frane avvenute nell' 800 nel bacino del Tevere che hanno modificato importanti corsi d'acqua, Rivista bimestrale dell'Associazione Idrotecnica Italiana, n. 3, Maggio-Giugno 2008, Roma.
- BLUMETTI, A., 1995, Neotectonic investigations and evidence of paleoseismicity in the epicentral area of the January-February 1703, Central Italy, earthquakes. Ass. of Eng. Geologists, spec. publ. no. 6, pp. 83-100, Roma.
- CAPOTORTI F., D'AMBROGI C., DI STEFANO R., PANTALONI M., Guida alla geologia del Foglio 348 Antrodoco.
- CAPPELLO A., 1825, Osservazioni geologiche onde riparare gli avvallamenti del territorio di Accumuli, Giornale Arcadico vol. XXVIII, pp. 307-313, Roma.
- CASSETTI M., 1913-1914, Rilevamento geologico nell'Abruzzo Aquilano ed in terra di lavoro, Bollettino del Comitato Geologico, vol. XLIV, pp. 133-134, L'Aquila.
- CAVASINO A., 1914, Il terremoto nella Marsica del 24 febbraio 1904, Modena.
- DA SECINARA F., 1652, Trattato universale di tutti li terremoti occorsi, e noti nel mondo, con li casi infausti, ed infelici pressagiti da tali terremoti, L'Aquila.
- DE CAROLIS P., 1703, Relazione generale delle ruine, e mortalità cagionate dalle scosse del terremoto de' 14 gennaio, e 2 febbraio 1703 in Norcia, e Cascia, e loro contadi, compresi li castelli delle Rocchette, e Ponte, giurisdizione di Spoleto, Roma.
- ESPOSITO E., LUONGO G., MARTURANO A., PORFIDO S., 1988, I terremoti del XIX secolo dell'Appennino Campano-Lucano, Memorie della Società Geologica Italiana, vol. 41, pp. 1105-1116, Roma.

- GALADINI F., MELETTI C., VITTORI E., 2000, Stato delle conoscenze sulle faglie attive in Italia: elementi geologici di superficie, Roma.
- GILII F., 1786, Dissertazione fisico storica su i terremoti di Piediluco accaduti nell'ottobre del 1785, pp. 25-56, Roma.
- GROSSI M., 1933, Osservazioni sul terremoto d'Abruzzo del settembre 1933, Bollettino del R. Ufficio geologico d'Italia, pp. 1-15, Roma.
- GUERRIERI L. & VITTORI E.(Eds.) 2007 – Intensity Scale ESI 2007. Mem. Descr. Carta Geologica d'Italia, 74, Servizio Geologico d'Italia – Dipartimento Difesa del Suolo, APAT, Roma, Italia.
- GRUPPO DI LAVORO CPTI (2004), 2004, Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 (CPTI04), INGV, Bologna.
- MARGOTTINI C., 1983, Raccolta e classificazione degli effetti naturali collaterali ai maggiori terremoti del Lazio, un tentativo d'interpretazione, Geologica Romana 22, Roma.
- MOSCA G., 1999, Posta nell'alta valle del Velino, Rieti.
- SIMPLICIO R., 1919, Il tremendo terremoto d'Abruzzo ed oltre Abruzzo del 13 gennaio 1915: nuovi terremoti nella città di Aquila dei 21 e 22 aprile 1916, L'Aquila.

ALLEGATO

CARTA DELLE FRANE CENSITE ALLA SCALA 1:100.000

Legenda: in blu frane che hanno subito una riattivazione successiva alla data indicata, in rosso frane che non hanno subito una riattivazione significativa. I numeri (arabi e romani) indicano la data di primo innesco.

