

Collaborazione con INGV per “la ridefinizione delle Zone di Attenzione delle Faglie Attive e Capaci emerse dagli studi di microzonazione sismica effettuati da Università degli Studi dell’Insubria nel territorio Comunale di Rivodutri e Cantalice (Rieti – Lotto G), interessato dagli eventi sismici verificatisi a far data dal 24 agosto 2016”

SOMMARIO

1	Introduzione	3
1.1	Inquadramento geologico, sismologico e sismotettonico	5
1.1.1	Geologia.....	5
1.1.2	Geomorfologia.....	6
1.1.3	Sismologia e Sismotettonica.....	7
1.2	Descrizione dei siti oggetto delle attività di rilievo con indicazioni di massima delle unità litostratigrafiche interessate e dell’attuale uso del suolo	9
1.2.1	Comune di Cantalice – Località “San Liberato”	9
1.2.2	Comune di Rivodutri – Località “Piedicolle”	12
1.2.3	Comune di Rivodutri – Località “Apoleggia”	12
1.2.4	Comune di Rivodutri – Località “Villaggio Santa Maria”.	12
2	Verifica delle condizioni preliminari per l’esecuzione di studi di dettaglio sulle FAC	14
2.1	Condizione 1: L’area ricade in area epicentrale di terremoti storici con Mw > 5.5	14
2.2	Condizione 2: dati di letteratura inerenti alla presenza di faglie in formazioni tardo-pleistoceniche - oloceniche	21
2.3	Condizione 3: Segnalazioni di evidenze di attività recente delle faglie rilevate sul campo da geologi, durante i rilievi geologico-tecnici per la stesura delle carte di MS.....	28
2.4	Indicazioni sui livelli di incertezza dei dati disponibili	30
2.5	Risultati della verifica delle condizioni preliminari per l’esecuzione di studi di dettaglio	31
3	Analisi multi-temporale e della topografia.....	32
3.1	Catalogo delle basi dati reperite e/o consultate	32
3.2	Risultati dell’analisi multi-temporale e della topografia	32
3.2.1	Analisi morfo-tettonica: Comune di Rivodutri	32
3.2.2	Analisi morfo-tettonica: Comune di Cantalice	34
4	Indagini di terreno e rilievi geofisici	38
4.1.1	Comune di Rivodutri.....	38
4.1.2	Comune di Cantalice.....	40
5	Conclusioni	43
	BIBLIOGRAFIA	44

1 INTRODUZIONE

L'Ordinanza n° 83 del Commissario straordinario del Governo per la ricostruzione 2016 dispone gli studi di approfondimento di alcune Faglie Attive e Capaci (FAC) presenti sul territorio del "cratere sismico" 2016 al fine di confermare, o meno, la loro presenza e, laddove ne sussistano i presupposti, di definire l'esatta geometria spaziale dell'elemento strutturale. Tale approfondimento consente, altresì, di ridefinire l'ampiezza e la tipologia delle instabilità connesse con la presenza di FAC (da Zone di Attenzione si può giungere fino alla definizione delle Zone di Rispetto), con conseguente rimodulazione dei vincoli ad esse connessi.

Per ciascuna FAC che interferisce con le previsioni della ricostruzione è stata individuata una Zona di Attenzione (cfr. Par. 4.1 delle "LL.G. per la gestione del territorio in aree interessate da faglie attive e capaci (FAC)". Tale zona, la cui larghezza (a cavallo della traccia del piano principale della faglia attiva e capace) è di 400 m (cfr. Capitolo 5 delle "LL.G."), rimanda "obbligatoriamente" ad approfondimenti con l'acquisizione di elementi informativi specifici propri del Livello 3 (Gruppo di lavoro MS, 2008).

In tale contesto, stante l'urgenza da parte della Struttura Commissariale di definire un percorso metodologico che consenta di affrontare e risolvere la problematica delle FAC che presentano interazioni dirette o indirette con i centri e i nuclei abitati di cui agli Allegati 1, 2 e 2bis del DLgs 17 ottobre 2016 n° 189, viene istituito un Gruppo di Lavoro FAC, composto da rappresentanti della Struttura del Commissario Straordinario e da rappresentanti nominati dal Dipartimento della Protezione Civile.

In data 03/10/2020 è stato sottoscritto l'Accordo di collaborazione scientifica tra "Commissario Straordinario del Governo ai fini della ricostruzione nei territori interessati dagli eventi sismici verificatisi a far data dal 24 agosto 2016" e INGV per "la ridefinizione delle Zone di Attenzione delle Faglie Attive e Capaci emerse dagli studi di microzonazione sismica effettuati nei Comuni interessati dagli eventi sismici verificatisi a far data dal 24 agosto 2016". A seguito di tale Accordo, l'INGV ha coinvolto gli Operatori Economici (Enti ed Università) ammessi per affidamento degli studi di approfondimento su Faglie Attive e Capaci che erano stati individuati dal Commissario straordinario in data 07/05/2020 con precedente procedura.

A ciascun Ente ed Università è stato chiesto da INGV di collaborare negli studi di approfondimento sulle FAC che hanno interazione con nuclei urbani, citate come Lotti nell'Allegato 1 dell'Accordo.

Nell'ambito di un Accordo di Collaborazione Scientifica (firmato in data 09/12/2020), UnInsubria e INGV si impegnano a collaborare nelle attività di studio e ricerca per la ridefinizione delle Zone di Attenzione delle FAC emerse dagli studi di microzonazione sismica effettuati nella zona territoriale denominata "Comune di Cantalice (Località: San Liberato) e quello di Rivodutri (Località: Apoleggia, Piedicolle e Villaggio Santa Maria), tutti in provincia di Rieti", indicata come Lotto G) nella convenzione commissariale.

Le attività sono state suddivise in due Fasi.

La prima fase di studio (FASE 1) sarà mirata alla distinzione delle FAC meritevoli di approfondimento da quelle che possono essere eliminate in quanto non coerenti con il modello sismotettonico regionale e con gli indizi di carattere geologico e geomorfologico ed anche a seguito delle indagini geofisiche in campo. Nella FASE 2 è prevista la raccolta di tutti gli elementi informativi specifici utili per l'identificazione di ciascuna FAC (o tratto di FAC); Esecuzione di indagini specifiche; Configurazione di un quadro di sintesi per ciascuna FAC.

Come illustrato sotto, UnInsubria si avvale, nelle due Fasi, della collaborazione di personale afferente a ISPRA e INGV. La presente relazione è stata quindi redatta dal seguente Gruppo di Lavoro:

Alessandro Maria Michetti, Franz Livio, Maria Francesca Ferrario, Roberto Gambillara, Gilberto Binda, Emanuele Scaramuzzo, Giorgio Tringali (Università dell'Insubria)

Marco Caciagli, Vincenzo Sapia, Valerio Materni, Stefano Urbini (INGV)

Valerio Comerci (ISPRA)

Inoltre, hanno collaborato i professionisti responsabili della MS3 per i due Comuni interessati, Dott. Geol. Francesco Chiaretti e Dott. Geol. Domenico Marchetti.

La presente relazione si riferisce alla Fase 1 delineata nel Documento Tecnico. Per poter identificare le FAC meritevoli di approfondimento, deve essere verificata la **sussistenza di almeno due delle condizioni preliminari** sottoelencate:

1. Condizione 1: l'area oggetto di studi di MS ricade in area epicentrale di terremoti storici con $M_w > 5.5$ (cfr CPT11; un'indicazione di massima potrebbe anche venire dalla zona della classificazione sismica nella quale ricade l'area in studio);
2. Condizione 2: la letteratura scientifica disponibile già riporta la presenza di faglie all'interno di formazioni tardo-pleistoceniche-oloceniche;
3. Condizione 3: sono segnalate evidenze di attività recente delle faglie rilevate sul campo da geologi, durante i rilievi geologico-tecnici per la stesura delle carte di MS.

Lo studio è realizzato secondo i criteri esposti nelle "Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da Faglie Attive e Capaci (2015) Versione 1.0" a cura di Fabrizio Bramerini (DPC), Sergio Castenetto (DPC), Margherita Giuffrè (CNR – IGAG), Giuseppe Naso (DPC), Edoardo Peronace (CNR – IGAG), approvate dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome nella seduta del 7 maggio 2015.

A supporto della FASE 1, sono state condotte alcune indagini specifiche tra quelle indicate come necessarie per la FASE 2 dello studio. Per tutte le FAC che verificano almeno 2 delle condizioni preliminari sopra descritte, si è proceduto ad avviare studi di approfondimenti che porteranno alla definizione geometrica delle Zone di Suscettibilità e delle Zone di Rispetto, come definite nelle linee guida FAC. Gli studi di approfondimento sono in corso e verranno conclusi nelle Fasi successive.

La presente relazione e relativi allegati tecnici documentano i risultati delle indagini condotte, che permettono di valutare il livello di incertezza nell'individuazione della FAC (distinguendo tra faglia certa/definita e faglia incerta) e prescrivere un livello di approfondimento spinto finalizzato alla definizione della Zona di suscettibilità e della Zona di Rispetto.

Le attività svolte, il personale coinvolto e l'impegno richiesto in termini di giornate di lavoro sono sintetizzate nella Tabella 1.

Tabella 1: Sintesi delle attività svolte e del personale coinvolto.

Attività	Personale	Giorni	Note
Acquisizione dati pregressi	Gilberto Binda, Francesca Ferrario, Franz Livio, Alessandro Michetti	6	
Analisi morfotettonica Lidar	Francesca Ferrario, Franz Livio	6	
Definizione punti per rilievi di terreno e indagini geofisiche	Francesca Ferrario, Franz Livio, Alessandro Michetti, con ISPRA e INGV	2	
Sopralluogo a Rieti, Cantalice e Pie di Colle con ISPRA e INGV; incontro con Tecnici Comune di interessati	Alessandro M Michetti, ISPRA, INGV	1	Svolto il 27/10. Presente il Dott. Matteo Carrozzoni (struttura commissariale)
Sopralluogo a Rieti, Cantalice e Pie di Colle con ISPRA e INGV;	Alessandro M Michetti, ISPRA (Valerio Comerci, Annamaria	1	Svolto il 30/10. Presenti geofisici ISPRA, INGV,

incontro con Tecnici Comuni interessati	Blumetti, Luca Guerrieri, Fiorenzo Fumanti), INGV (Marco Caciagli)		Geologi Professionisti che hanno seguito MS
Rilievi sul terreno e contatti amministrativi (sindaci, studi professionali che hanno fatto MS)	Giorgio Tringali, Alessandro M. Michetti, Roberto Gambillara, Gilberto Binda, Emanuele Scaramuzzo	6	
Rilevamento geologico sul terreno	Emanuele Scaramuzzo, Giorgio Tringali, Roberto Gambillara, Gilberto Binda	12	
Esecuzione rilievi geoelettrica e georadar	Emanuele Scaramuzzo, Giorgio Tringali, Roberto Gambillara, Gilberto Binda; Alessandro M. Michetti, INGV (Marco Caciagli, Valerio Materni, Vincenzo Sapia, Stefano Urbini) e ISPRA	4	
Popolamento e gestione del database GIS	M. Francesca Ferrario, Franz Livio	4	
Scrittura relazione Fase 1	M. Francesca Ferrario, Franz Livio, Alessandro M. Michetti	8	
Allegati tecnici Fase 1	Emanuele Scaramuzzo, Giorgio Tringali, Roberto Gambillara, Gilberto Binda, Franz Livio, M. Francesca Ferrario; INGV e ISPRA (Allegato 4)	6	

1.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, SISMOLOGICO E SISMOTETTONICO

1.1.1 Geologia

Il bacino di Rieti ricade all'interno del Dominio Umbro-Sabino, al margine tra un esteso bacino in approfondimento verso ovest (bacino umbro-marchigiano) ad un'estesa e isolata piattaforma carbonatica verso est (piattaforma laziale-abruzzese). Le faglie attive durante il *rifting* giurassico hanno fatto da guida anche durante le successive fasi tettoniche, condizionando l'attuale assetto morfostrutturale. La tettonica neogenica ha portato alla progressiva chiusura del paleo-dominio oceanico durante la convergenza tra la placca europea e quella africana e in concomitanza ad un progressivo arretramento verso WNW della cerniera della placca Adria, in subduzione, con il conseguente aprirsi del bacino tirrenico di retro-arco.

La tettonica distensiva, che si instaura localmente a partire dal Pleistocene inferiore in risposta ad una distensione crostale a direzione prevalente NO-SE, causa lo sviluppo di ampi bacini intramontani separati da zone di alto strutturale quale, ad esempio, il bacino di Rieti. Nel corso del Pleistocene il bacino è stato sede di deposizione fluviale, di conoide, lacustre e palustre.

Nel corso del Pleistocene Medio, durante le fasi di clima più caldo e umido, si sono create le condizioni favorevoli allo sviluppo di corpi travertinosi. Il tasso di accrescimento dei travertini è stato talvolta così elevato da sbarrare i corsi d'acqua e indurre la formazione di bacini lacustri. Viceversa, durante le fasi fredde e aride, le soglie travertinose sono state reincise e i depositi lacustri terrazzati, mentre sui versanti le condizioni di resistasia hanno determinato la produzione di falde detritico-colluviali.

L'attività delle faglie normali che bordano i bacini intermontani perdura anche nell'Olocene e oggi determina la media sismicità che caratterizza l'area.

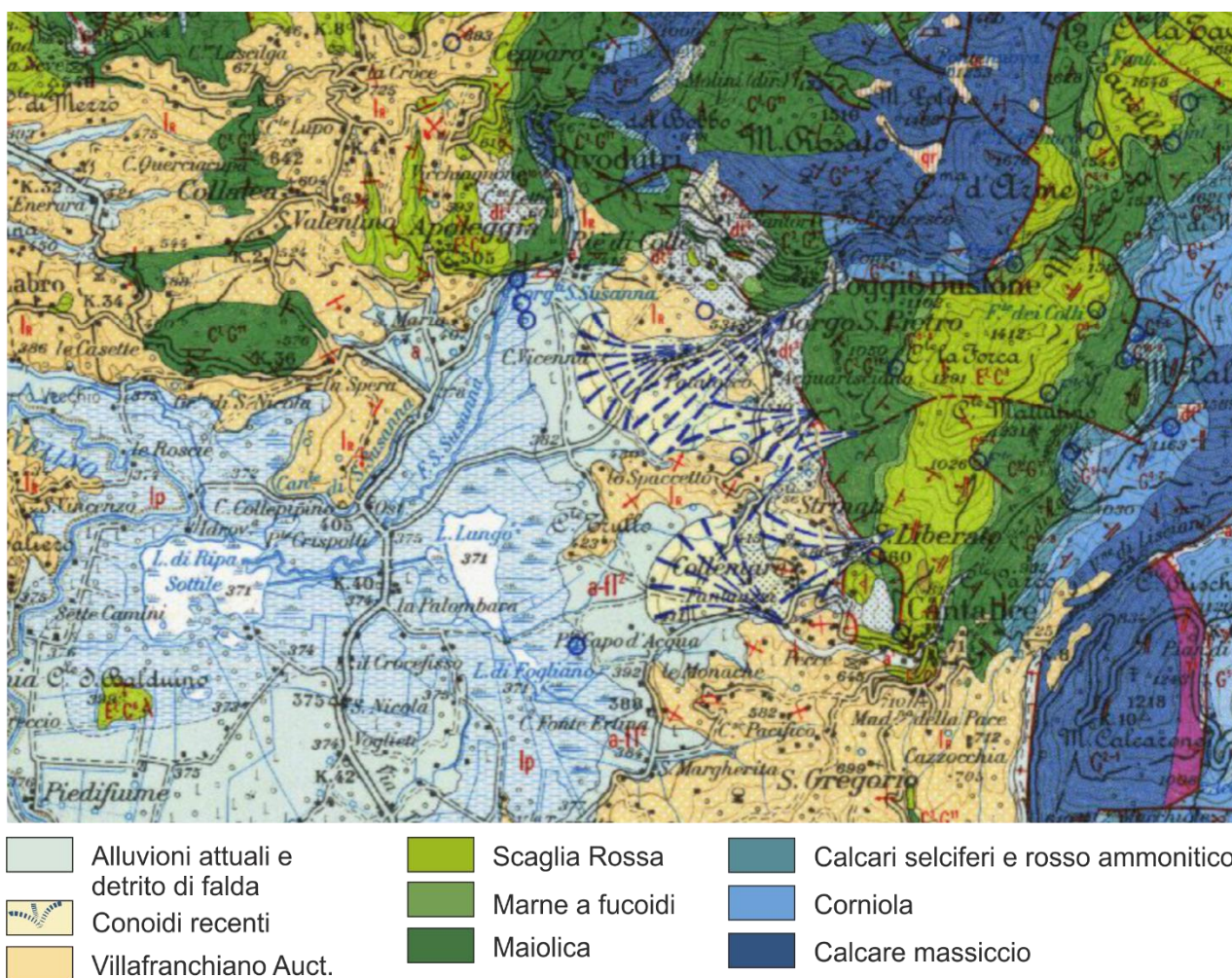


Figura 1: Estratto della Carta Geologica d'Italia 1:100.000 (Foglio Terni). Durante la Fase 1 sono stati anche consultati i rilevamenti del Quaternario relativi al Foglio Geologico 347 Rieti, alla scala 1:50000, dell'ISPRA, comprendente l'area di studio; i dati, ancora inediti, derivano dai rilevamenti del F. 347 Rieti cui ha partecipato A.M. Michetti, e sono di proprietà di ISPRA.

1.1.2 Geomorfologia

L'evoluzione geomorfologica Pleistocenica di questo settore è stata controllata principalmente dall'attività tettonica e dalle concomitanti variazioni cicliche delle condizioni climatiche, che nel corso del Quaternario hanno condizionato l'entità dei processi erosivi e deposizionali.

Di notevole interesse in questo senso sono le superfici di spianamento ampiamente segnalate in tutta l'area appenninica ed interpretate come il residuo di antichi paesaggi a bassa energia di rilievo. La superficie deposizionale che chiude la successione fluviale e lacustre "villafranchiana" (e.g., Raffy, 1983), ad esempio, costituisce un marker di riferimento fondamentale per correlazioni a carattere regionale. La stima della dislocazione tettonica di questi marker geomorfologici consente di valutare il rigetto verticale tardo-quaternario delle principali faglie normali in un valore non inferiore a 300-400 metri (Michetti et al., 1995). Un aspetto peculiare di questo settore è legato alla presenza dei travertini: in condizioni climatiche calde e umide la veloce crescita dei travertini determinava lo sbarramento dei corsi d'acqua, favorendo i processi di aggradazione dei depositi fluviali nel settore a monte e determinando la genesi di una serie di terrazzi alluvionali. Lo sbarramento travertinoso della soglia de Le Marmore rappresenta l'ultima soglia olocenica ancora attiva; dati archeologici e stratigrafici dimostrano che proprio nell'Olocene questa soglia ha toccato

un livello di 378-380 m, il più alto mai raggiunto nella storia della conca reatina (Ferrel et al., 1992a, 1992b). Il colmamento recente e quindi la morfologia della piana reatina e del piano di Canale, caratterizzati dai resti del grande "*Lacus Velinus*" (Lago Lungo, Lago di Ripa Sottile, Lago di Ventina, Lago di Piediluco) trovano la loro origine proprio nell'imponente sviluppo post-glaciale della deposizione travertinosa di Le Marmore (Carrara et al., 1995). I tassi di sedimentazione nell'ordine di alcuni mm/anno documentati nel settore depocentrale della piana reatina (Calderoni et al., 1995; Guerrieri et al., 2006), testimoniano in modo assai eloquente l'importanza di tale fenomeno. Viceversa, condizioni climatiche fredde e aride hanno favorito la re-incisione degli sbarramenti travertinosi. Conseguentemente, si è periodicamente assistito ad un veloce approfondimento dei fondovalle, ultimo dei quali quello avvenuto nell'Ultimo Glaciale (circa 18.000 anni dal Presente).

Durante le fasi climatiche fredde ed aride connesse all'Ultimo Glaciale i versanti calcarei si sono regolarizzati con la produzione di spesse coltri di materiali detritici conservate alla base dei versanti ("*grèzes litées*").

Per quanto riguarda le forme legate alla gravità, oltre ad una serie di frane di dimensioni modeste, occorre menzionare la presenza della grande paleofrana di Greccio, a ovest del bacino di Rieti, che, testimonia come dei processi gravitativi di grande scala (DGPV) possano interessare interi versanti dei rilievi montuosi.

L'importante tettonica distensiva che interessa l'area durante tutto il Quaternario ha determinato la genesi di scarpate di faglia recenti e di aspetto molto fresco alla base di tali versanti (e.g., Apoleggia), unitamente ai dati raccolti nei siti paleosismologici di Poggio Bustone, Pié di Colle e Caporio, hanno portato Michetti et alii (1995) a considerare questi versanti come il risultato del ripetersi, durante il Quaternario, di eventi di fagliazione superficiale in occasione di forti rilasci di energia sismica. I tassi di scorrimento nell'intervallo Pleistocene medio-Presente per le faglie del bacino di Rieti e per la faglia di Leonessa sono stati valutati essere dell'ordine di 0.2 - 0.5 mm/anno, in buon accordo con i tassi di scorrimento olocenici misurati attraverso analisi paleosismiche.

1.1.3 Sismologia e Sismotettonica

Le FAC oggetto di studio interessano il Comune di Cantalice (Località: San Liberato) e di Rivodutri (Località: Apoleggia, Piedicolle e Villaggio Santa Maria), in provincia di Rieti (Figura 2). In Figura 3 sono presentate le Zone di Attenzione centrate sulle FAC così come indicate negli studi di MS.

In particolare, nel Comune di Rivodutri sono segnalati due tratti di FAC a direzione E-W (Faglia di Apoleggia-Piedicolle e Faglia di Villaggio Santa Maria), che bordano il settore settentrionale del bacino di Rieti. Nel Comune di Cantalice, una FAC ad andamento NW-SE interessa la frazione di San Liberato (Faglia di San Liberato) e borda il margine orientale del bacino. Per una dettagliata disamina delle tracce di faglia mappate nei vari studi disponibili, si rimanda alla successiva Sezione 2.

I Comuni di Cantalice e Rivodutri sono attualmente classificati in Zona Sismica 2 – Sottozona A, in virtù della DGR n. 387 del 22 maggio 2009 "Nuova classificazione sismica del territorio della Regione Lazio". A tale sottozona, viene attribuita un'accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni con valori compresi tra 0.20 e 0.25 g.

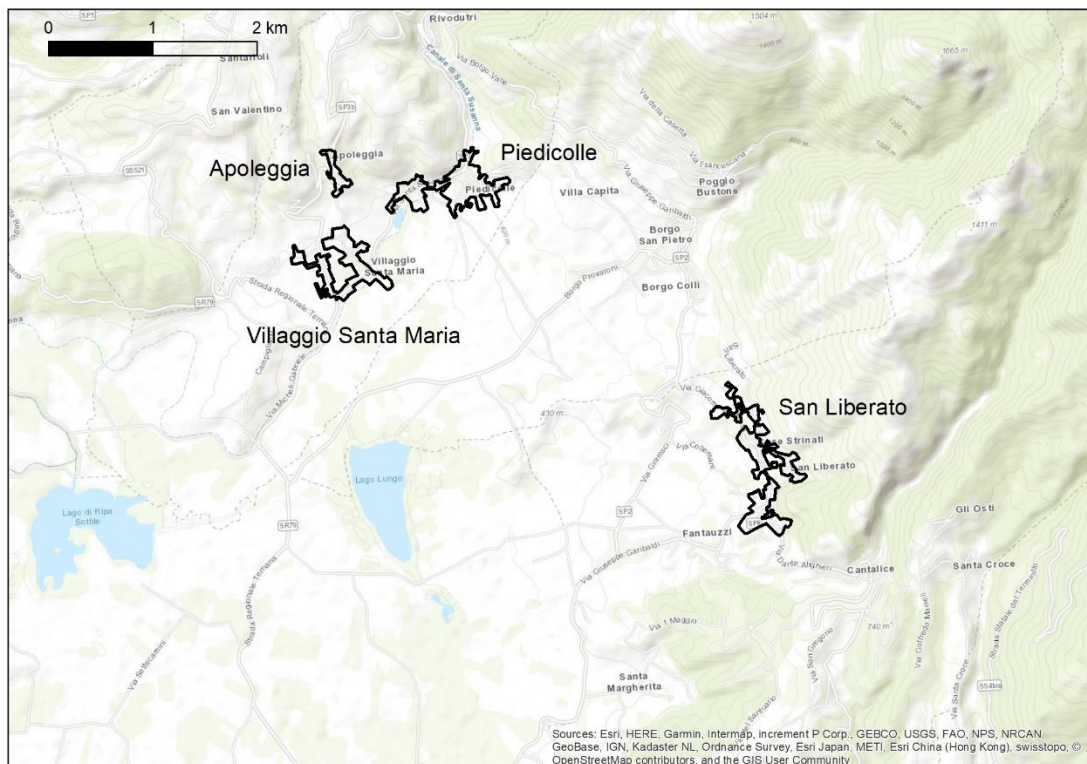


Figura 2: Perimetrazione delle Località oggetto di studio nei comuni di Rivodutri e Cantalice.

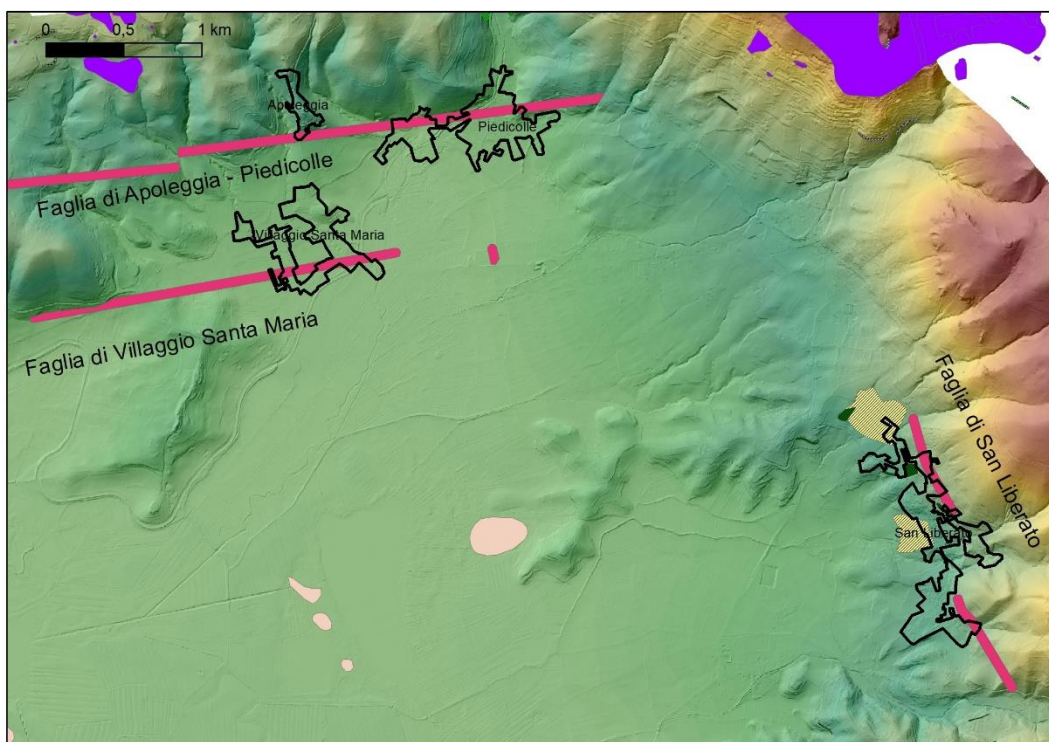


Figura 3: Zone di attenzione per le FAC (aree rosa), così come indicate nella MS. Sfondo: Lidar Regione Lazio.

1.2 DESCRIZIONE DEI SITI OGGETTO DELLE ATTIVITÀ DI RILIEVO CON INDICAZIONI DI MASSIMA DELLE UNITÀ LITOSTRATIGRAFICHE INTERESSATE E DELL'ATTUALE USO DEL SUOLO

1.2.1 Comune di Cantalice – Località “San Liberato”

La frazione di San Liberato si colloca alle pendici occidentali di Monti Ceresa (gruppo dei Monti Reatini) e si affaccia sulla conca reatina, al margine di un'area terrazzata e successivamente incisa dal reticolo idrografico. Il substrato è costituito dalle sequenze marine giurassico – cretache della Serie Sabina (i.e., Maiolica, Marne a Furoidi e Scaglia; LPS, SFALS e SFLPS in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) deformate in piegamenti ad asse prevalente ca. N-S e successivamente dislocate da due set di faglie normali a direzione prevalente NW-SE (sistema di faglie bordiere del bacino) e WNW-ESE (sistema secondario con una possibile componente gravitativa).

Lungo il margine a monte del paese affiora una fascia di depositi di versante recente (GPfd in MS3, i.e., brecce pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia) con spessori che variano dai 3 ai 30 m mentre gran parte dell'abitato è costruito sui termini quaternari più antichi (AL in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, corrispondente al Villafranchiano *Auct.*) e su ghiaie pleistoceniche-oloceniche di conoide detritica (GPcd in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) che poggiano direttamente su AL.

Le indagini condotte in occasione dello studio di MS (Comune di Cantalice, 2018) hanno individuato, in corrispondenza della Località “San Liberato”, due settori caratterizzati da una diversa stratigrafia del sottosuolo.

In corrispondenza della Zona Case Strinati (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) affiorano le alternanze di litotipi dei depositi riferibili al Villafranchiano *Auct.* (AL). La stratigrafia di sottosuolo, ricostruita attraverso tecniche geofisiche (i.e., indagini MASW) è riassunta in Tabella 2.

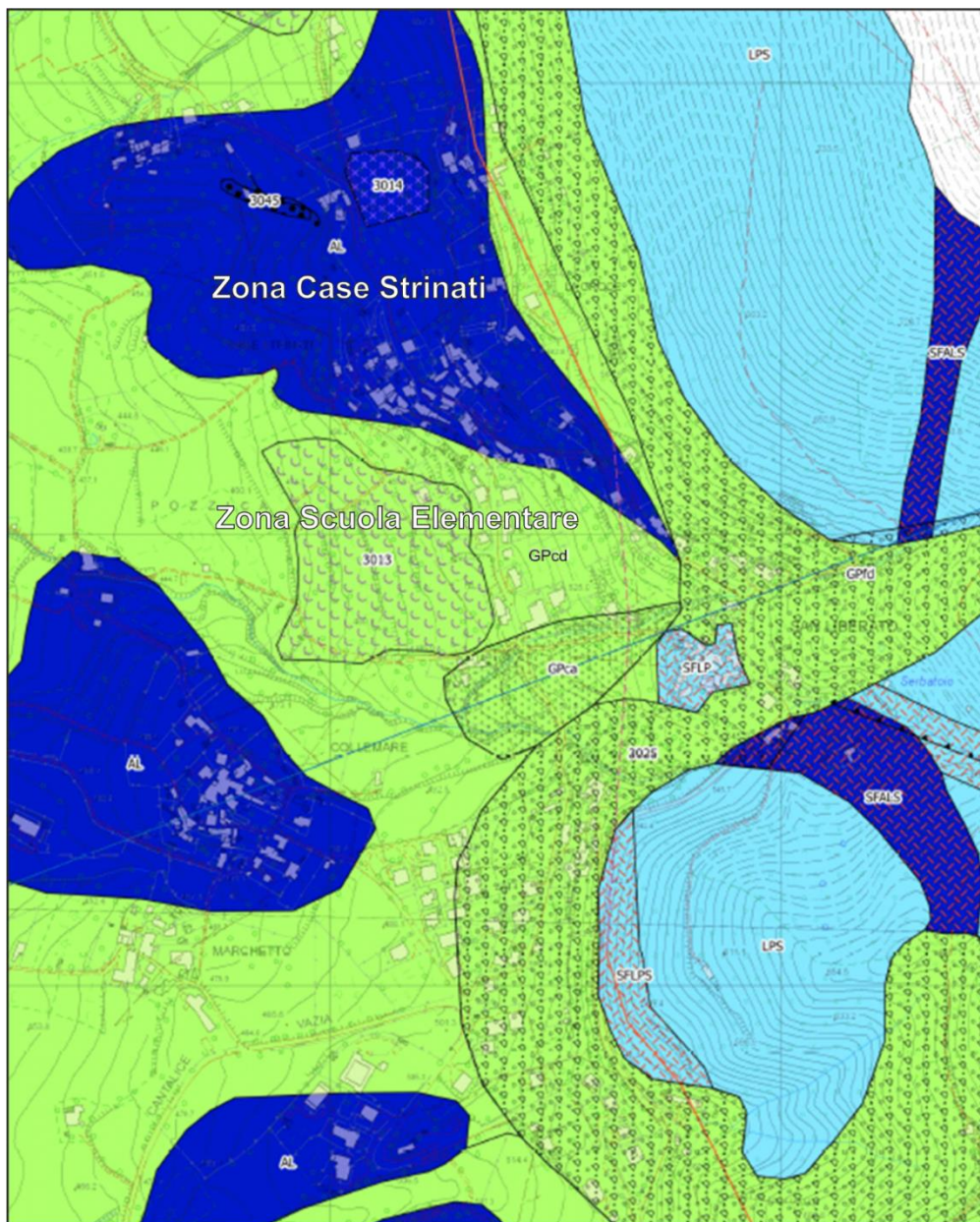


Figura 4: Estratto della carta geologico-tecnica allegata alla relazione di MS3 per la località di San Liberato (Comune di Cantalice, 2018); Legenda da CGT_MS: substrato - LPS, substrato lapideo stratificato; SFLPS, Lapideo, stratificato fratturato / alterato; SFALS, Alternanza di litotipi, stratificato fratturato / alterato; SFLP Lapideo fratturato / alterato; Coperture Neogenico-Quaternarie: AL, Alternanza di litotipi – Villafranchiano Auct.; GPcd, ghiaie pulite di conoide detritica; GPca, ghiaie pulite di conoide alluvionale GPfd, ghiaie pulite di falda detritica; Instabilità di versante: 3013, Colata, attiva; 3014, Complessa, attiva; 3045, non definita.

Tabella 2: modello geologico da MS per la Zona di Case strinati (cfr. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**); da Comune di Cantalice (2018).

	Sigla carta	Nome formazione	Descrizione	Spessori	Vs (m/s)	Curve di decadimento	γ kN/m ³
Substrato geologic	AL	Depositi continentali	Ghiaie eterometriche	3 m	300 - 400 m/s	Ghiaie da fini a grossolane in matrice sabbiosa, ghiaie eterometriche;	21
		conglomeratici antichi, alternanze di litotipi del Pleistocene Inf.,	in matrice sabbioso limosa			comportamento o lineare	
			Ghiaie cementate	8 m	669 - 726 m/s	Comportamento lineare	21
			Ghiaie molto cementate	Incerto	1065 m/s	<i>Bedrock</i> sismico	21

Di converso, nella Zona della Scuola Elementare (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) affiorano i terreni di copertura afferibili a conoidi alluvionali recenti (GPcd) con spessori che variano dai 3 ai 30 m. Questi ultimi in contatto erosivo sui depositi conglomeratici più antichi (AL). È da segnalare inoltre che, nei pressi della scuola elementare, i terreni appena citati sono coinvolti in fenomeni gravitativi lenti (3013 in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**). Nel settore della Scuola Elementare sono state applicate due differenti metodologie geofisiche di superficie: una prova MASW e una tomografia sismica a rifrazione (Comune di Cantalice, 2018).

Tabella 3: modello geologico da MS per la Zona della Scuola Elementare (cfr. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**); da Comune di Cantalice (2018).

	Sigla carta	Nome formazione	Descrizione	Spessori	Vs (m/s)	Curve di decadimento	γ kN/m ³
Terreni di copertura	GPcd	Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia	Ghiaie eterometriche in matrice sabbioso limosa	10 m	338 m/s	Ghiaie da fini a grossolane in matrice sabbiosa, ghiaie eterometriche; comportamento o lineare	21
			Ghiaie cementate	5 m	677 m/s	Comportamento lineare	21
Substrato geologico	AL	Alternanza di litotipi, depositi continentali antichi.	Conglomerati cementati	Incerto	1065 m/s	<i>Bedrock</i> sismico	21

1.2.2 Comune di Rivodutri – Località “Piedicolle”

La frazione di Piedicolle è ubicata in corrispondenza dello sbocco della Valle dei Molini nella piana reatina; comprende la parte basale del versante che degrada da Rivodutri e la zona di raccordo con la piana. La frazione sorge su spessi depositi ghiaiosi di conoide alluvionale (GMca nella carta geologico-tecnica di MS3, **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, Comune di Rivodutri, 2017) e di bacino intramontano (GCin); la porzione più occidentale insiste su argille organiche di medio-alta plasticità e limi organici (OHlc).

1.2.3 Comune di Rivodutri – Località “Apoleggia”

La frazione sorge in posizione elevata, su una dorsale allungata in direzione NE-SW, dove affiora la sequenza carbonatica (LPS, substrato geologico lapideo stratificato nella carta geologico-tecnica di **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

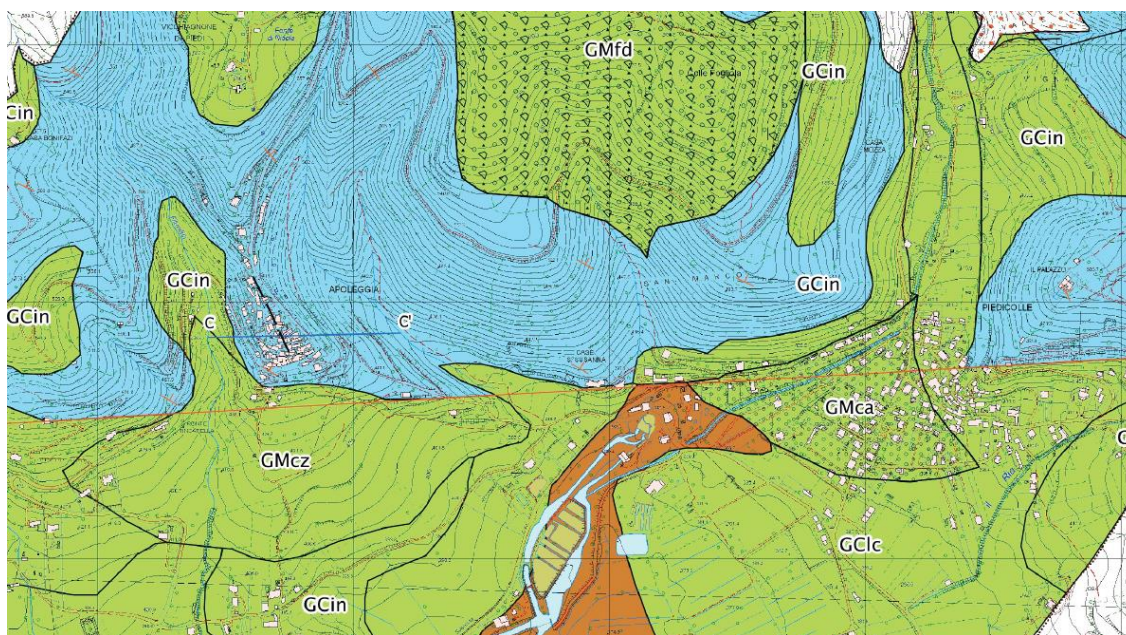


Figura 5: Estratto della carta geologico-tecnica allegata alla relazione di MS3 per i settori di Piedicolle e Apoleggia. Legenda da CGT_MS: GCin ghiaie argillose, miscela di ghiaia sabbia e argilla di bacino intramontano; GMca ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo di conoide alluvionale; GMfd ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo di falda detritica.

1.2.4 Comune di Rivodutri – Località “Villaggio Santa Maria”.

Questa frazione è ubicata nella conca reatina; il canale di Santa Susanna scorre appena più a Est di Villaggio Santa Maria (Figura 6). I depositi sono costituiti da terreni di copertura afferenti a GClc (ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla lacustre) e GCin (ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla di bacino intramontano).

Nell’ambito delle attività di MS, è stata eseguita una prova sismica *downhole* fino alla profondità di 34 m per la determinazione dei profili di velocità di propagazione delle onde P e delle onde S. La stratigrafia ha messo in luce uno strato di terreno eterogeneo fino alla profondità di 14 m dal p.c., seguito da argille limose e sabbiose fino a 24 m, e da ghiaie fino a fondo foro. L’andamento delle velocità ben si rapporta alle variazioni stratigrafiche, essendo evidente la corrispondenza tra litotipi e variazioni di velocità. Le ghiaie alla base hanno velocità delle onde di taglio superiori ai 1000 m/s (DICEA, 2017).

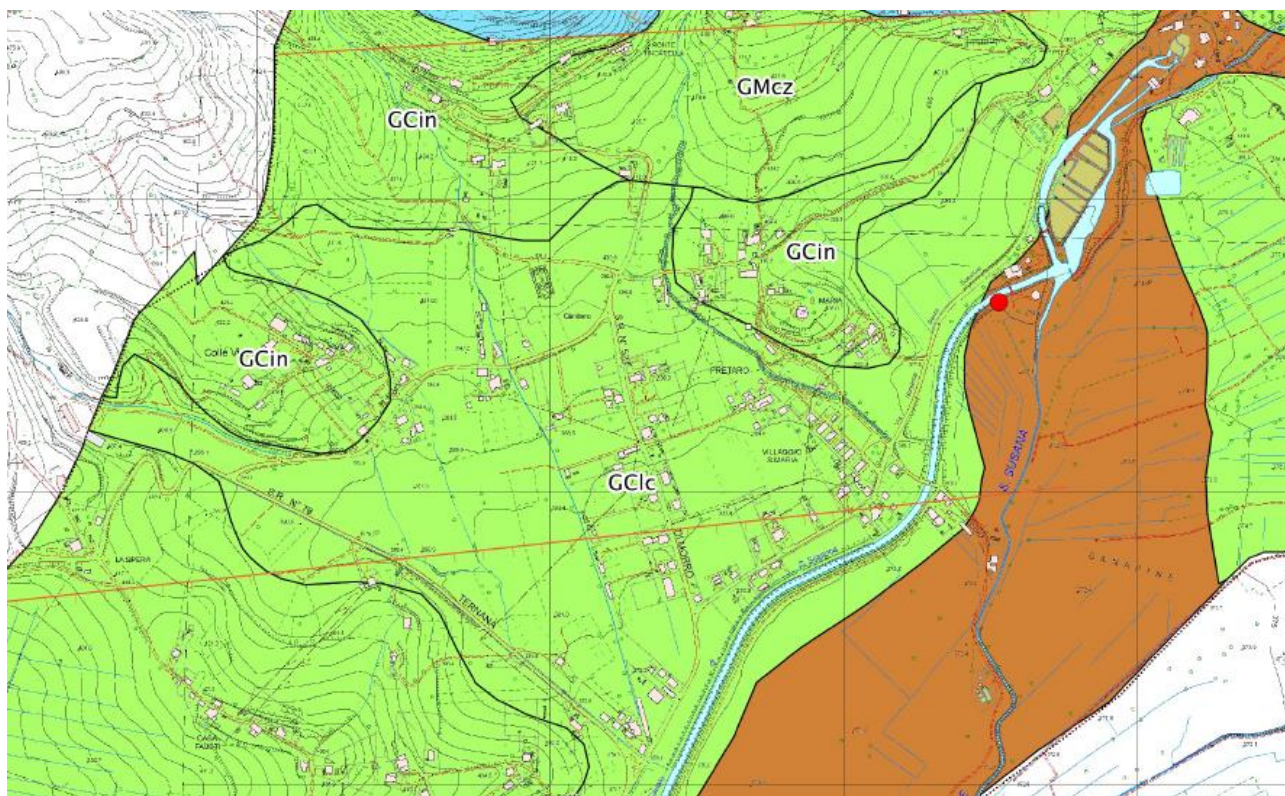


Figura 6: Estratto della carta geologico-tecnica allegata alla relazione di MS3 per il settore di Villaggio Santa Maria. Legenda da CGT_MS: GCin ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla di bacino intramontano; GClc ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla lacustre.

2 VERIFICA DELLE CONDIZIONI PRELIMINARI PER L'ESECUZIONE DI STUDI DI DETTAGLIO SULLE FAC

In questo capitolo vengono riportate tutte le informazioni raccolte per verificare se per le FAC mappate negli studi di MS siano verificati almeno due dei criteri stabiliti dalle linee guida FAC, e debbano quindi essere soggette ad ulteriori approfondimenti.

2.1 CONDIZIONE 1: L'AREA RICADE IN AREA EPICENTRALE DI TERREMOTI STORICI CON $M_w > 5.5$

L'analisi della sismicità storica è basata sui dati contenuti nel CPTI – Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani e nel DBMI – Database Macrosismico Italiano (<https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>). Sono stati consultati anche i lavori specifici relativi alla sismicità storica del settore reatino (Comerci et al., 2003; Bernardini et al. 2013). La storia sismica dei Comuni di Cantalice e Rivodutri è riportata in Figura 7 e in Figura 8, rispettivamente.

Per entrambi i Comuni, la massima intensità assegnata dal DBMI è di VIII MCS. Si nota inoltre come le segnalazioni macrosismiche siano numerose per il XX secolo, e praticamente assenti nei secoli precedenti; tale fatto è da imputare ad un'incertezza epistemica (incompletezza del catalogo) piuttosto che all'assenza di eventi sismici.

Nel caso di Cantalice, la massima intensità di VIII MCS è riferita agli eventi sismici del 14 e 16/01/1703 (Figura 9 e Figura 10), con epicentro in Valnerina e Appennino laziale-abruzzese, rispettivamente. Per l'evento del 14 gennaio, il DBMI assegna un'intensità epicentrale I_0 di XI MCS e una M_w di 6.92. Tale evento supera la soglia di M_w 5.5 indicata dalle linee guida FAC.

Nel caso di Rivodutri, la massima intensità assegnata dal DBMI (VIII MCS) è riferita all'evento sismico dei Monti Reatini del 31/12/1948 (I_0 : VIII MCS, M_w = 5.42; Figura 11). Si registra inoltre un'intensità VII per il terremoto del 17/06/1885 (Monti Reatini, I_0 : VII, M_w 4.9; Figura 12).

Nella disamina della sismicità storica, sono da menzionare altri due eventi, quello del 1/12/1298 e quello del 27/06/1898, poiché l'area epicentrale è ubicata nella conca di Rieti (e.g., Brunamonte et al., 1993a; Micarelli et al., 2003). L'evento del 1298 causò notevoli danni in tutto il Reatino; l'intensità massima è di X MCS e la magnitudo M_w 6.26 (Figura 13). L'area epicentrale è ubicata lungo il margine settentrionale della conca reatina e a Poggio Bustone è stata assegnata un'intensità di IX-X. Il terremoto del 1898 colpì soprattutto la zona meridionale della conca di Rieti, con ingenti danni nell'area di Rieti, Santa Rufina e Cupaello (Comerci et al., 2003). L'intensità massima attribuita dal DBMI è di VIII MCS e magnitudo M_w 5.5 (Figura 14).

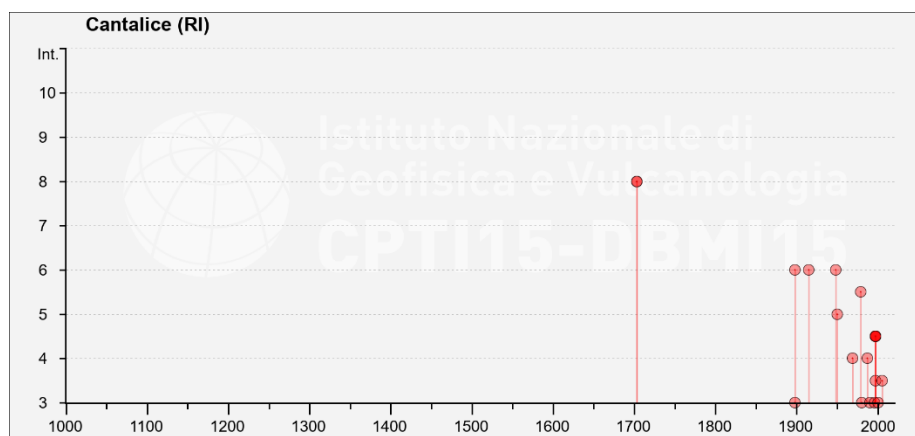


Figura 7: Storia sismica del Comune di Cantalice. Fonte: DBMI.

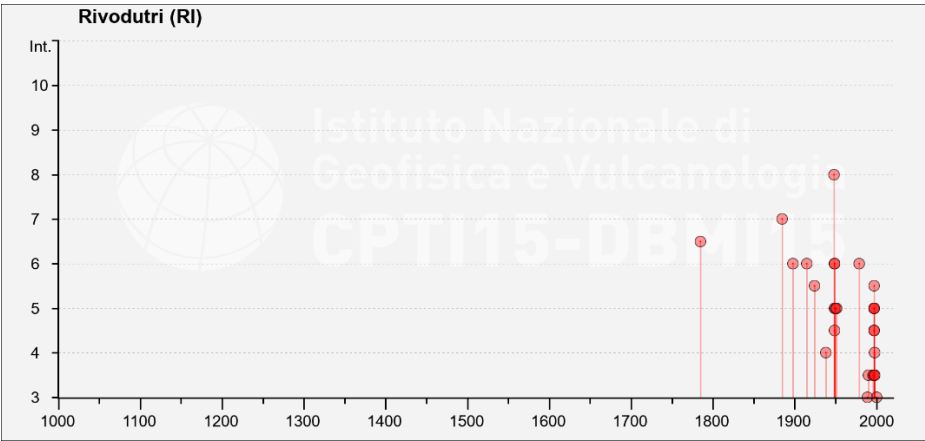


Figura 8: Storia sismica del Comune di Rivodutri. Fonte: DBMI.

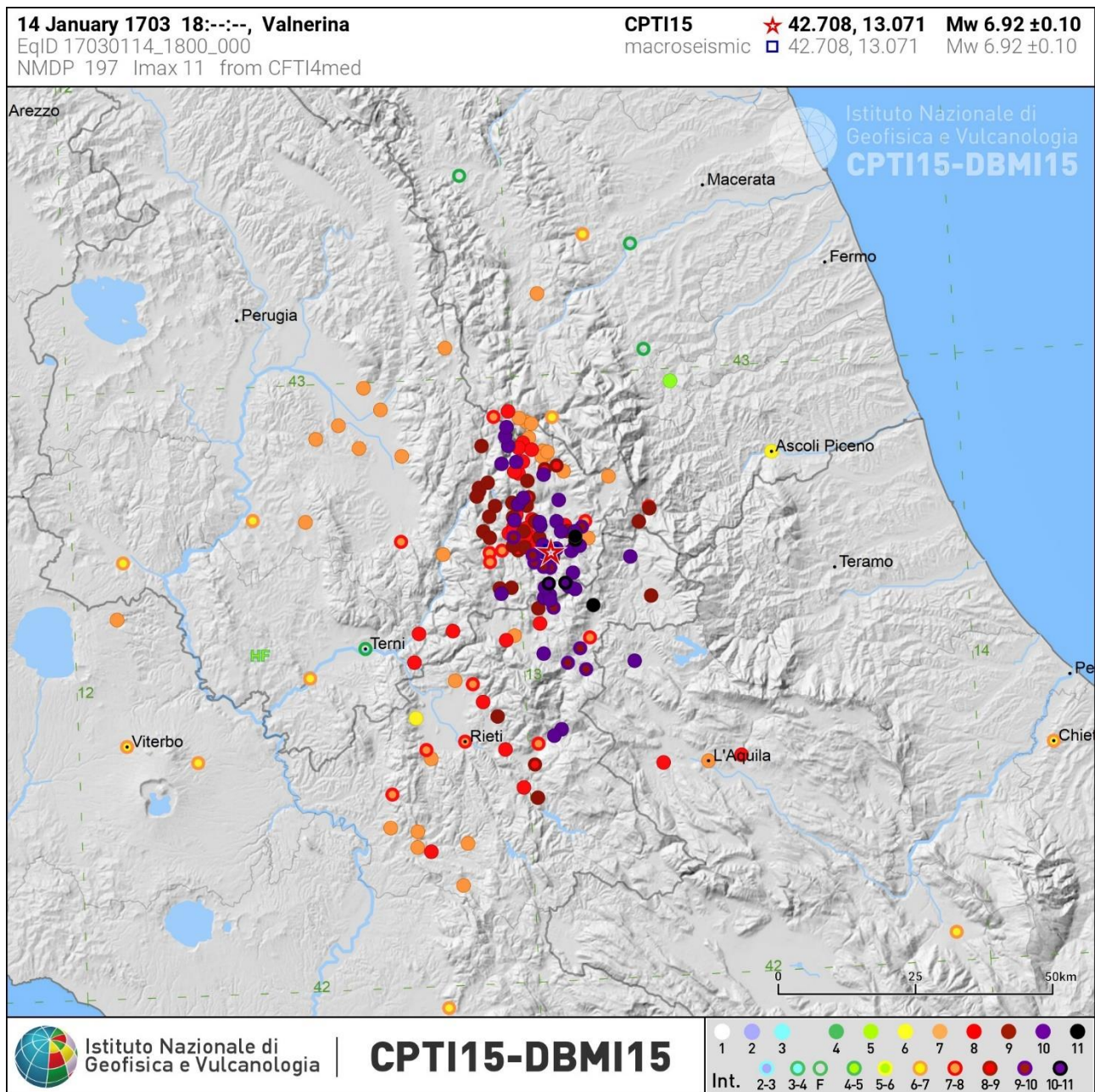


Figura 9: Campo macrosismico per l'evento del 16 gennaio 1703, intensità VIII MCS a Cantalice. Fonte: CPTI-DBMI.

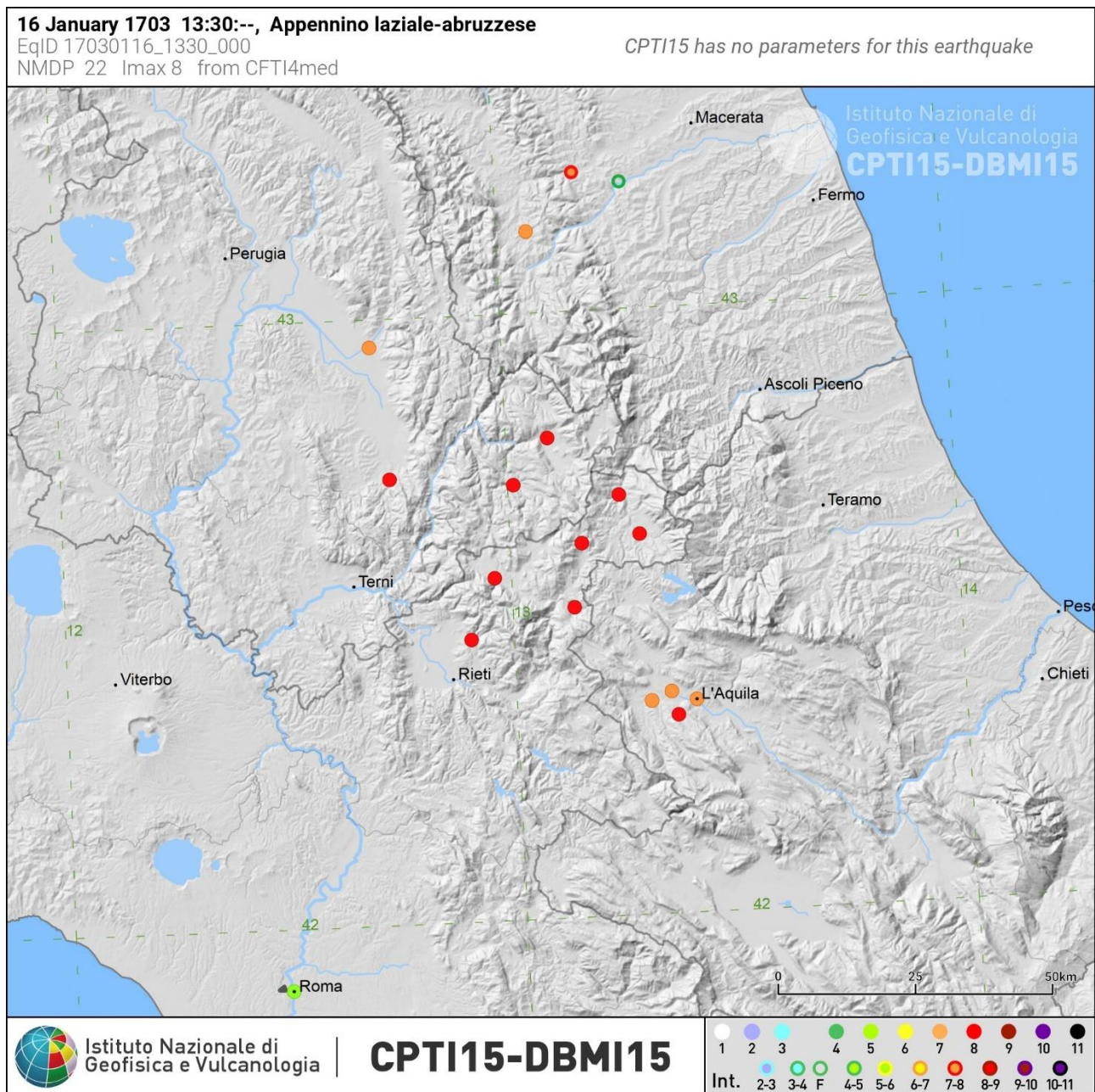


Figura 10: Campo macrosismico per l'evento del 18 gennaio 1703, intensità VIII MCS a Cantalice. Fonte: CPTI-DBMI.

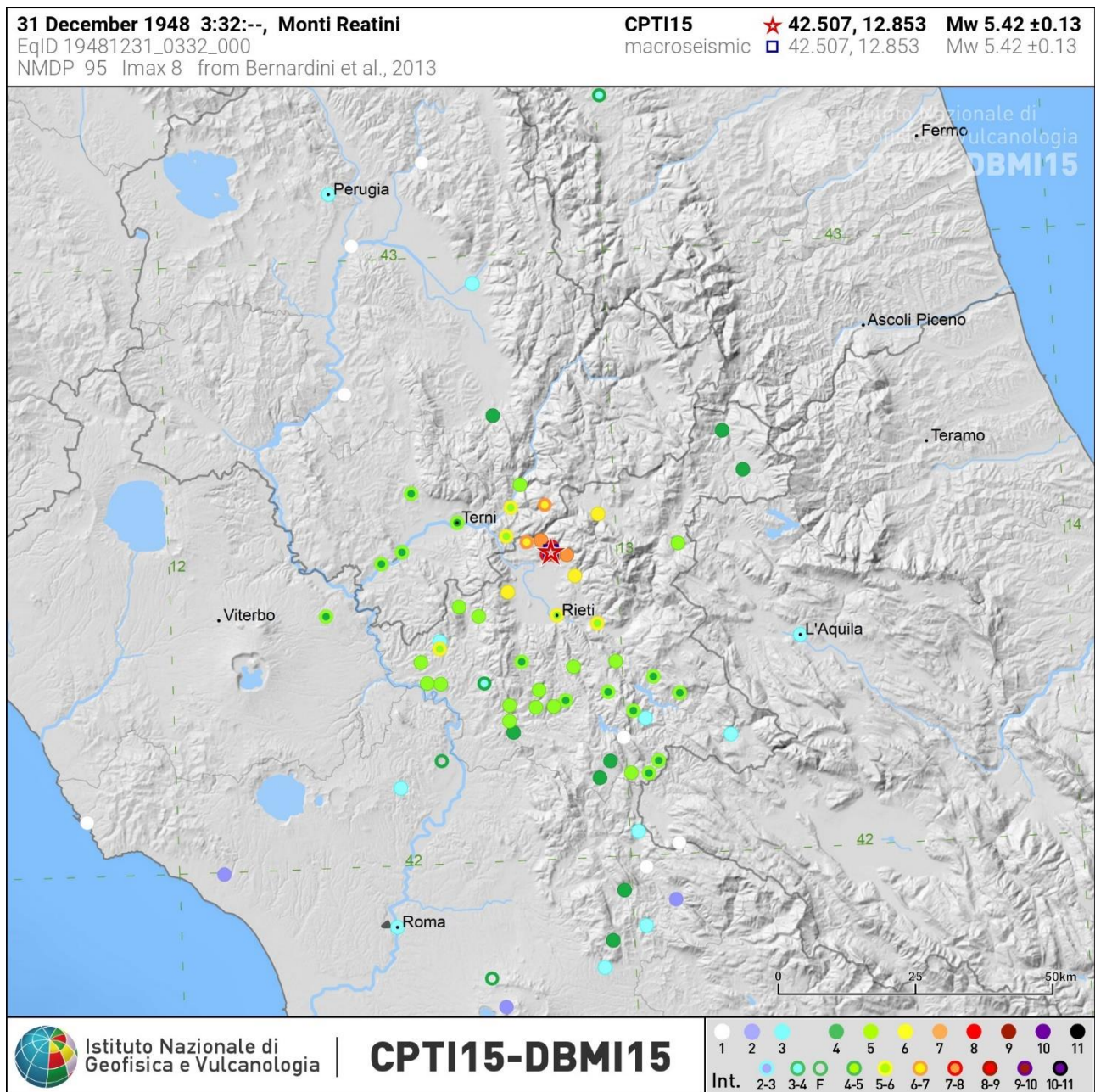


Figura 11: Campo macrosismico per l'evento del 31 dicembre 1948, intensità VIII MCS a Rivodutri. Fonte: CPTI-DBMI.

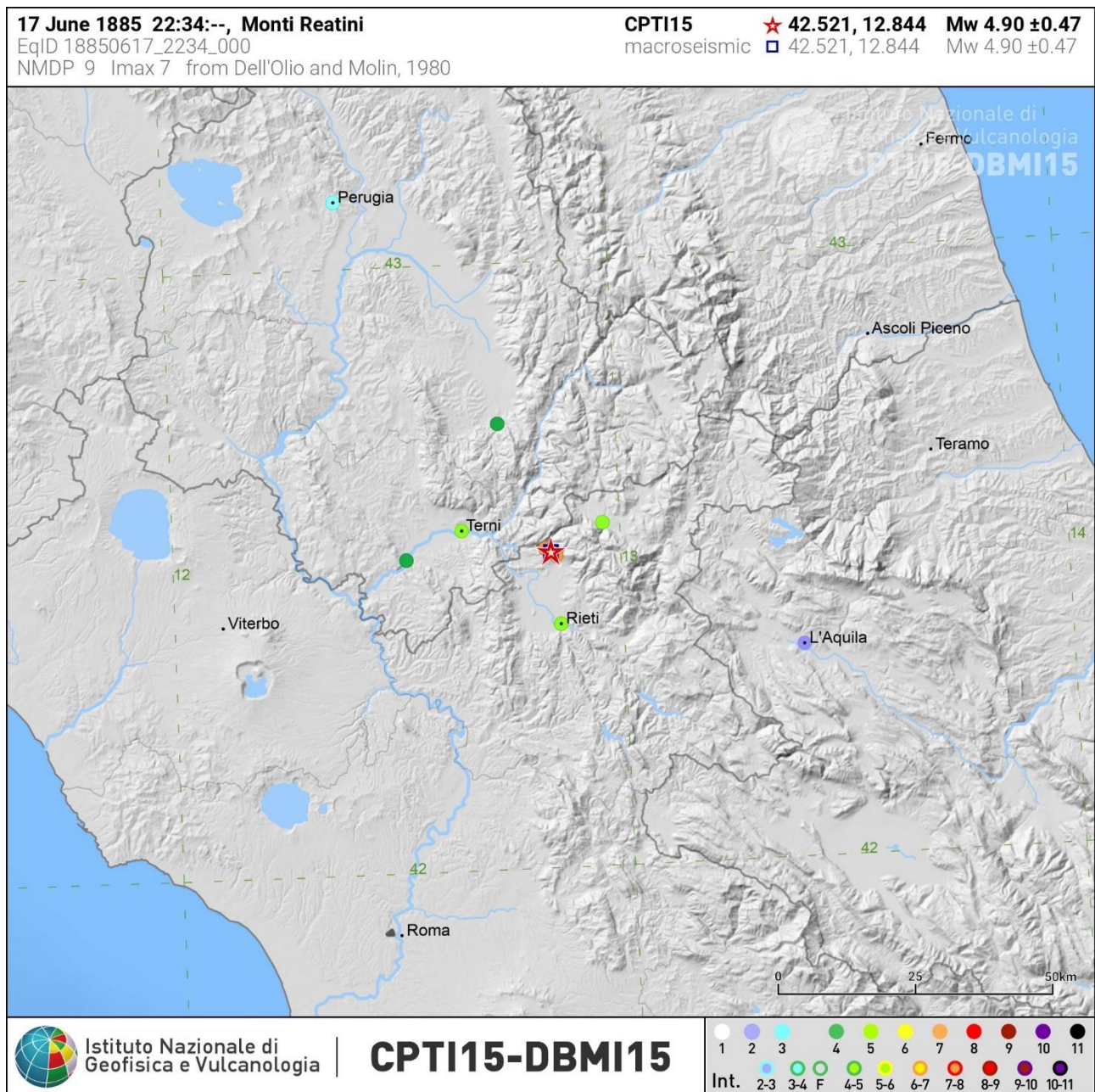


Figura 12: Campo macrosismico per l'evento del 17 giugno 1885, intensità VII MCS a Rivodutri. Fonte: CPTI-DBMI.

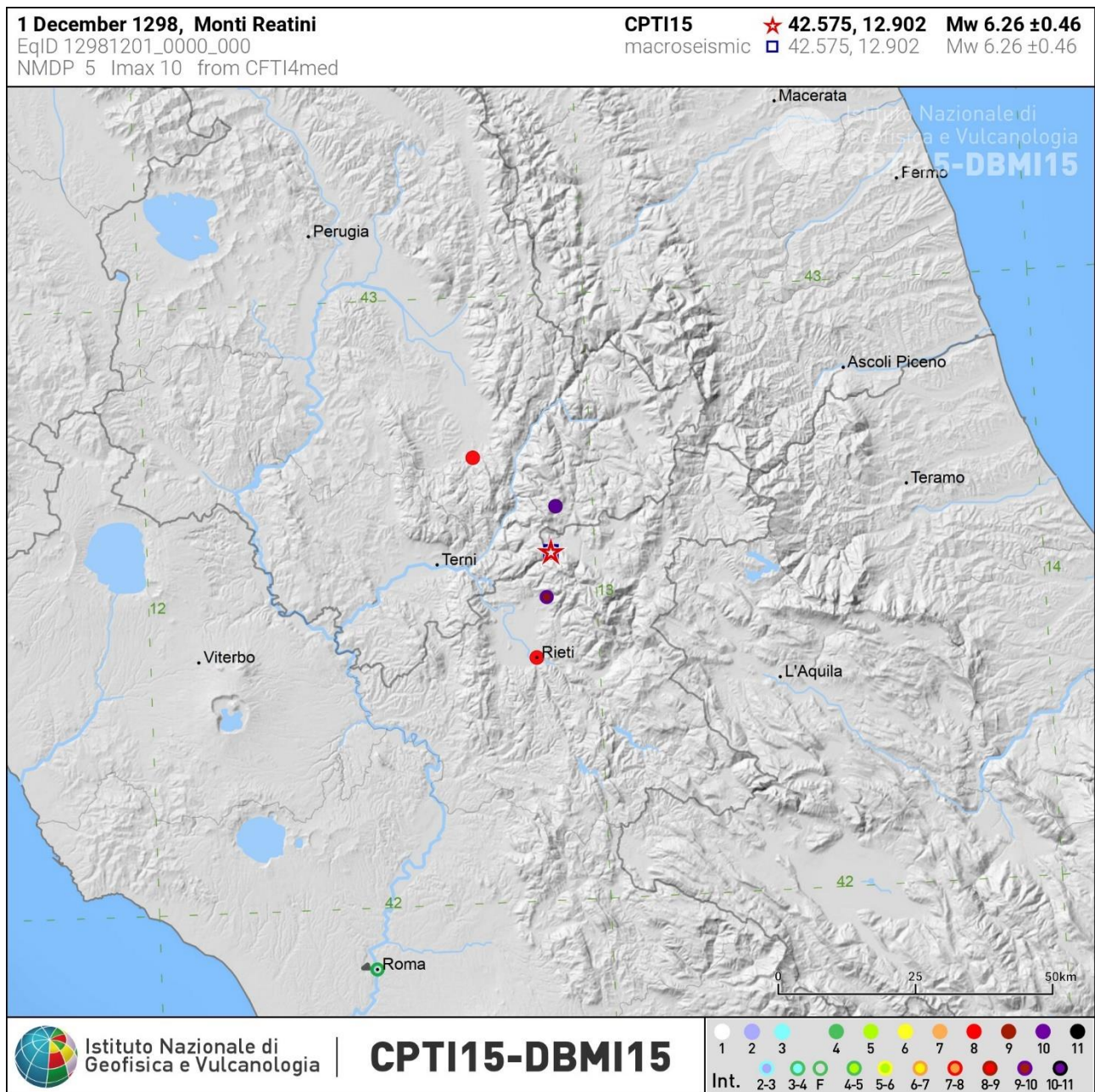


Figura 13: Campo macrosismico per l'evento del 1 dicembre 1298, intensità IX-X MCS a Poggio Bustone. Fonte: CPTI-DBMI.

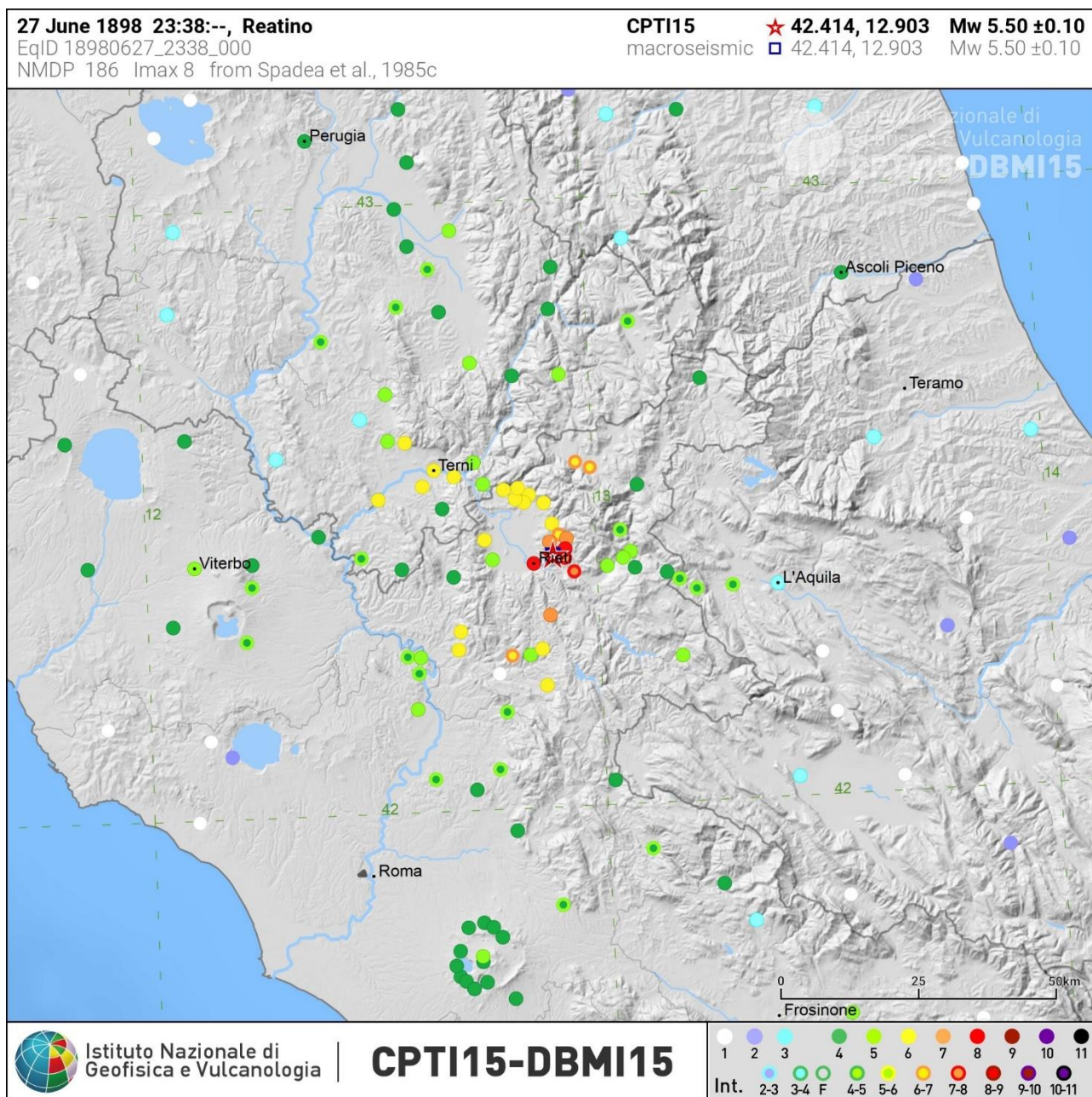


Figura 14: Campo macrosismico per l'evento del 27 giugno 1898, intensità VIII MCS nella zona meridionale della conca di Rieti. Fonte: CPTI-DBMI.

2.2 CONDIZIONE 2: DATI DI LETTERATURA INERENTI ALLA PRESENZA DI FAGLIE IN FORMAZIONI TARDO- PLEISTOCENICHE - OLOCENICHE

Nella letteratura scientifica sono disponibili numerosi studi che hanno investigato l'attività recente delle faglie della piana reatina (e.g., Cavinato, 1993; Brunamonte et al., 1993a; 1993b; Michetti et al., 1995; Micarelli et al., 2003). La Figura 15 mostra la posizione delle faglie bordiere del bacino di Rieti, così come mappate in Ithaca (Sistema di Faglie del Bacino di Rieti <http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/SchedaFaglia.aspx?faultcode=21001>). Si tratta nel complesso di faglie normali o transtensive ad alto angolo, orientate circa E-W, NNW-SSE e N-S, con rigetto massimo dell'ordine delle centinaia di metri (Micarelli et al., 2003).

Gli studi includono rilevamenti di terreno e acquisizione di dati strutturali, analisi morfotettonica e trincee paleosismologiche. Tutti gli studi concordano sulla presenza di faglie ad attività recente, ma sussistono diverse interpretazioni per quanto riguarda la posizione precisa delle faglie e la cinematica del movimento.

Il **margine settentrionale della piana reatina** è caratterizzato dalla presenza di segmenti di faglia ad andamento E-W, in *en-echelon* con *step* sinistro. Nel complesso, i depositi villafranchiani sono ribassati di 400-500 m, come testimoniato dalla differente quota di affioramento sui due lati della faglia, che suggeriscono *slip rates* di circa 0.4 mm/a (Michetti et al., 1995).

Le due faglie di interesse per il presente rapporto sono denominate Faglia di Apoleggia – Piedicolle e Faglia di Villaggio Santa Maria. Quest’ultima è indicata da Micarelli et al. (2003) come “faglia della SS79”. Secondo Micarelli et al. (2003), entrambe le faglie sono caratterizzate da cinematica da transtensiva a trascorrenza destra; Micarelli et al. (2003) interpretano il settore settentrionale della piana reatina come l’espressione di una zona di taglio trascorrente destra di lunghezza 10-14 km. I diversi segmenti sono separati da *transfer zones* a deformazione diffusa, il che lascia supporre che la faglia non si espliciti come un’unica traccia, ma sia distribuita in una zona più ampia. Michetti et al. (1995) interpretano come *master fault* del bacino reatino post-Villafranchiano la faglia bordiera occidentale, mentre il margine settentrionale, rappresentato dalle faglie di Apoleggia – Piedicolle e di Villaggio Santa Maria, sarebbe il risultato di movimenti lungo *tear fault* con componente trascorrente sinistra (Roberts and Michetti, 2004).

Una trincea paleosismologica è stata inoltre eseguita da Michetti et al. (1995) attraverso la Faglia di Apoleggia – Piedicolle (trincea “Piedicolle” in Figura 15): questa indagine ha permesso di ricostruire almeno due eventi di fagliazione superficiale riferibili ad un periodo tardi-glaciale – Olocenico.

La Faglia di San Liberato (Figura 15), che corre al **margine orientale del bacino di Rieti** con direzione ca. N160, ribassa la sequenza carbonatica nel blocco occidentale e mette in contatto, in superficie, il substrato mesozoico, verso est, con il Villafranchiano s.l. o con depositi di versante di età verosimilmente tardi-glaciale, olocenica. La faglia è affiorante in alcuni punti all’interno e a monte dell’abitato di San Liberato.

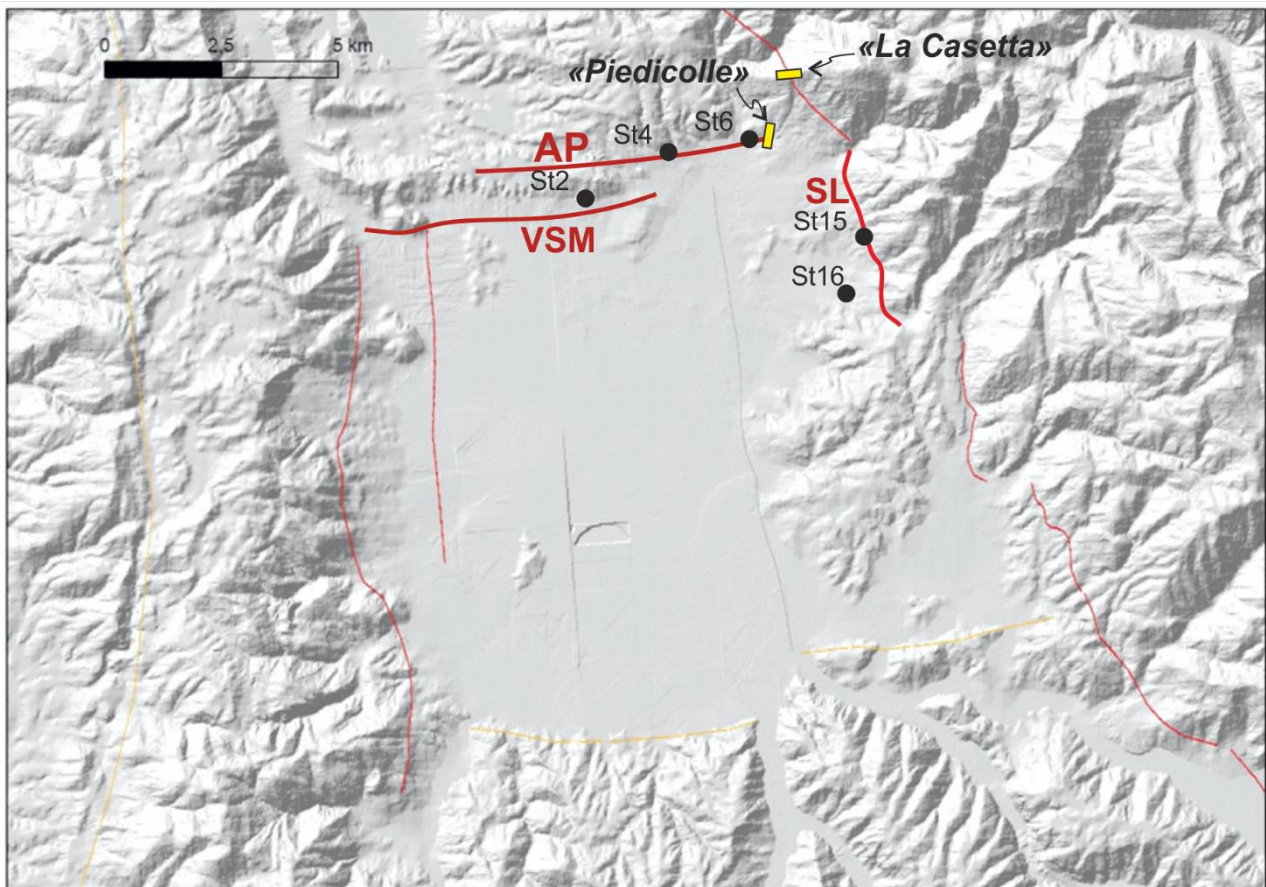


Figura 15: Modello digitale del terreno del bacino di Rieti e traccia delle faglie da Ithaca: sono indicate le stazioni di rilevamento strutturale (punti neri) riportate da Micarelli et al. (2003), le trincee paleosismologiche discusse nel testo (rettangoli gialli) e, in rosso con tratto spesso, le strutture oggetto di approfondimento: AP, Faglia di Apoleggia – Piedicolle; VSM, Faglia di Villaggio Santa Maria; SL, Faglia di San Liberato.

Di seguito vengono sintetizzati i dati di letteratura sui segmenti di faglia che interessano le località oggetto del presente rapporto. Tutte le segnalazioni riportate in letteratura sono state verificate tramite rilievi originali di terreno (cfr capitolo 4 e Allegato 3 per le schede di dettaglio sui punti di osservazione).

Faglia di Apoleggia – Piedicolle

Faglia normale ad andamento E-W, investigata da Micarelli et al. (2003) mediante un dettagliato rilevamento strutturale e da Michetti et al. (1995) con due trincee paleosismologiche («Piedicolle» in Figura 15 e Figura 16 per una mappa di dettaglio). Le trincee sono state scavate alla base della scarpata che rappresenta il bordo settentrionale della conca reatina, al contatto tra substrato e depositi sciolti. Le trincee mostrano una sequenza di depositi di versante dello spessore di 4 metri, a contatto per faglia con il substrato carbonatico. La zona di faglia è formata da due piani distinti e nelle trincee sono identificabili almeno due eventi di fagliazione superficiale cosismica (Michetti et al., 1995).

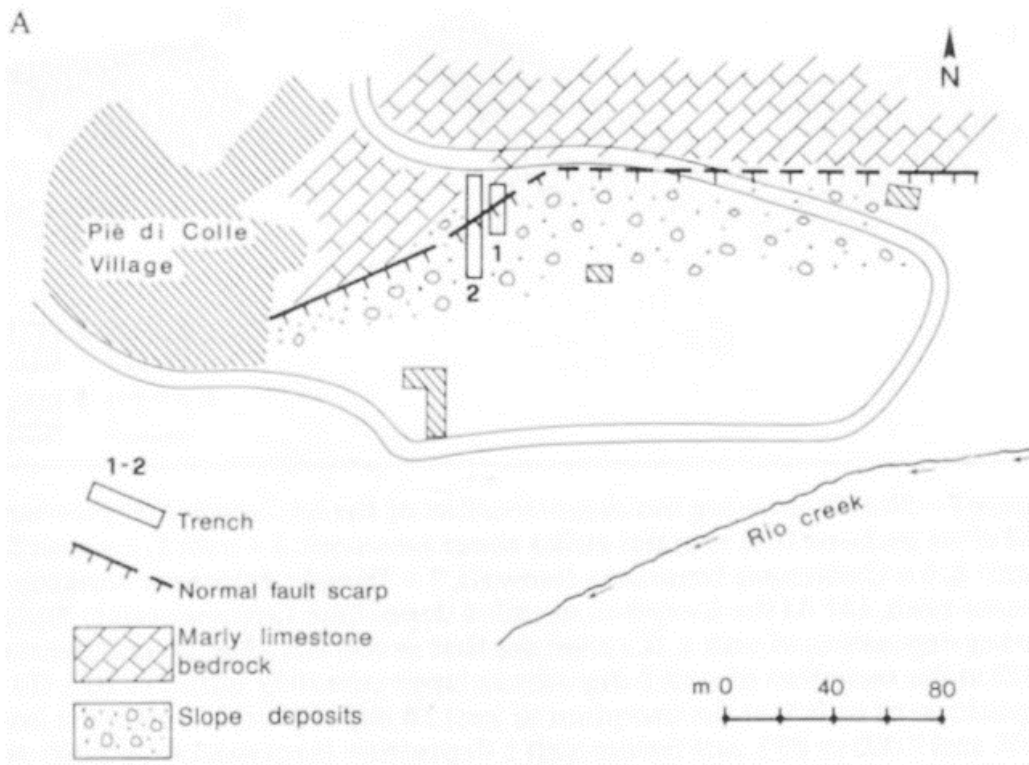


Figura 16: ubicazione delle trincee paleosismologiche scavate nel sito di Piedicolle (da Michetti et al., 1995).

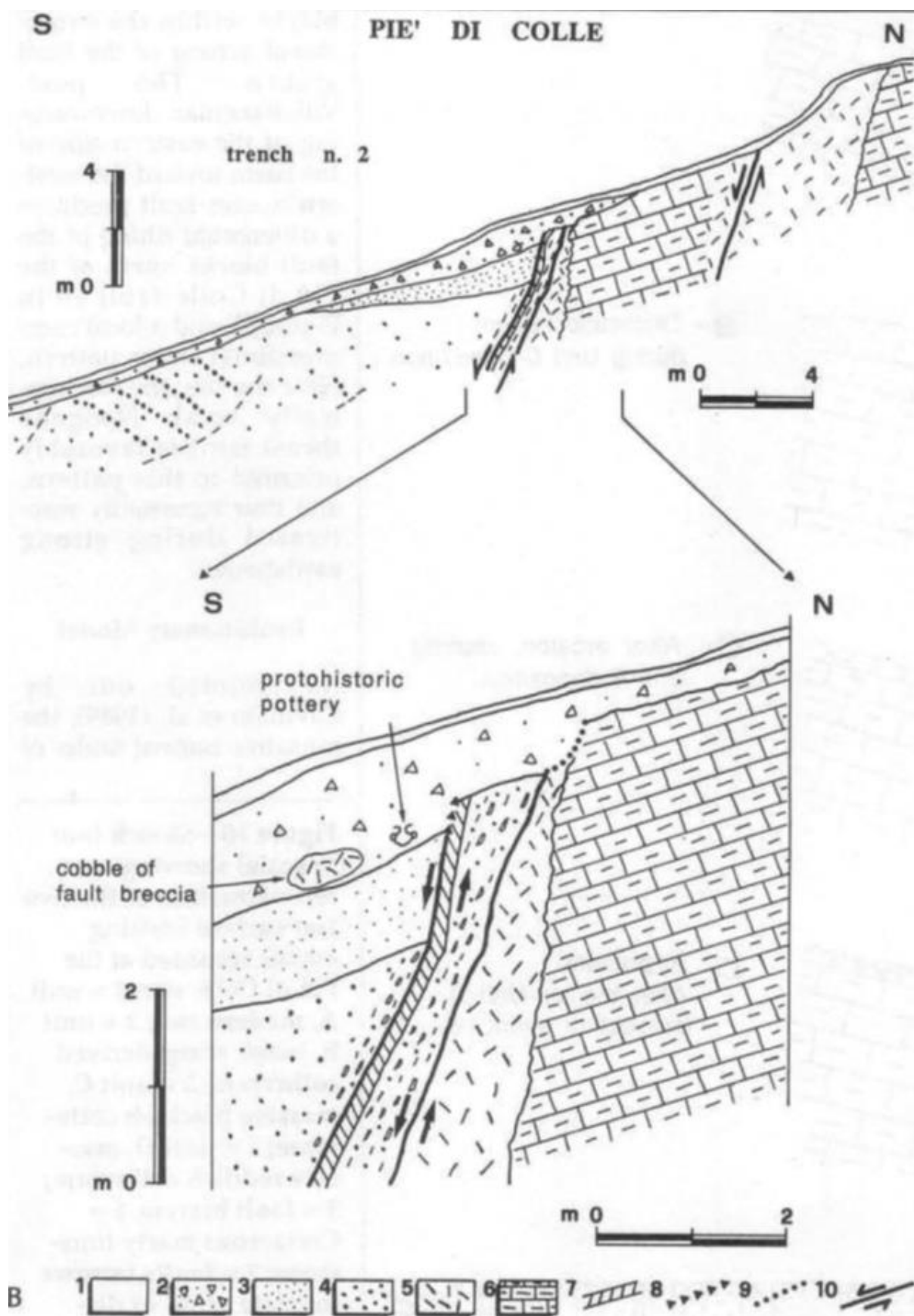


Figura 17: Log della trincea n. 2 di Piedicolle, parete W (da Michetti et al., 1995). 1: unità A, suolo recente; 2: unità B, colluvium sciolto; 3: unità C, colluvium massivo nero; 4: unità D, colluvium massivo rossiccio; 5: breccia di faglia; 6: calcare marnoso Cretacico; 7: crosta carbonatica; 8: free-face sepolta; 9: free-face degradata; 10: faglie (le frecce indicano il senso di movimento).

Faglia di Villaggio Santa Maria

Faglia normale ad andamento E-W che borda il rilievo montuoso di Colli di Labro e prosegue nella piana reatina, interessando la località di Villaggio Santa Maria. La porzione occidentale è stata oggetto di rilevamento strutturale ad opera di Micarelli et al. (2003).

Nel settore occidentale, interessa la formazione della Maiolica, mentre a sud di Colli di Labro si osserva un contatto tettonico, con piani a direzione N90-N100, tra conglomerati del Pleistocene inferiore e detrito di versante olocenico (Micarelli et al., 2003). I conglomerati sono interessati da una scarpata di altezza compresa tra i 10 e i 25 m, la cui porzione basale presenta morfologia fresca, e giacitura di 190/70. Spostandosi verso Est, la faglia borda il Monte Castagneto, mettendo in contatto il substrato (Maiolica) con i conglomerati pleistocenici. Le superfici di faglia esposte sono prive di asperità e suggeriscono movimento cosismico recente (Micarelli et al., 2003).

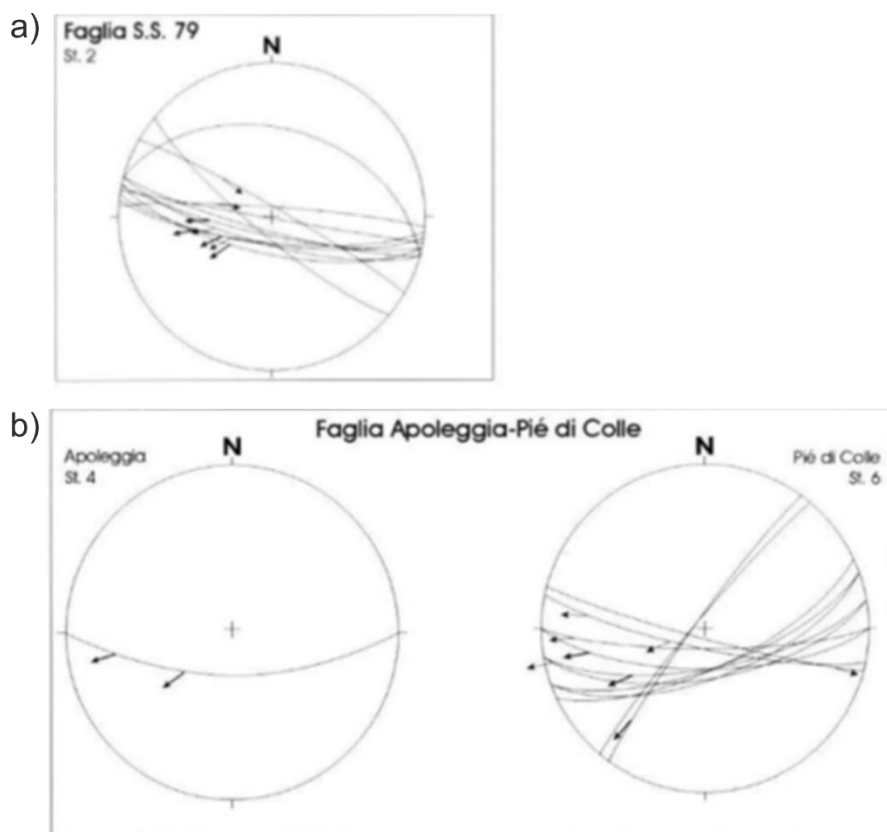


Figura 18: Stereogramma (reticolo di Schmidt, emisfero inferiore) per gli elementi strutturali lungo le faglie di: a) Villaggio Santa Maria (faglia della SS79 secondo Micarelli et al., 2003) e b) Faglia di Apoleggia-Piedicolle; l'ubicazione delle stazioni strutturali è riportata in Figura 15 (modificato da: Micarelli et al. 2003).

Faglia di San Liberato

Questo segmento fa parte delle faglie bordiere del margine orientale della conca reatina; si tratta di una faglia normale con direzione N160 che va ad interessare l'area di San Liberato. La faglia ribassa la sequenza carbonatica nel blocco occidentale e mette in contatto, in superficie, il substrato mesozoico, verso est, con il Villafranchiano s.l. o con depositi di versante di età verosimilmente tardo-glaciale, olocenica. La faglia è affiorante in alcuni punti all'interno e a monte dell'abitato di San Liberato. In particolare, in località Cerquiglie, Micarelli et al. (2003) segnalano che la faglia, con direzione N150, taglia depositi di versante tardo-Pleistocenici (Figura 19).



Figura 19: Faglia di San Liberato nei pressi di località Cerquiglie, a nord di San Liberato - Stazione 15 in Figura 15 (da Micarelli et al., 2003).

La Figura 20 mostra i dati strutturali della stazione 16 di Micarelli et al. (2003), che riportano cinematiche di tipo transtensivo sinistro.

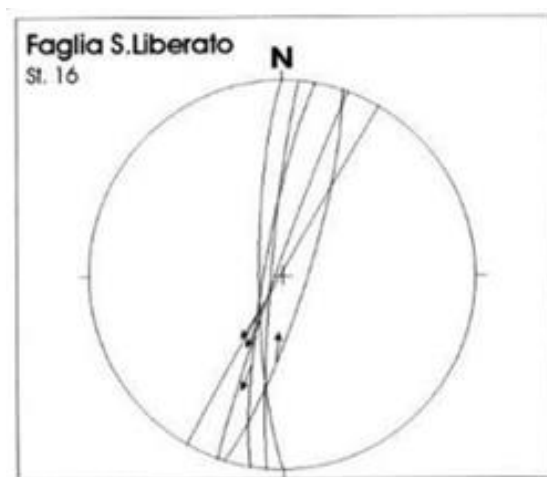


Figura 20: Stereogramma (reticolo di Schmidt, emisfero inferiore) per gli elementi strutturali rilevati in corrispondenza della stazione 16 (Figura 15), lungo la faglia di San Liberato. (da Micarelli et al. 2003).

Il segmento più settentrionale del margine orientale del bacino di Rieti è denominato “Faglia di Poggio Bustone – Scoglio del Bobbo” da Micarelli et al. (2003), che identificano due faglie sub-parallele a direzione N120; la faglia più a monte è all’interno del Calcare Massiccio, mentre il lineamento più a valle mette a

contatto il Calcare Massiccio con depositi di versante. Entrambi i lineamenti presentano fasce cataclase a cinematica da normale a trascorrente destra. Alcune trincee paleosismologiche sono state realizzate in località "La Casetta", al margine settentrionale della Faglia di San Liberato (Brunamonte et al., 1993a; Michetti et al., 1995). L'assetto locale presenta una sella morfologica lungo il versante del Monte Rosato, impostato nel substrato mesozoico (Brunamonte et al., 1993a). La trincea ha evidenziato una faglia inversa con direzione N120-N160, che interessa depositi di versante di età quaternaria. L'evento più recente è datato a ca. 5-6 ka BP e il tasso di sollevamento medio negli ultimi 40.000 anni è maggiore di 0.2 mm/a. All'interno del generale contesto distensivo, la faglia con cinematica inversa viene interpretata dagli Autori come un effetto localizzato legato alla geometria dei blocchi fagliati o ad una componente legata ad effetti superficiali, quali riattivazione di strutture preesistenti o effetti topografici (Brunamonte et al., 1993a; Michetti et al., 1995). Un'interpretazione alternativa, proposta da Micarelli et al. (2003) considera la tettonica compressiva registrata al sito di "La Casetta", come derivante da una zona localizzata di contrazione in corrispondenza di uno *step* sinistro della zona di trascorrenza destra, bordiera del bacino verso nord.

2.3 CONDIZIONE 3: SEGNALAZIONI DI EVIDENZE DI ATTIVITÀ RECENTE DELLE FAGLIE RILEVATE SUL CAMPO DA GEOLOGI, DURANTE I RILIEVI GEOLOGICO-TECNICI PER LA STESURA DELLE CARTE DI MS

Comune di Rivodutri

Nella cartografia della MS, la traccia delle FAC è interrotta in corrispondenza del confine tra i Comuni di Rivodutri e di Morro Reatino (e.g., Figura 3), presumibilmente per una discrepanza nel sistema di coordinate. Lo studio di MS3 per il comune di Rivodutri non ha comportato studi specifici sulle FAC ricadenti nel territorio comunale (Comune di Rivodutri, 2017); la carta delle MOPS riporta infatti le Zone di Attenzione per faglia capace (ZAFAC) per le faglie bordiere del bacino di Rieti, che risultano cartografate direttamente dal database ITHACA (ISPRA).

Comune di Cantalice

La traccia della Faglia di San Liberato, così come mappata nella MS3, si discosta parzialmente da quanto mappato in ITHACA (ISPRA). Si riporta di seguito la descrizione della faglia, direttamente dalla relazione di MS3 (Comune di Cantalice, 2018):

"Nel settore a nord - nord est del capoluogo un importante motivo tettonico a direzione N160, la faglia attiva e capace riportata anche nella cartografia a corredo della presente relazione, ribassa i calcari della Maiolica portandoli a contatto con i depositi villafranchiani. Tale elemento sulla base dell'ubicazione riportata nel database Ithaca si segue in direzione sud fino ad intercettare Via G. Garibaldi, sopra la scuola media nel margine destro del fosso di Cantalice. Dopo di che a fondo valle non ci sono evidenze robuste della presenza di questo lineamento tettonico. Lineamento che ricompare però più a S, in sinistra idrografica del fosso di Lisciano, alle pendici del gruppo del Monte Terminillo. Mentre in direzione nord, verso Poggio Bustone, partendo da Via G. Garibaldi, la faglia attiva e capace attraversa l'intera area di studio restando a quota circa 650 m s.l.m.

Durante gli studi di Microzonazione di primo livello, l'incaricato alla redazione (Geol. D. Marchetti) dello studio ha fatto formale richiesta all'ISPRA di chiarimenti circa la precisa ubicazione di detta faglia all'interno del nucleo urbano, essendo la cartografia ITHACA alla scala del 100000. Lo stesso istituto ha rivisto l'ubicazione presente sul catalogo ITHACA sulla base dei rilevamenti CARG inediti (n.d.r. Figura 21). A seguito dell'approfondimento al terzo livello il gruppo di lavoro su supporto dell'Università degli Studi di Roma 1 "La Sapienza" ha ulteriormente apportato modifiche alla traccia di faglia attiva e capace in questione. Le modifiche hanno previsto un tratto incerto di faglia potenzialmente attiva e capace funzionale al raccordo dei due rami cartografati sul primo livello. Il tratto incerto passa sotto al nucleo abitato di San Liberato."



Figura 21: estratto dall'Allegato 1 della relazione di MS3 del Comune di Cantalice (Comune di Cantalice, 2018) con la traccia aggiornata della FAC di San Liberato.

Lo studio di MS si è anche avvalso di diverse prove di tipo MASW e di uno stendimento per la tomografia sismica, sullo stesso stendimento della prova MASW MW06 (Comune di Cantalice, 2018). La sorgente di energia utilizzata per la prova era una mazza battente di 10 kg. La Tomografia sismica è stata eseguita utilizzando geofoni verticali da 4.5 Hz con geofoni distanziati di 3 m ciascuno. La tomografia sismica è stata elaborata mediante *software Rayfract* che utilizza un algoritmo di tipo WET (*Wavepath Eikonal Traveltime* – Comune di Cantalice, 2018).

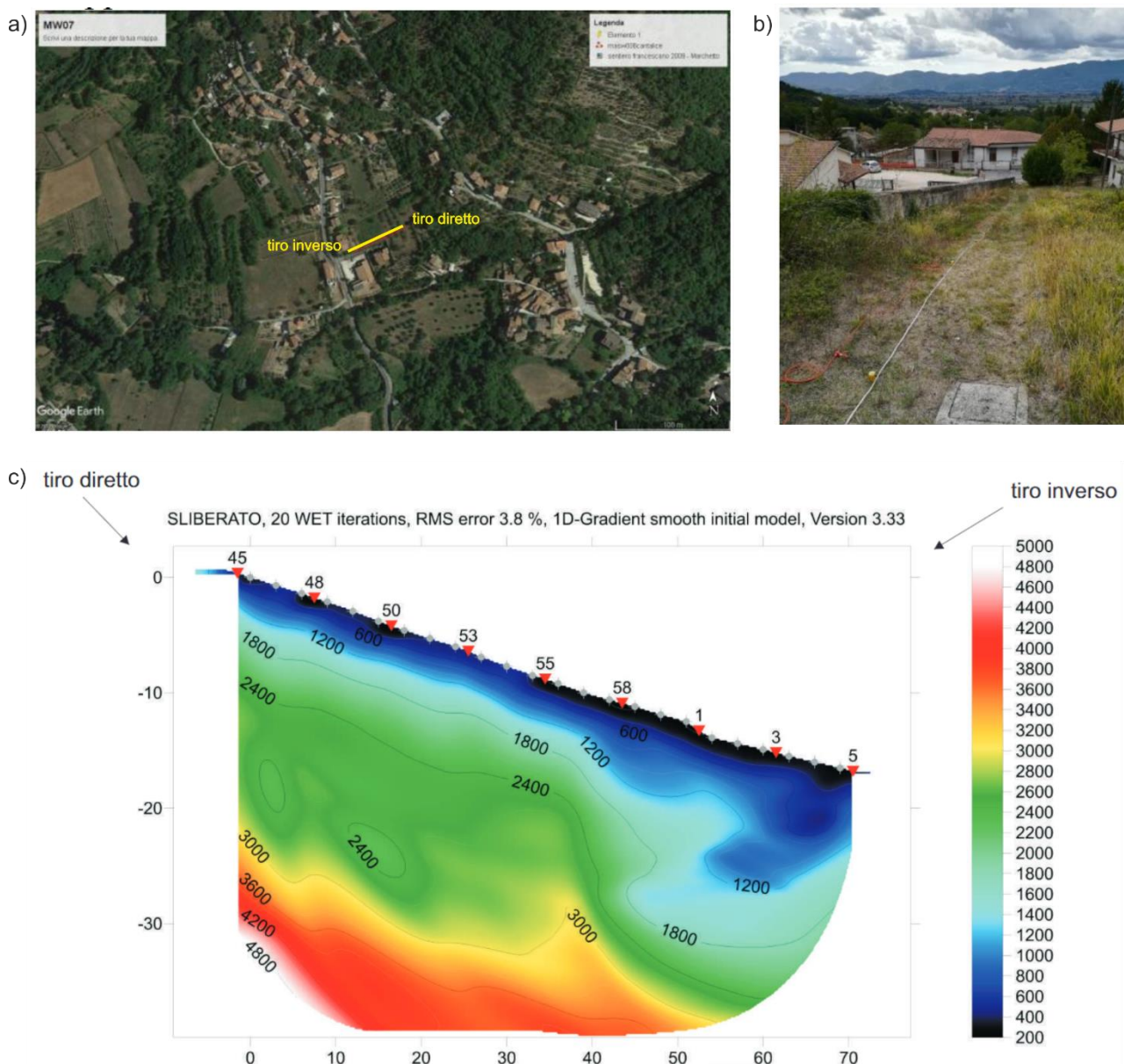


Figura 22: Indagine di tomografia sismica effettuata per lo studio di MS in Località San Liberato: a) localizzazione ed orientazione dell'indagine; b) foto del sito durante l'esecuzione dell'indagine, vista da NE verso SO; c) tomografia sismica (modificato da: Comune di Cantalice, 2018).

Dalla sezione tomografica risultante (Figura 22c) si nota una variazione laterale del campo delle velocità, dalla progressiva 55 con un abbassamento delle linee di iso-velocità nel tratto verso valle.

2.4 INDICAZIONI SUI LIVELLI DI INCERTEZZA DEI DATI DISPONIBILI

I dati di letteratura disponibili risultano dettagliati e attendibili; le segnalazioni di attività recente di faglia sono ben vincolate in alcuni punti (e.g., piano di faglia affiorante in roccia, trincee paleosismologiche) e confermate da rilevamenti di terreno condotti durante la Fase 1.

Le maggiori incertezze riguardano la precisa definizione delle tracce di faglia all'interno dei centri abitati o al di sotto di terreni di copertura; le indagini geofisiche disponibili negli studi di MS non consentono di definire la traccia di faglia con precisione adeguata e sono pertanto necessarie ulteriori indagini geofisiche. Alcune di queste indagini sono già state condotte in collaborazione con INGV e ISPRA. I risultati già elaborati sono presentati di seguito e in Allegato 4, per la completa caratterizzazione dei settori oggetto di studio si rimanda alla relazione conclusiva della Fase 2.

2.5 RISULTATI DELLA VERIFICA DELLE CONDIZIONI PRELIMINARI PER L'ESECUZIONE DI STUDI DI DETTAGLIO

Condizione 1: l'area oggetto di studi di MS ricade in area epicentrale di terremoti storici con Mw >5.5

Nel caso di Cantalice, la massima intensità di VIII MCS è riferita agli eventi sismici del 14 e 16/01/1703; l'evento del 14 gennaio ha Mw 6.92, per cui è verificata la condizione 1 (area oggetto di studi di MS ricade in area epicentrale di terremoti con Mw > 5.5). Inoltre, L'evento del 1/12/1298 ha una Mw 6.26; sebbene le località afferenti al Comune di Cantalice non siano menzionate, a Poggio Bustone, che dista meno di 3 km da Cantalice, è stata assegnata un'intensità di IX-X. Anche in riferimento a questo evento è verificata la condizione 1.

Nel caso di Rivodutri, l'area la massima intensità assegnata dal DBMI (VIII MCS) è riferita all'evento sismico dei Monti Reatini del 31/12/1948, con Mw 5.42. L'evento del 1/12/1298 ha una Mw 6.26; sebbene le località afferenti al Comune di Rivodutri non siano menzionate, a Poggio Bustone, che dista meno di 3 km da Piedicolle, è stata assegnata un'intensità di IX-X. Si ritiene pertanto che la condizione 1 sia verificata anche per il Comune di Rivodutri.

Condizione 2: la letteratura scientifica disponibile già riporta la presenza di faglie all'interno di formazioni tardo-pleistoceniche-oloceniche

Tutte le faglie illustrate in precedenza riportano dati di letteratura attestanti movimenti registrati da terreni tardo-pleistocenici o olocenici; ne consegue pertanto che la condizione 2 sia verificata nelle località di Piedicolle, Apoleggia, Villaggio Santa Maria e San Liberato.

Condizione 3: sono segnalate evidenze di attività recente delle faglie rilevate sul campo da geologi, durante i rilievi geologico-tecnici per la stesura delle carte di MS.

Questa condizione non risulta verificata per il Comune di Rivodutri, poiché le mappe di MS riportano le tracce di faglia direttamente da ITHACA. La Faglia di San Liberato è stata invece segnalata nello studio di MS per il Comune di Cantalice e un tratto incerto di FAC passa al di sotto dell'abitato di San Liberato.

A conclusione della Fase 1, tutte le FAC incluse nei comuni di Rivodutri e Cantalice sono ritenute meritevoli di ulteriore approfondimento, in quanto sono verificate le condizioni preliminari delle linee guida FAC relative alla presenza di sismicità storica rilevante e di segnalazioni attendibili di faglie all'interno di formazioni tardo-pleistoceniche e oloceniche.

3 ANALISI MULTI-TEMPORALE E DELLA TOPOGRAFIA

3.1 CATALOGO DELLE BASI DATI REPERITE E/O CONSULTATE

Le basi dati utilizzate nel presente studio sono elencate di seguito:

- Cartografia di base: tavolette IGM alla scala 1:25.000 e sezioni CTR alla scala 1:10.000.
- Immagini satellitari ad alta risoluzione: immagini Wordview (Maxar), a risoluzione sub-metrica, disponibili su piattaforma Google Earth (ultima acquisizione delle immagini 26/6/2017).
- DTM derivato da rilievo Lidar con risoluzione 1 metro, Regione Lazio, Servizio WMS fornito dal Ministero dell'Ambiente
- Cartografia geologica: per il Quaternario, Foglio "Rieti" del Progetto CARG (in fase di allestimento, dati forniti da Ispra)
- Studi di Microzonazione Sismica di Fase 3 per i Comuni di Cantalice (responsabili: Geol. Marchetti e Geol. Seri) e di Rivodutri (responsabile Geol. Chiaretti)

3.2 RISULTATI DELL'ANALISI MULTI-TEMPORALE E DELLA TOPOGRAFIA

Grazie alle basi cartografiche digitalizzate messe a disposizione si è potuto procedere ad un'accurata analisi del rilievo finalizzata all'interpretazione morfo-tettonica delle forme del paesaggio. L'analisi morfo-tettonica è stata principalmente condotta sul DTM derivato dal LiDAR, coadiuvata da altra cartografia tradizionale. L'analisi è principalmente fondata sull'interpretazione geologico-geomorfologica delle forme del rilievo e si avvale della restituzione cartografica di *raster* derivati direttamente dal DTM in ambiente GIS (i.e., carta delle pendenze, dell'esposizione, della curvatura di profilo) e dell'esecuzione di profili topografici serati attraverso strutture di interesse.

L'analisi morfo-tettonica ha visto dapprima il riconoscimento dei principali elementi lineari e puntuali suggestivi della presenza di lineamenti tettonici attivi. Gli elementi morfo-tettonici non sono singolarmente indicativi di una certa azione di deformazione superficiale di origine tettonica. Gli elementi qui cartografati sono:

- a) scarpate morfologiche ad andamento sub-rettilineo e con orientazione congruente con i locali elementi tettonici fragili e contatti interpretabili tra substrato roccioso e *alluvium/colluvium*: entrambi gli elementi possono essere indicativi di scarpate di faglia, prevalentemente in roccia;
- b) punti di affioramento di faglie ad attività recente, così come segnalati in letteratura;
- c) confluenze fluviali ad angolo retto o doppi gomiti fluviali, che possono riflettere sia un'influenza passiva sulla strutturazione del reticolo idrografico che essere suggestivi di attività recente;
- d) selle morfologiche: solitamente indicative di debolezze nell'ammasso roccioso con conseguente erosione differenziale;
- e) controscarpate, trincee morfologiche, valli allineate e sdoppiamenti di cresta: solitamente indicativi di movimenti attivi sia di tipo tettonico che di tipo gravitativo.

3.2.1 Analisi morfo-tettonica: Comune di Rivodutri

Di seguito si fornisce un riassunto dell'interpretazione preliminare della topografia in chiave morfo-tettonica. Si riportano diversi estratti dell'interpretazione fatta in ambiente GIS.

Le tre località sono ubicate in settori morfologicamente diversi: Apoleggia è situata su una dorsale in roccia, in posizione elevata rispetto al territorio circostante (quota circa 490 m slm); Piedicolle è situata su un

conoide alluvionale e la località come perimetrata nella MS include la conoide, una piccola parte alla base del versante montuoso e una parte che si affaccia sulla piana reatina. Infine, Villaggio Santa Maria è ubicato a quote 380-400 m slm, su depositi villafranchiani.

Queste diverse caratteristiche ovviamente si riflettono nelle forme osservabili su LiDAR (Figura 23). In generale, è stato possibile mappare una serie di scarpate orientate circa E-W, che interrompono la continuità dei versanti montuosi. Sono diffuse confluenze fluviali ad angolo retto o gomiti fluviali e sono presenti dei tratti di alveo in incisione, in particolare a Nord di Villaggio Santa Maria.

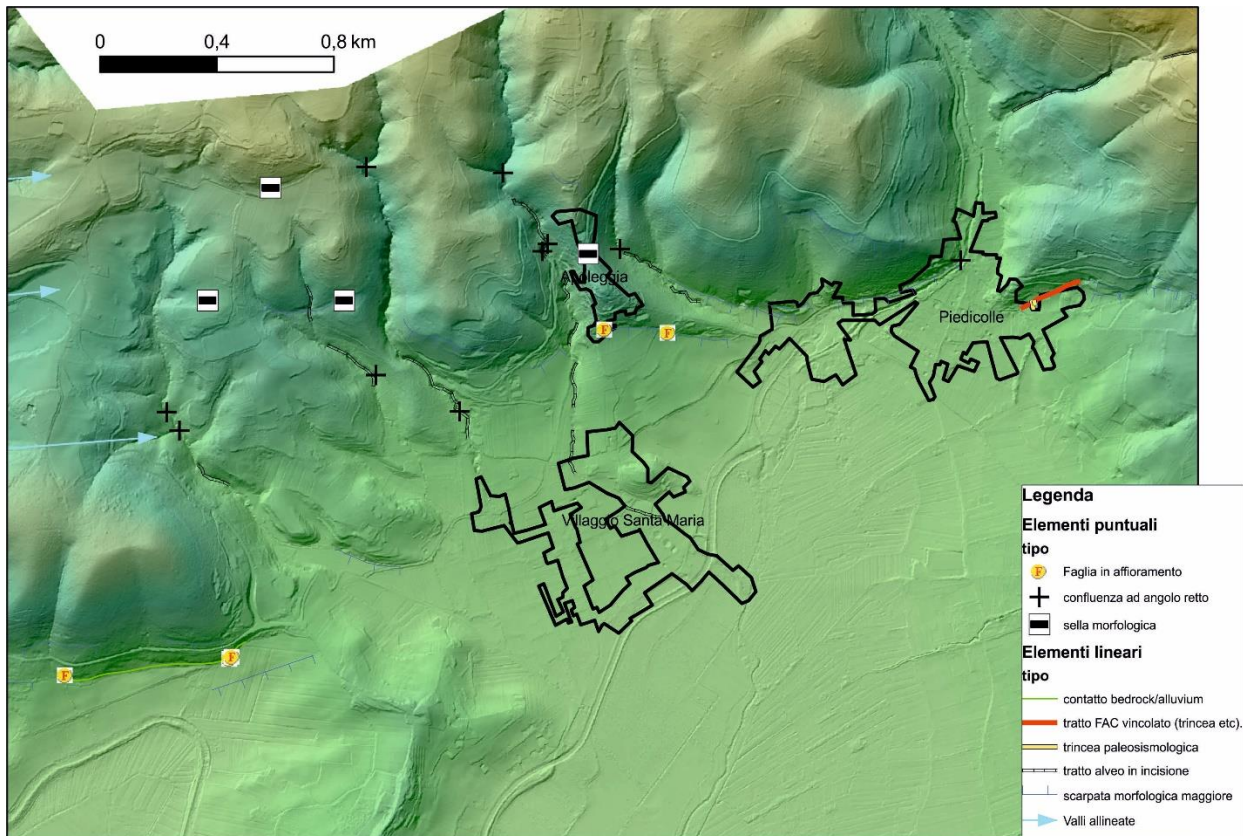


Figura 23: Interpretazione morfo-tettonica del settore di Apoleggia, Piedicolle e Villaggio Santa Maria.

La Figura 24 presenta un dettaglio sulla zona di Piedicolle. Sono mappate diverse scarpate ad andamento E-W, che sono ubicate alla base del versante montuoso. Nel settore più a W della località perimetrata in MS sono presenti scarpate multiple, subparallele tra loro. Nel settore orientale, sono riportate le evidenze di letteratura (trincee di Michetti et al., 1995), ubicate in continuità con scarpate morfologiche che rappresentano il margine tra il rilievo montuoso e la piana reatina.

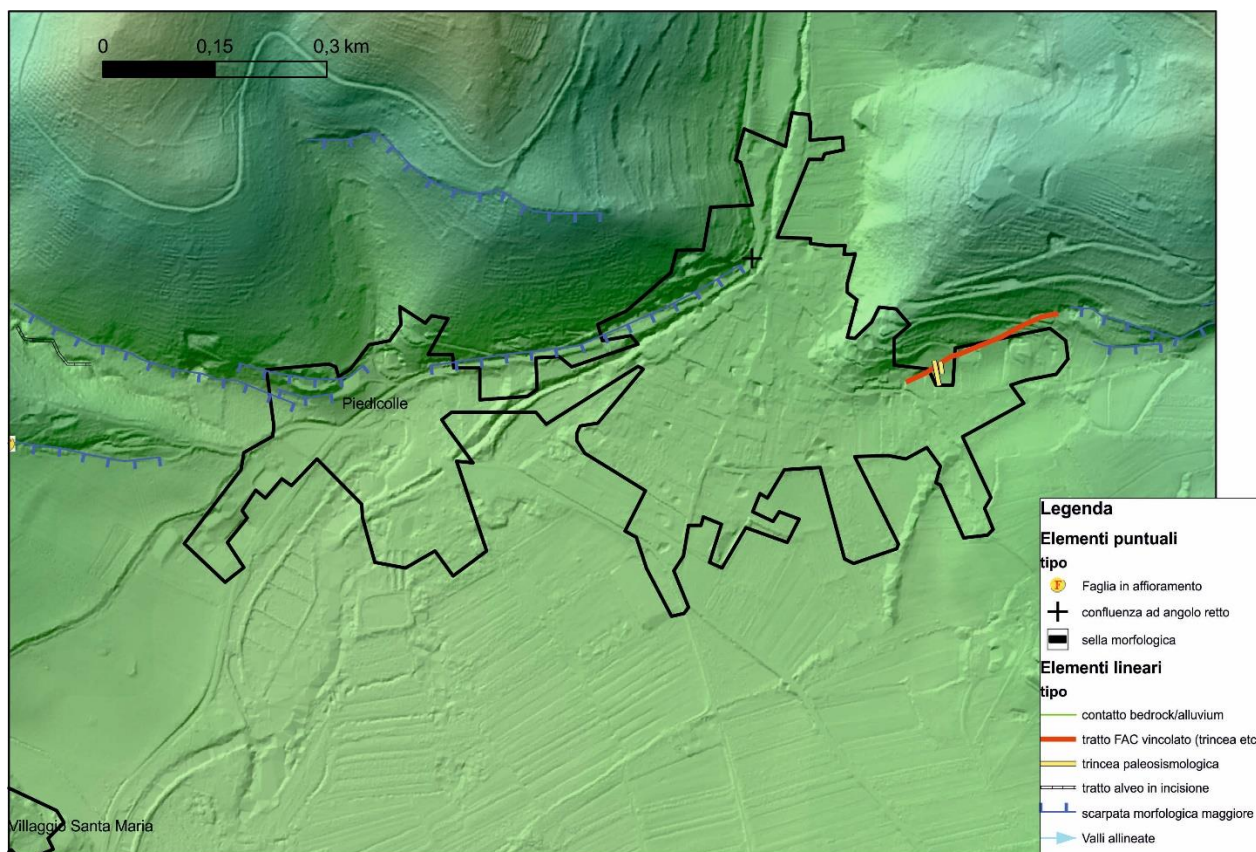


Figura 24: Interpretazione morfo-tettonica del settore di Piedicolle.

3.2.2 Analisi morfo-tettonica: Comune di Cantalice

Di seguito si fornisce un riassunto dell'interpretazione preliminare della topografia, in chiave morfo-tettonica. Si riportano diversi estratti dell'interpretazione fatta in ambiente GIS.

La località San Liberato occupa un areale che si estende su due settori caratterizzati da forme ed evidenze morfo-tettoniche diverse, separate circa dal Vallone di San Liberato (Figura 25).

Il settore settentrionale (Figura 26) vede la presenza di un versante estremamente regolarizzato rotto, a monte dell'abitato, da una serie di scarpate a direzione prevalente N160-140. L'altezza totale di queste scarpate, di carattere composito, varia dai 5 ai 10 metri, misurata sulla base della pendenza media dei versanti a monte e a valle (profili in Figura 26). A monte delle scarpate si registra un locale approfondimento di una serie di piccoli canali rettilinei, scavati in roccia, per un tratto di circa 100 metri di lunghezza. Nessuna forma è stata interpretata all'interno del nucleo abitato a parte due scarpate ad andamento curvilineo che delimitano verso monte un'area in frana a movimento lento (3013 in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) e che separa le zone di Case Strinati e Scuola Elementare, precedentemente citate (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** e Sezione 1.2.1), che si caratterizzano per un diverso assetto stratigrafico del sottosuolo.

Il Vallone di San Liberato separa la zona appena descritta da quella meridionale. Il Vallone stesso, di andamento marcatamente rettilineo, risulta essere interpretabile come impostatosi sull'emergenza del piano di scivolamento di una deformazione gravitativa profonda di versante (DGPV) che interessa l'intero versante montuoso a sud della località "Pian de Peiri" (Figura 26). Il versante si presenta molto articolato,

con marcati sdoppiamenti di cresta, creste e valli allineate e trincee morfologiche. Il settore più a valle inoltre appare come interessato da movimenti secondari, a vergenza occidentale.

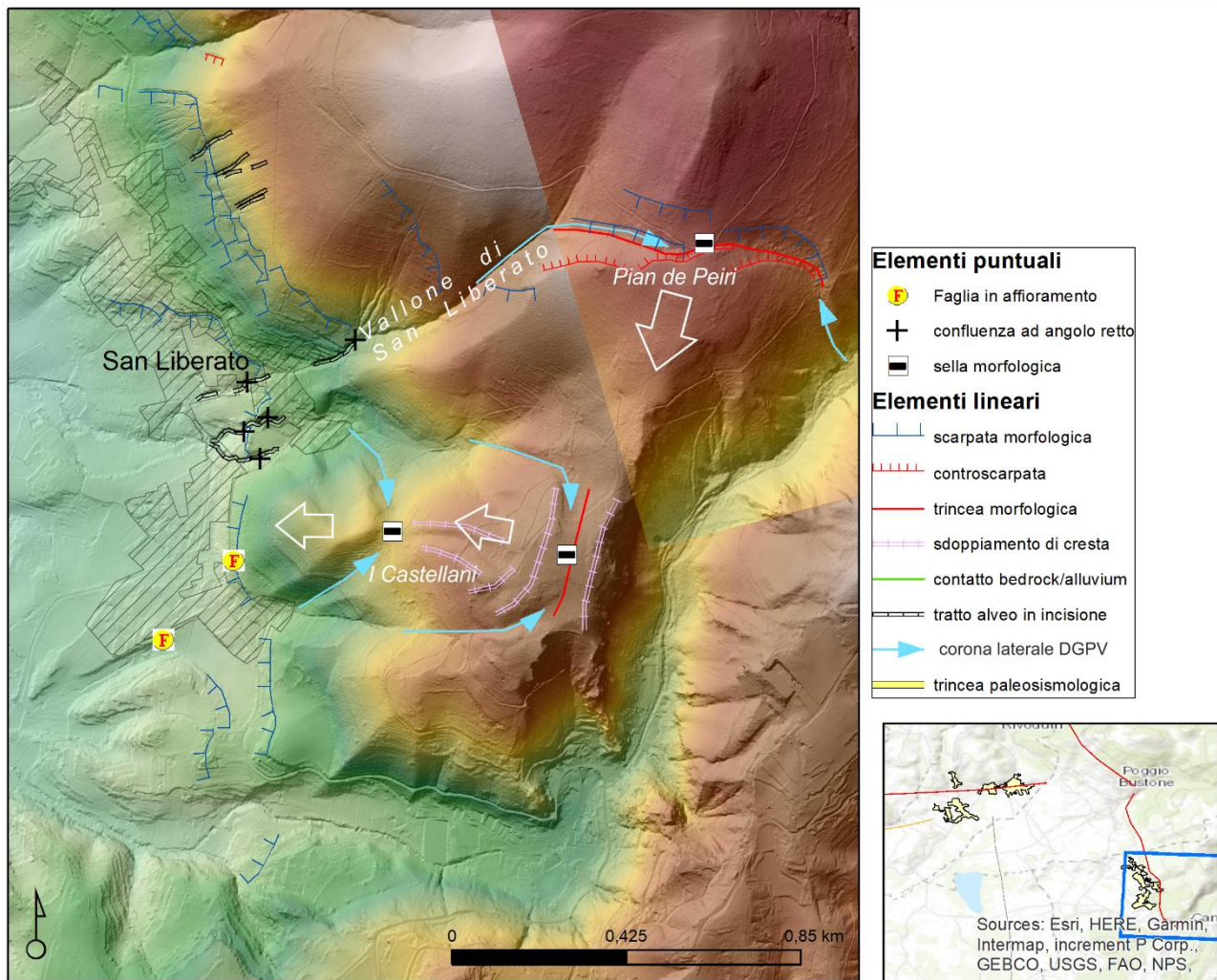


Figura 25: interpretazione morfo-tettonica del settore di San Liberato, sono indicati i toponimi citati nel testo; le frecce bianche indicano un'ipotesi di direzione di movimento di interi settori del versante, per rilasci tensionali ed accomodamenti lenti di tipo DGPV.

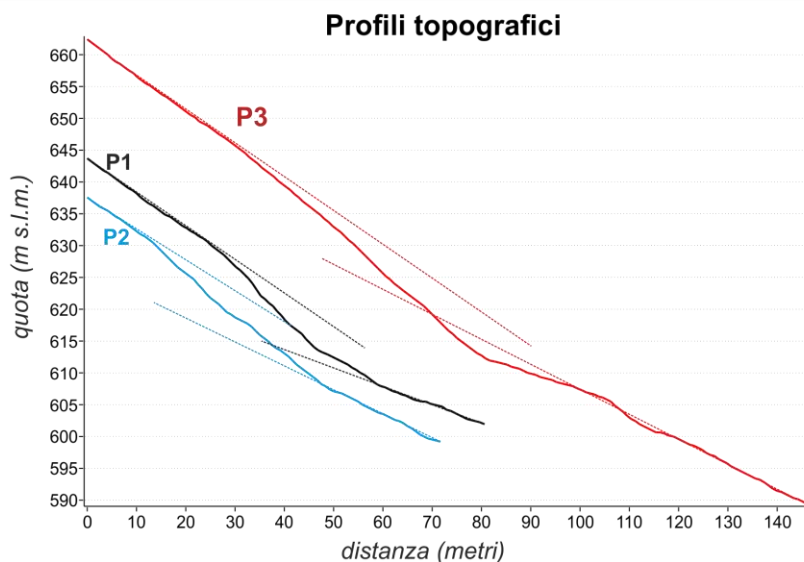
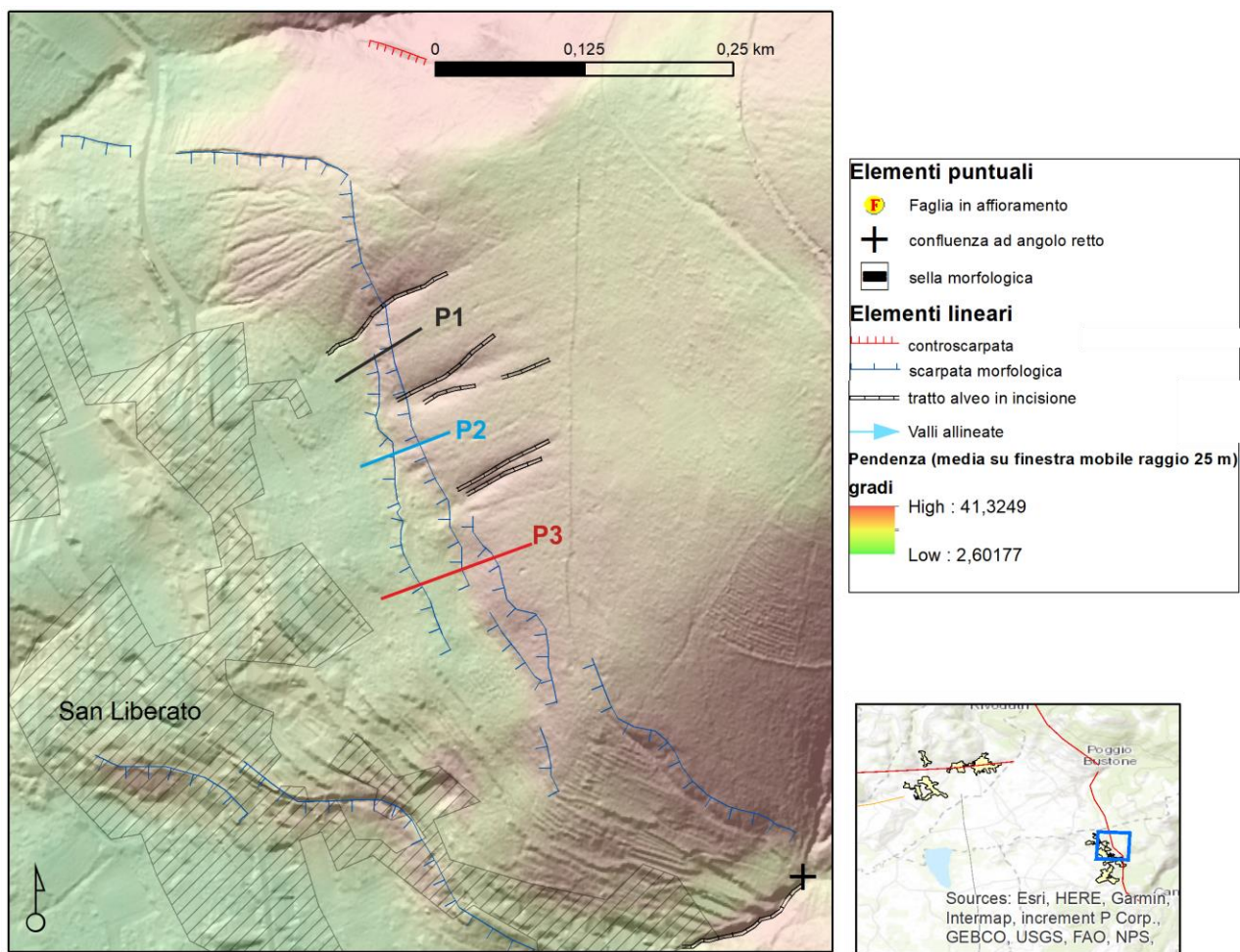


Figura 26: interpretazione morfo-tettonica del settore nord di San Liberato.

L'area di San Liberato a sud del Vallone non presenta delle scarpate in diretta continuità con quelle descritte sopra, pur presentando un fronte montuoso, caratterizzato dalla presenza di brevi e rettilinee scarpate in roccia con tratti di faglia affioranti, appena a monte dell'area delle Località. Il settore in corrispondenza dello sbocco del vallone presenta una serie di doppi gomiti fluviali, allineati e di settori di alveo in incisione attiva. Brevi scarpate appaiono in parziale continuità con quelle presenti più a sud. Viene inoltre segnalata la presenza di un corpo travertinoso, in corrispondenza della Chiesa di San Liberato (Figura 27), allineato alle

scarpate morfologiche e suggestivo di un controllo strutturale esercitato sia sulla circolazione dei fluidi sia di un successivo terrazzamento del deposito.

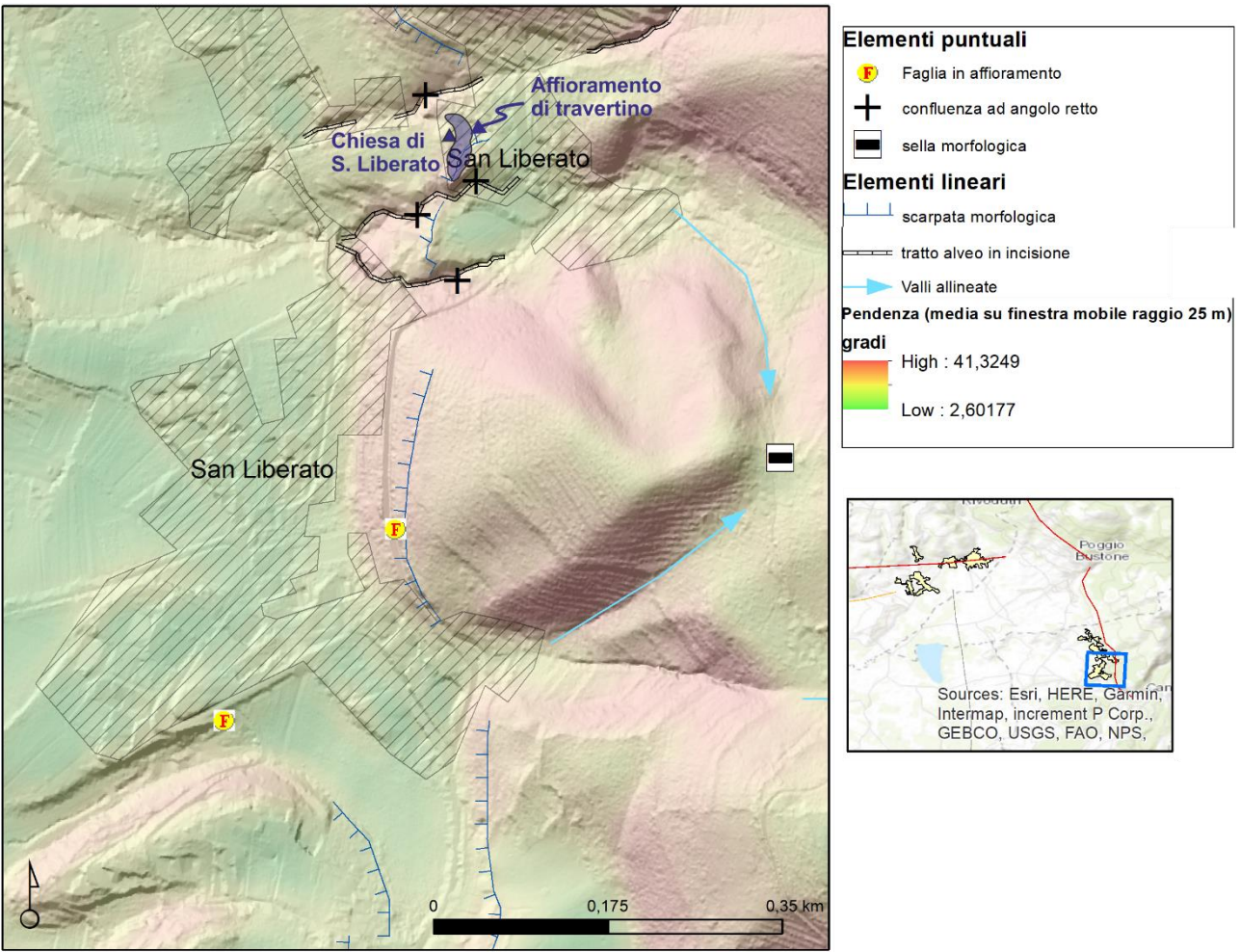


Figura 27: interpretazione morfo-tettonica del settore sud di San Liberato.

4 INDAGINI DI TERRENO E RILIEVI GEOFISICI

In Fase 1, sono state condotte alcune indagini per la caratterizzazione della traccia delle FAC; in particolare, le indagini hanno comportato:

- rilievi di terreno, volti a verificare le segnalazioni presenti in letteratura e all’acquisizione di dati strutturali;
- esecuzione di indagini geofisiche (geoelettrica e georadar), finalizzate alla localizzazione della traccia di faglia e alla ricostruzione dell’assetto del sottosuolo.

Tutti i dati sono stati inseriti in un database GIS. Di seguito vengono elencate le indagini condotte; in allegato si presenta la carta con l’ubicazione dei punti di controllo sul terreno e delle indagini geofisiche (Allegato 1 per il Comune di Rivodutri, Allegato 2 per il Comune di Cantalice), la documentazione completa per le schede di rilevamento (Allegato 3) e i risultati geofisici preliminari (Allegato 4).

4.1.1 Comune di Rivodutri

Indagini di terreno

I rilievi di terreno si sono concentrati nel settore di Piedicolle e, secondariamente, di Villaggio Santa Maria. Sono stati rilevati 27 punti di osservazione (Allegato 3, Figura 28) nel periodo compreso tra novembre e dicembre 2020.

Le osservazioni riguardano principalmente la validazione a terra delle forme interpretate da DTM e la loro interpretazione genetica, la raccolta di dati strutturali su faglie affioranti in *bedrock* e nelle coperture e la distribuzione dei depositi di copertura, in particolare circa la presenza di depositi di versanti recenti ovvero di sequenze ascrivibili al Villafranchiano *Auct.*, a ridosso delle faglie in roccia.

Sono state inoltre segnalati diverse zone ad intensa cataclasi suggestive della presenza di zone di faglia laddove la tipologia litologica (e.g., Scaglia s.l.) non consenta lo sviluppo di piani di faglia in roccia ben preservati.

Le osservazioni di campagna saranno oggetto di una disanima ed interpretazione in un quadro univoco a valle della conclusione delle indagini previste dalla Fase 2 del presente programma di indagine.

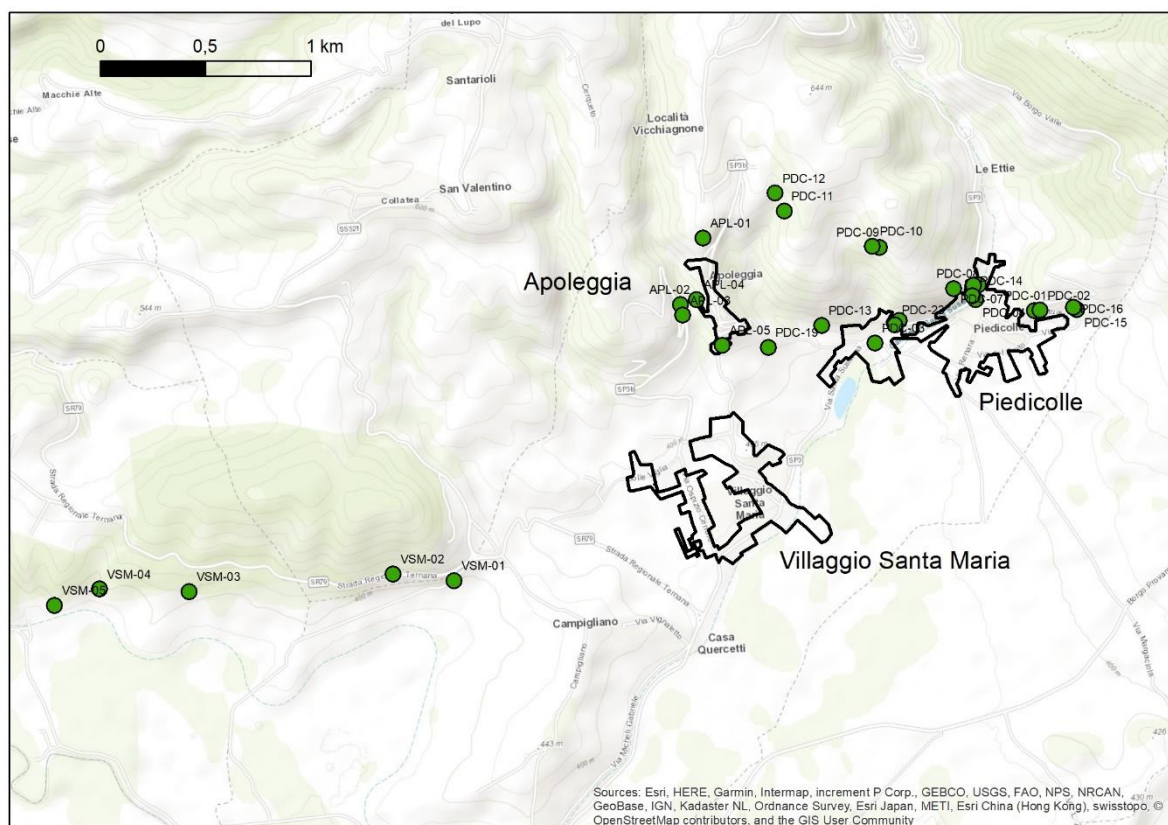


Figura 28: distribuzione dei punti di osservazione sul terreno per le località Piedicolle, Apoleggia e Villaggio Santa Maria. La descrizione di dettaglio di ciascuna delle osservazioni effettuate è presente nelle schede di Allegato 3.

Rilievi geofisici

Le indagini geofisiche sono state condotte in località Piedicolle (Tabella 4, Figura 29). L'abitato di Piedicolle è stato oggetto di numerosi stendimenti geofisici; in particolare il sito della trincea paleosismologica di Michetti et al. (1995) è stato investigato con tecniche di tomografia elettrica, tomografia geoelettrica capacitiva e georadar, e costituisce un punto di taratura per le diverse metodologie di indagine geofisica.

Tabella 4: elenco delle indagini geofisiche condotte nel Comune di Rivodutri.

Codice	Comune	Tipo	Ubicazione	Data	Note
PIE_ERT_20201030	Rivodutri	ERT	Piedicolle, zona trincea Michetti et al. 1995	30/10/2020	Dip-Dip e Wen-Schl, 64 elettrodi spaziatura 1 m
PIE_OHM_20201030	Rivodutri	OhmMapper	Piedicolle, via Renara	30/10/2020	Array: Dip-Dip, 5 ricevitori dipolari da 5 m
PIE_ERT_20201118	Rivodutri	ERT	zona W di Piedicolle	18/11/2020	Dip-Dip e Wen-Schl, 96 elettrodi spaziatura 2 m
PIE_GPR_13_20201030	Rivodutri	Georadar	Piedicolle	30/10/2020	200 Mhz
PIE_GPR_14_20201030	Rivodutri	Georadar	Piedicolle	30/10/2020	200 Mhz
PIE_GPR_16_20201030	Rivodutri	Georadar	Piedicolle	30/10/2020	200 Mhz
PIE_GPR_11_20201030	Rivodutri	Georadar	Piedicolle	30/10/2020	200 Mhz

PIE_GPR_12_20201030	Rivodutri	Georadar	Piedicolle	30/10/2020	200 Mhz
PIE_GPR_07_20201030	Rivodutri	Georadar	Piedicolle	30/10/2020	200 Mhz
PIE_GPR_08_20201030	Rivodutri	Georadar	Piedicolle	30/10/2020	200 Mhz
PIE_GPR_09_20201030	Rivodutri	Georadar	Piedicolle	30/10/2020	200 Mhz
PIE_GPR_10_20201030	Rivodutri	Georadar	Piedicolle	30/10/2020	200 Mhz
PIE_ERT_1_20201126	Rivodutri	ERT	Piedicolle, Chiesa	26/11/2020	Dip-Dip e Wen-Schl, 96 elettrodi
PIE_ERT_2_20201126	Rivodutri	ERT	Piedicolle, via Peschiera 47	26/11/2020	Dip-Dip e Wen-Schl, 64 elettrodi



Figura 29: Traccia delle indagini geofisiche realizzate in località di Piedicolle.

4.1.2 Comune di Cantalice

I rilievi di terreno si sono concentrati nel settore a cavallo delle più evidenti scarpate morfologiche individuate tramite l'analisi morfo-tettonica. Sono stati rilevati 39 punti di osservazione (Allegato 3) nel periodo compreso tra novembre e dicembre 2020.

Le osservazioni riguardano principalmente la validazione a terra delle forme interpretate da DTM e la loro interpretazione genetica, la raccolta di dati strutturali su faglie affioranti in *bedrock* e nelle coperture e la distribuzione dei depositi di copertura, in particolare circa la presenza di depositi diversanti recenti ovvero di sequenze ascrivibili al Villafranchiano *Auct.*, a ridosso delle faglie in roccia.

Sono state inoltre segnalati diverse zone ad intensa cataclasi suggestive della presenza di zone di faglia laddove la tipologia litologica (e.g., Scaglia s.l.) non consenta lo sviluppo di piani di faglia in roccia ben preservati.

Le osservazioni di campagna saranno oggetto di una disanima ed interpretazione in un quadro univoco a valle della conclusione delle indagini previste dalla Fase 2 del presente programma di indagine.

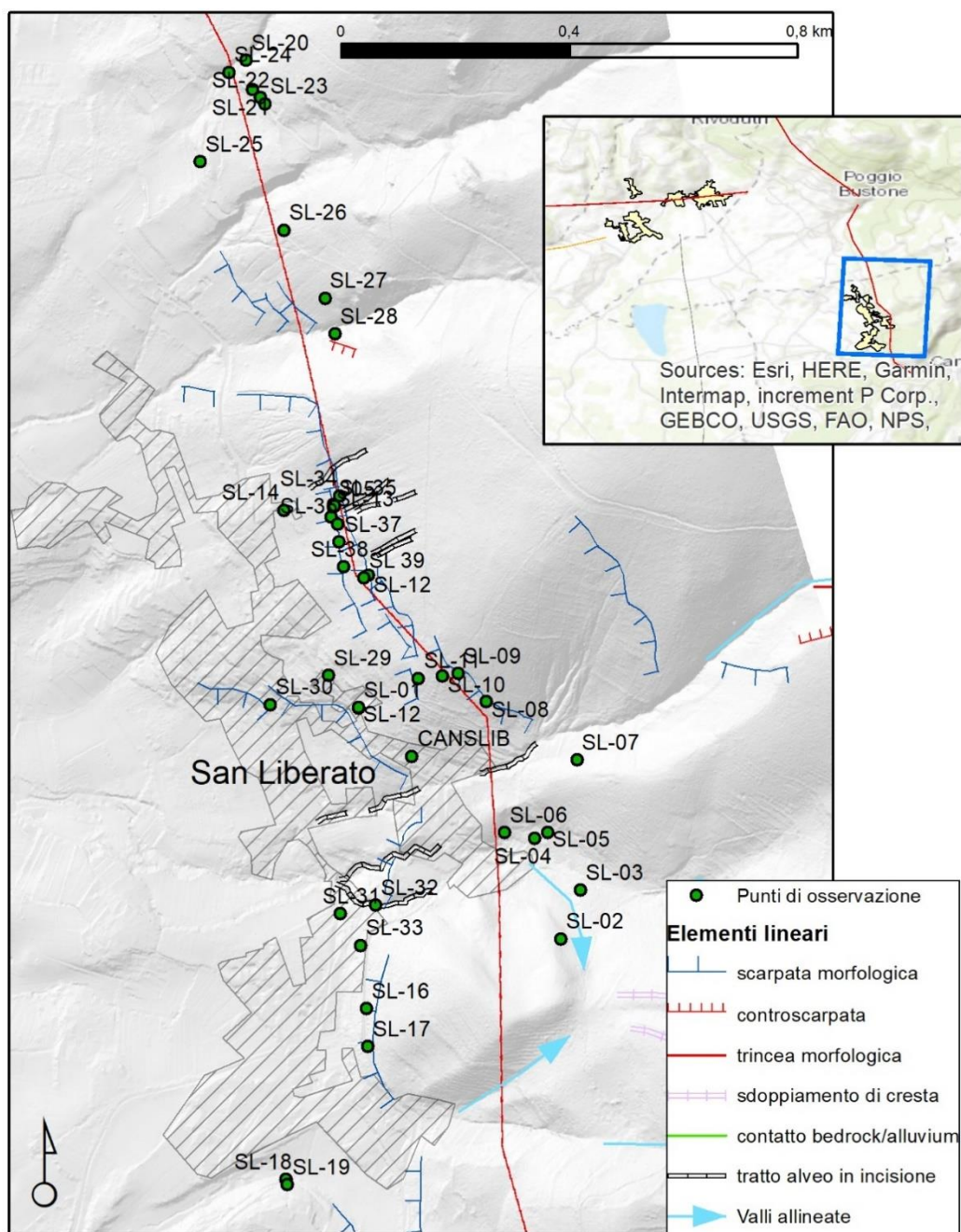


Figura 30: distribuzione dei punti di osservazione sul terreno per la Località San Liberato. La descrizione di dettaglio di ciascuna delle osservazioni effettuate è presente nelle schede di Allegato 3.

Rilievi geofisici

Uno stendimento geoelettrico è stato condotto in località San Liberato (Tabella 5).

Tabella 5: elenco delle indagini geofisiche condotte nel Comune di Cantalice.

Codice	Comune	Tipo	Ubicazione	Data	Note
SLI_ERT_20201204	Cantalice	ERT	Scuola elementare	04/12/2020	Dip-Dip e Wen-Schl, 64 elettrodi

5 CONCLUSIONI

A conclusione della Fase 1, tutte le FAC incluse nei comuni di Rivodutri e Cantalice sono ritenute meritevoli di ulteriore approfondimento, in quanto sono verificate le condizioni preliminari delle linee guida FAC relative alla presenza di sismicità storica rilevante e di segnalazioni attendibili di faglie all'interno di formazioni tardo-pleistoceniche e oloceniche.

BIBLIOGRAFIA

- Brunamonte F., Michetti A.M., Serva L. & Vittori E. (1993a). Seismic hazard evaluation in central Italy: preliminary results of the Rieti Basin Project. *Annali di Geofisica*, 36, p. 253-262.
- Bernardini, F. M. A., Castelli, V., Camassi, R., Caracciolo, C. H., & Ercolani, E. (2013). A “forgotten” earthquake rediscovered: The 1948-1949 Monti Reatini (Central Apennines) seismic sequence. *Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata*, Vol. 54, n. 3, pp. 229-244; September 2013
- Brunamonte, F., Carrara C., Cavinato, G.P., Ferrelì L., Serva, L., Michetti A.M. e M. Raglione (1993b). Guida all’escursione alle conche dell’Appennino Laziale-Abruzzese – Il Bacino di Rieti. *Il Quaternario*, 6(2), 396-402.
- Calderoni G., Carrara C., Ferrelì L., Follieri M., Gliozzi E., Magri D., Narcisi B., Parotto M., Sadori L., Serva L. (1995). Palaeoenvironmental, palaeoclimatic and chronological interpretations of a late Quaternary sediment core from Piana di Rieti (Central Apennines, Italy). *Giornale di Geologia*, ser. 3a, vol. 56/2 (1994), 43-72, Bologna
- Carrara C., Esu D., Ferrelì L. (1995). Lo sbarramento di travertino delle Marmore (Bacino di Rieti, Italia centrale): aspetti geomorfologici, faunistici ed ambientali. *Il Quaternario*, 8(1), 111-118.
- Cavinato G.P. (1993). Recent tectonic evolution of the Quaternary deposits of the Rieti basin (Central Apennines, Italy): southern part. *Geologica Romana*, 29, 411-434.
- Comerci V., Molin D., Pasquaré F. A., Serva L. (2003). Risposta sismica dell’area urbana di Rieti in occasione del terremoto del 27 giugno 1898 nel bacino di Vazia (RI). *Bollettino Società Geologica Italiana*, 122, 147-156, 4 ff.
- Comune di Cantalice (2018). MICROZONAZIONE SISMICA, Relazione Illustrativa. Microzonazione sismica di Livello 3, A cura di Centro MS, pp. 198.
- Comune di Rivodutri (2017). MICROZONAZIONE SISMICA, Relazione Illustrativa. Microzonazione sismica di Livello 3, A cura di Centro MS, pp. 151.
- DICEA, 2017. Risultati delle prove geofisiche in foro di tipo Down-Hole (DH), UOTR Lazio. Relazione finale, responsabile scientifico M. Cercato.
- Ferrelì, L., Brunamonte, F., Filippi, G., Margheriti, L., Michetti, A.M. (1992a). Riconoscimento di un livello lacustre della prima età del Ferro nel Bacino di Rieti possibili implicazioni neotettoniche. *Studi Geol. Camerti Vol. Spec. 1992 (1)*, 127–135.
- Ferrelì, L., Parotto, M., Serva, L. (1992b). Evoluzione del reticolo idrografico nella piana di Rieti negli ultimi 4000 anni. *Mem. Soc. Geol. Ital.* 45, 901–910.
- Guerrieri L., V. Comerci, L. Ferrelì, R. Pompili, L. Serva, F. Brunamonte, Michetti A.M. (2006). Geological evolution of the intermountain Rieti basin (Central Apennines), In: G. Pasquaré, C. Venturini and G. Groppelli (Eds.), “Mapping Geology in Italy”, 123-130 (2004), APAT – Servizio Geologico d’Italia, Printed by SELCA, Firenze.
- Micarelli, L., Tondi, E. e Cello, G. (2003). Evoluzione tettonica plio-quaternaria dell'area reatina: implicazioni per possibili scenari di pericolosità da terremoto. *Studi Geologici Camerti*, nuova serie Vol. 1, 81-100.
- Michetti, A. M., Brunamonte, F., Serva, L., & Whitney, R. A. (1995). Seismic hazard assessment from paleoseismological evidence in the Rieti Region (Central Italy). *Perspectives in Paleoseismology*, Association of Engineering Geologists Bulletin, Special Publication, (6), 63-82.

Raffy, J. (1983). Le Versant Tyrrhenien de l'Apennin central: etude geomorphologique (C.N.R.S. Paris).

Roberts G.P. and Michetti A.M. (2004). Spatial and temporal variations in growth rates along active normal fault Systems: an example from the Lazio-Abruzzo Apennines, central Italy, *Journal of Structural Geology*, 26 (2004), 339–376.

Allegato 1: Comune di Rivodutri - carta con punti di rilievo e tracce geofisiche

Allegato 2: Comune di Cantalice - carta con punti di rilievo e tracce geofisiche

Allegato 3: schede dei punti di osservazione del rilievo di terreno

Allegato 4: risultati preliminari delle indagini geofisiche