



CON IL PATROCINIO DEL



SPERI4CIVITA: nel cuore della valle dei calanchi

Escursione formativa nell'area di Civita di Bagnoregio (VT)

19 giugno 2025 | ore 09:30 - 18:00

Civita di Bagnoregio (VT)

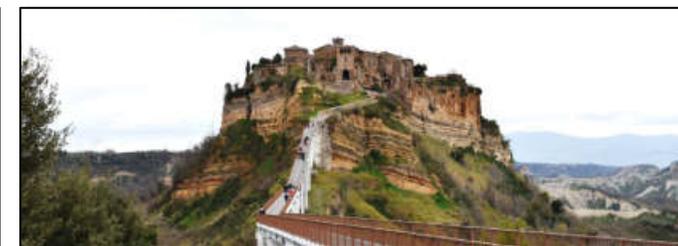
Geol. Giovanni Maria Di Buduo

Geologo Senior

[SPERI Società di Ingegneria e di Architettura SpA](#)



- 09:30-09:45 **Appuntamento al Belvedere (Piazza A. Ricci) di Bagnoregio (VT).**
Registrazione dei partecipanti.
- 09:45-10:00 Saluti del Sindaco di Bagnoregio (VT), Luca Profili.
Saluti del Presidente dell'Ordine dei Geologi del Lazio, geol. Simonetta Ceraudo.
Saluti del Direttore del Dipartimento di Geologia, Ambiente & Territorio di SPERI Società di Ingegneria e di Architettura S.p.A., geol. Fabio Oliva.
- 10:00-13:30 **Definizione di un piano di analisi e monitoraggio a supporto di interventi volti alla riduzione del georischio indotto dall'instabilità dei versanti (geol. Giovanni Maria Di Buduo).**
(percorso a piedi dal Belvedere di Bagnoregio a Porta S. Maria, ingresso a Civita di Bagnoregio).
Assetto stratigrafico e geomorfologico dell'area di Civita di Bagnoregio.
Caratteristiche dei depositi marini e vulcanici.
Fenomeni di instabilità e tipologie di movimenti franosi.
Ipotesi di studio e monitoraggio per la caratterizzazione geomorfologica, geotecnica e sismica in 2 aree campione (Mercatello e area del ponte per Civita).
- 13:30-15:00 **Pranzo a Civita.**
- 15:00-15:30 **Visita guidata al "Museo Geologico e delle Frane" (geol. Giovanni Maria Di Buduo).**
- 15:30-17:30 **Definizione di una strategia per la conservazione della rupe di Civita di Bagnoregio (geol. Giovanni Maria Di Buduo) (percorso a piedi all'interno del borgo).**
Panoramica degli interventi di stabilizzazione effettuati in passato.
Problematiche attuali.
Definizione degli interventi realizzabili in 2 aree campione ("cavon grande" e "Contrada Carcere")
- 17:30-18:00 **Domande, discussione, spunti di approfondimento.**
- 18:00 **Chiusura della giornata.**



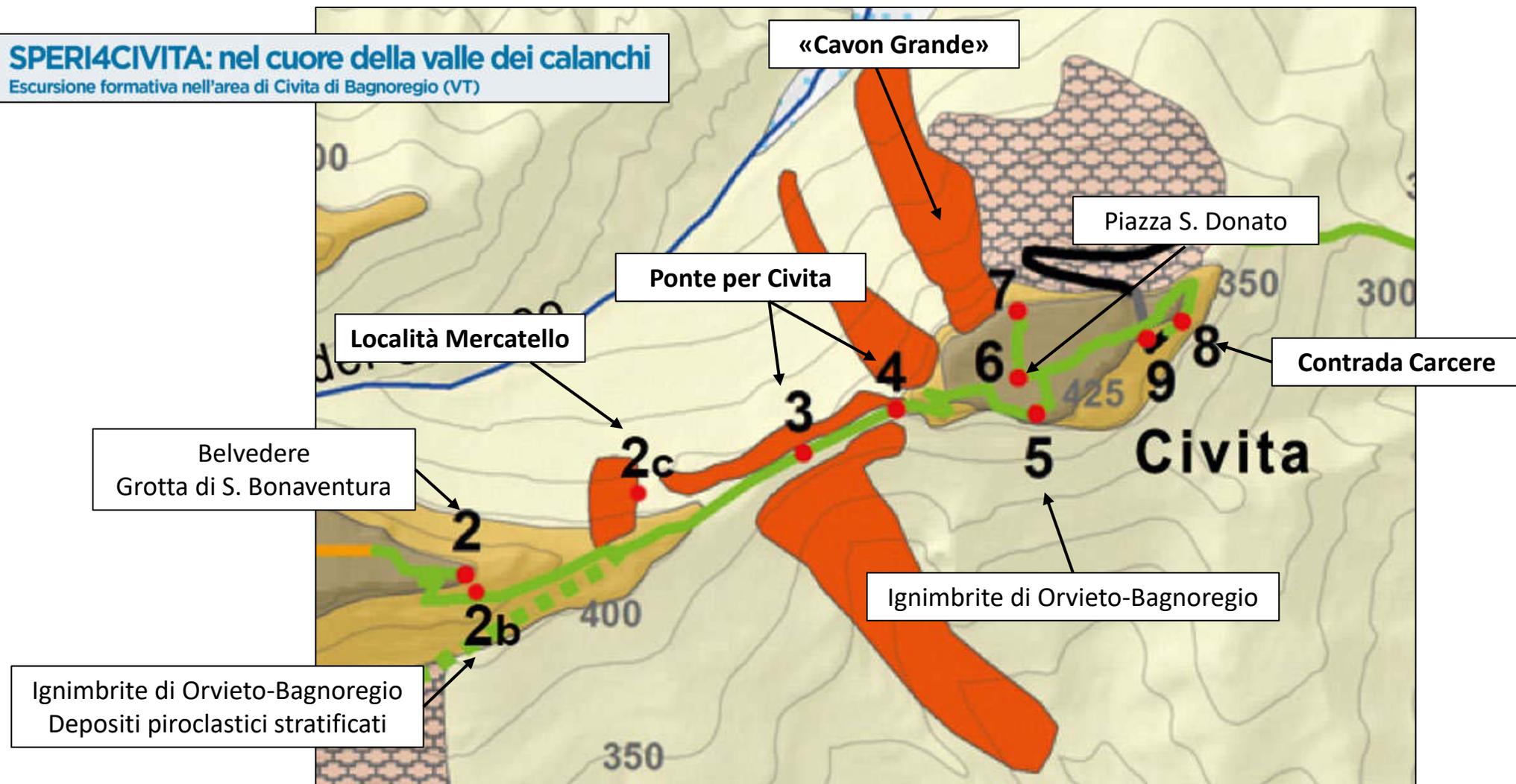
Civita di Bagnoregio e la circostante "valle dei calanchi" rappresentano un "paesaggio vivente" di straordinaria bellezza e particolarità, uno dei siti più affascinanti e problematici d'Italia e - forse - del mondo.

Per migliaia di anni, le principali ragioni che rendono Civita un luogo unico e incantevole hanno determinato una rapida evoluzione dei pendii legati a complessi fenomeni interagenti.

I molteplici tipi di frane (in termini di meccanismi di movimento, velocità, materiali coinvolti, evoluzione nel tempo, ecc.), hanno avuto e hanno ancora un effetto profondamente negativo sulla vita della comunità nella città e sui suoi beni urbani ed architettonici.

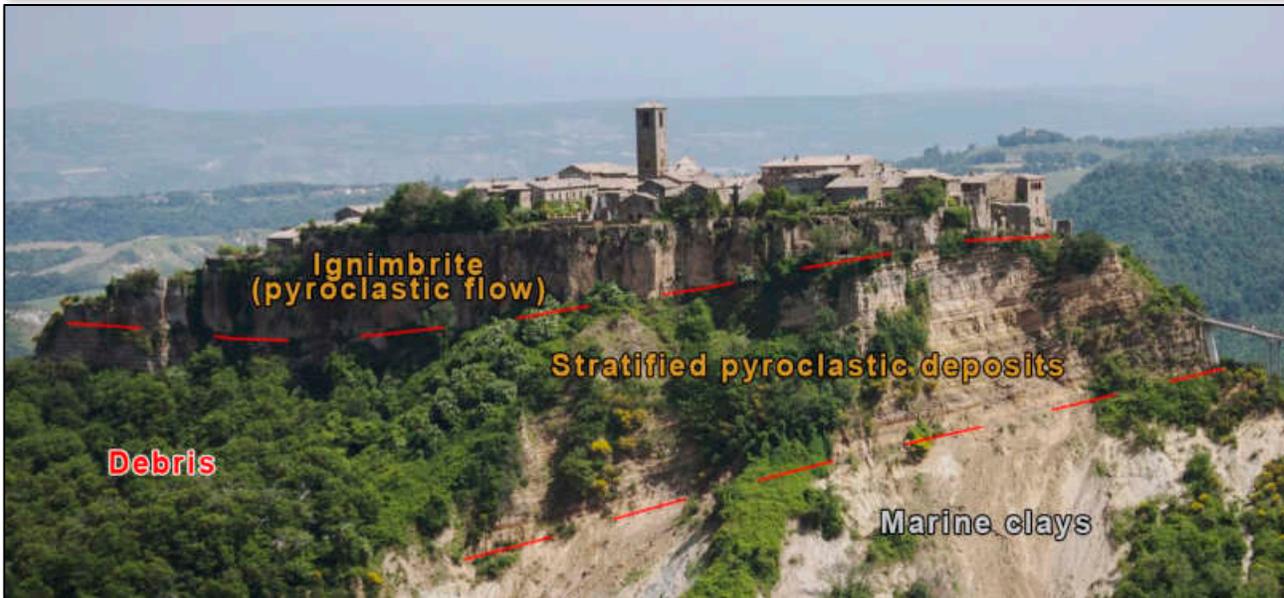
SPERI4CIVITA: nel cuore della valle dei calanchi

Escursione formativa nell'area di Civita di Bagnoregio (VT)



*Carta geomorfologica schematica
(non esaustiva) con indicazione del
percorso dell'escursione
(Scarascia Mugnozza et al., 2022;
modificata).*





INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area di Civita di Bagnoregio è caratterizzata da un particolare assetto geomorfologico dovuto principalmente alle caratteristiche geologiche (depositi piroclastici del Pleistocene medio sovrapposti ad argille limose di origine marina del Pleistocene inferiore), e dalla particolare conformazione del paesaggio, con valli molto profonde e pendii molto inclinati.

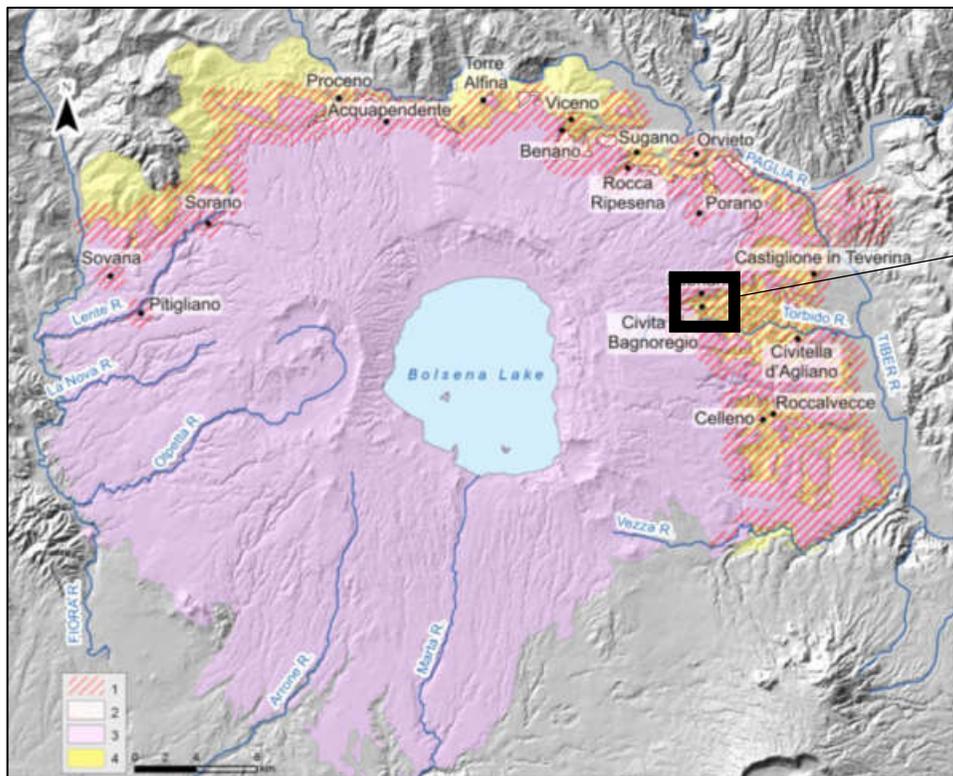
Nell'area del Graben del Paglia-Tevere le argille si sono depositate sul fondo del Mar Tirreno tra il Pliocene e il Pleistocene inferiore (Gelasiano - Santerniano - Emiliano?) (Mancini et al., 2003-2004; Bizzarri & Baldanza, 2020).

Dopo essere stati sollevati per diverse centinaia di metri per cause vulcanico-tettoniche, i depositi marini sono stati coperti da depositi piroclastici eruttati da due dei cinque vulcani del «Distretto Vulcanico Vulsino» (DVV) durante il Pleistocene medio. I vulcani erano attivi nell'area dell'attuale Lago di Bolsena (e zone circostanti), la cui depressione (strutturalmente asimmetrica) è originata dal crollo avvenuto nella fase tardiva dell'attività vulcanica (Acocella, 2012).

Secondo un'ampia serie di dati geocronologici e geo-vulcanologici, l'attività vulcanica di Vulsini ha attraversato l'intervallo di tempo di circa 590-111 ka (Palladino et al., 2010; Marra et al., 2020), con un ampio spettro di stili eruttivi, intensità e magnitudini, che vanno da piccole esplosioni (stromboliane e idromagmatiche) ed eruzioni effusive dai centri monogenetici fino a flussi pliniani e piroclastici, formazione di caldera, eventi (Sparks, 1975; Nappi et al., 1994, 1995, 1998, 2022; Palladino et al., 2010, 2016).

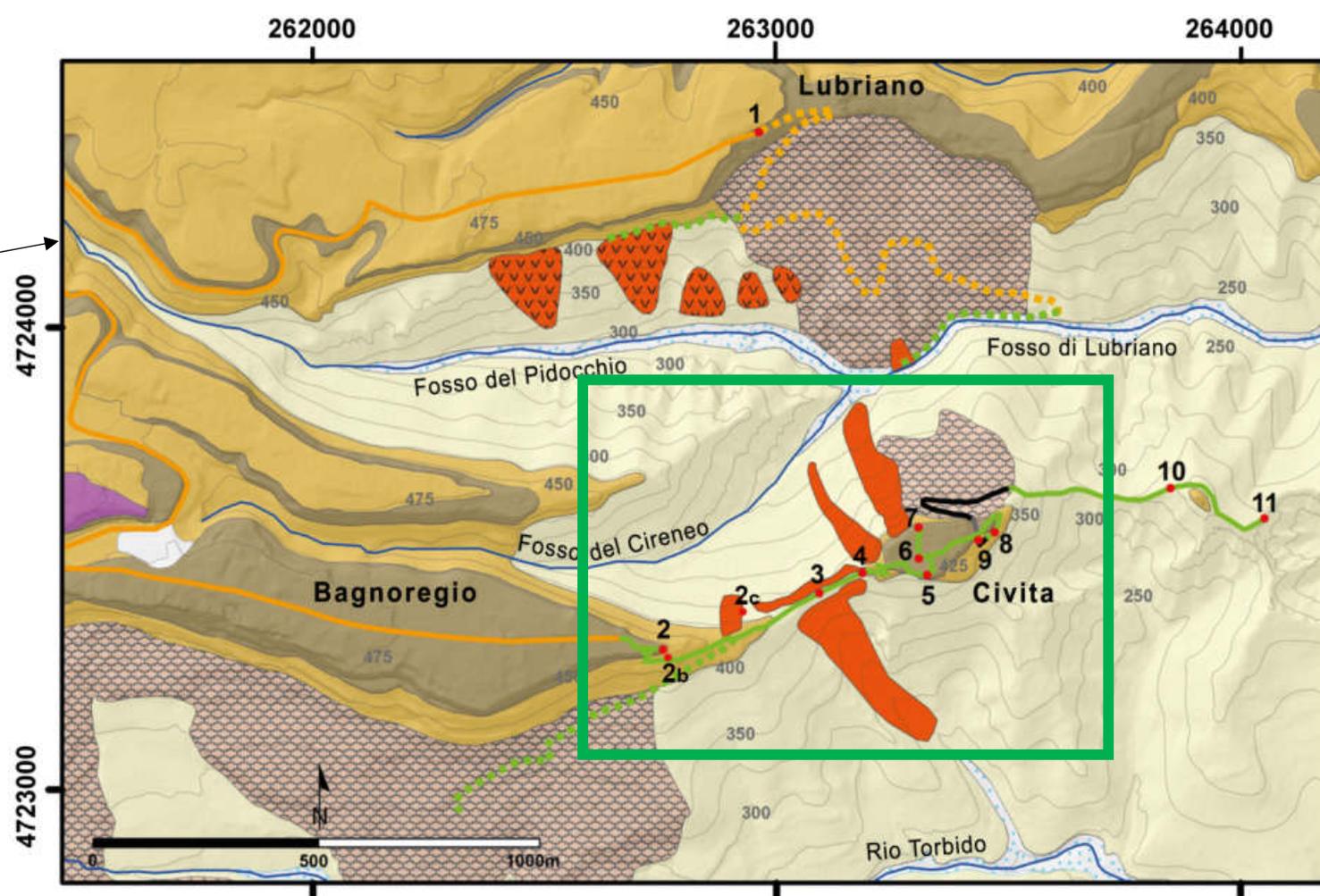
La rupe di Civita di Bagnoregio è costituita da depositi piroclastici di diversa origine e caratteristiche, eruttati dai complessi vulcanici Paleovulsini e Bolsena-Orvieto.

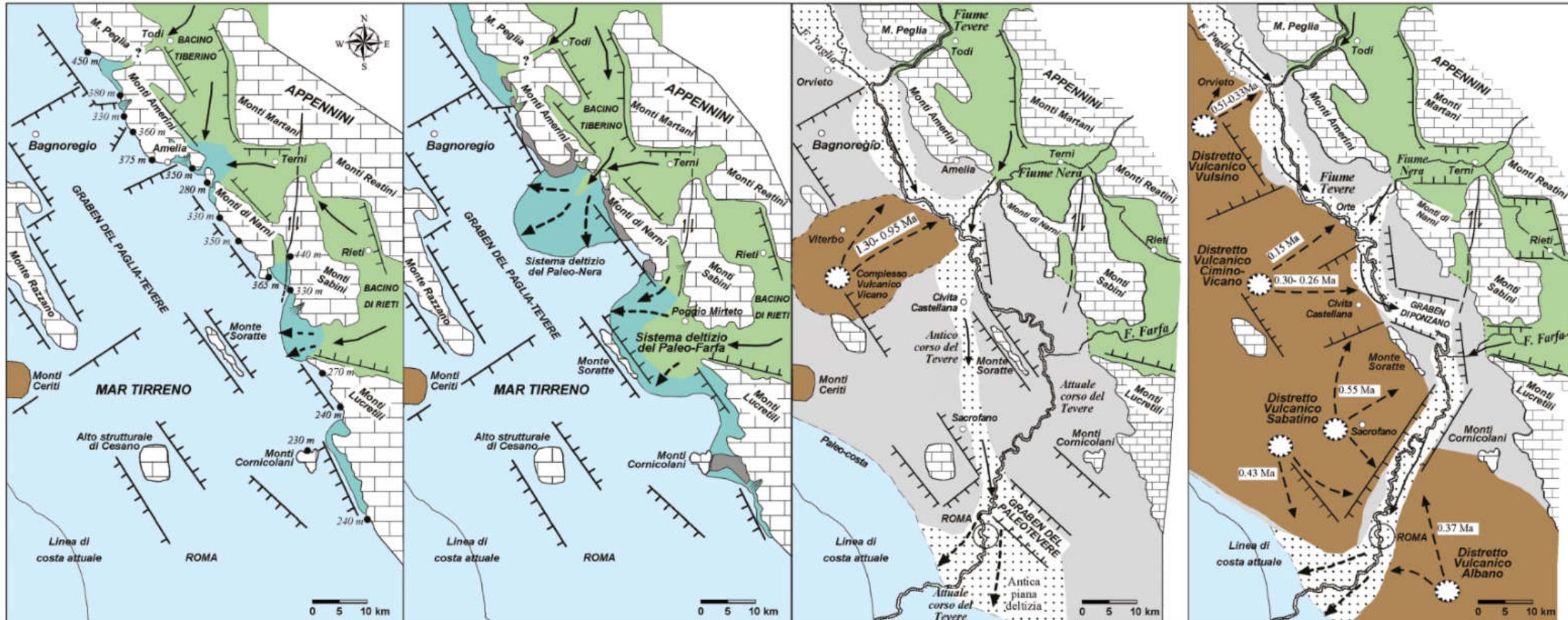
Parte dei contenuti di questo documento sono stati sottoposti all' "Italian journal of engineering geology and environment" per la pubblicazione di un articolo.



Mappa della localizzazione delle "città di tufo" e schema geologico dell'area del Distretto Vulcanico Vulsino. 1 Distribuzione geografica delle zone di altopiano, dei pendii ripidi e delle valli incise; 2 depositi detritici e colluviali; 3 depositi vulcanici; 4 argille marine (Margottini et al., 2017).

Carta geomorfologica schematica (non esaustiva) con indicazione del percorso dell'escursione (riquadro verde) (Scarascia Mugnozza et al., 2022; modificata).



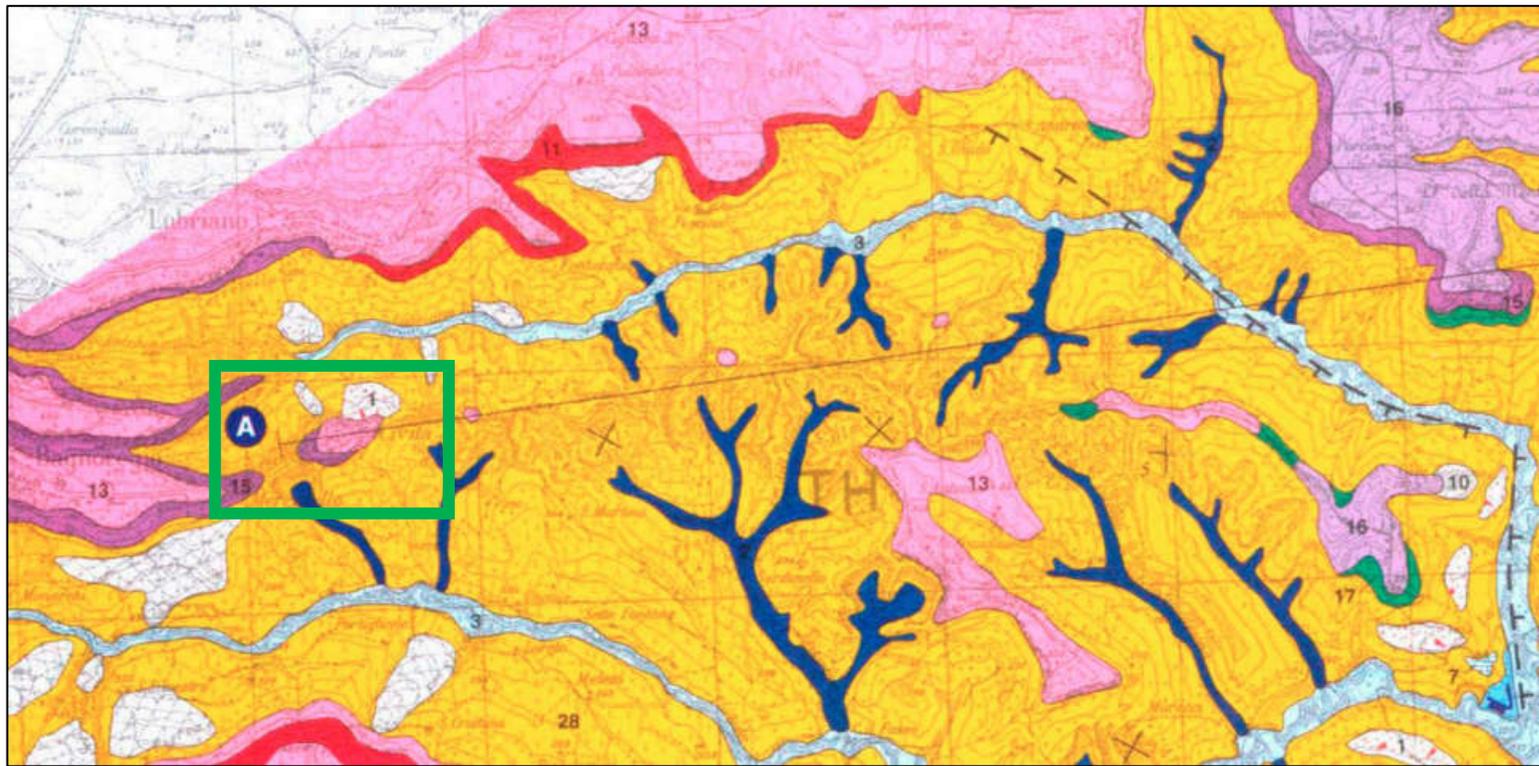


Evoluzione paleogeografica. Mancini et al., (2003-2004), modificata.

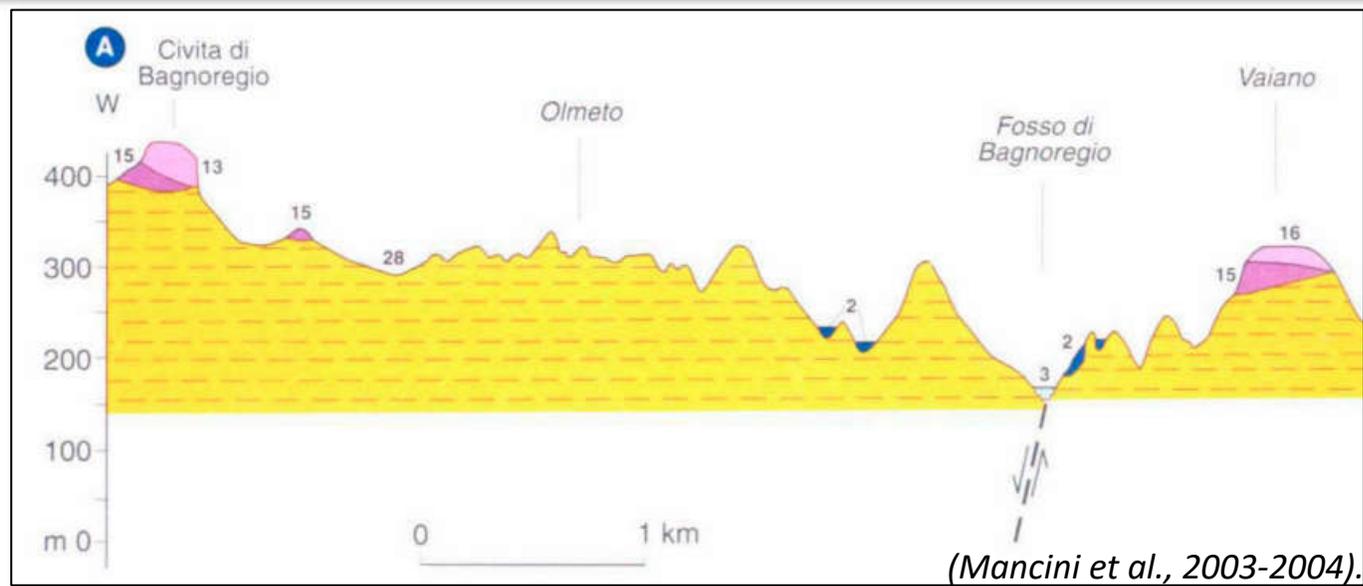
- Depositi vulcanici
- Travertini
- Depositi costieri e deltizi
- Depositi alluvionali
- Depositi marini emersi
- Rocce meso-cenozoiche
- 0,15 Ma
- Principali colate piroclastiche e laviche datate
- Centro vulcanico
- Direzioni dei paleofiumi
- Delta
- Progradazione del delta
- Allineamento dei fori degli organismi litofagi e quota
- Faglia normale
- Faglia trascorrente

Le argille nella zona di Civita di Bagnoregio sono riferibili al **Santerniano** (Di Bella, 1995)

System Period	Series Epoch	Stage Age	Age Ma		
Quaternary	Holocene	U/L	Meghalayan	present	
		M	Northeripian	0.0042	
		L/E	Greenlandian	0.0082	
	Pleistocene	Upper	U/L		0.0117
			M	Chibanian	0.129
		L/E	Calabrian	0.774	
Pliocene	U/L	Gelasian	1.80		
	L/E	Placenzian	2.58		
Pliocene	U/L	Zanclean	3.600		
	L/E		5.333		

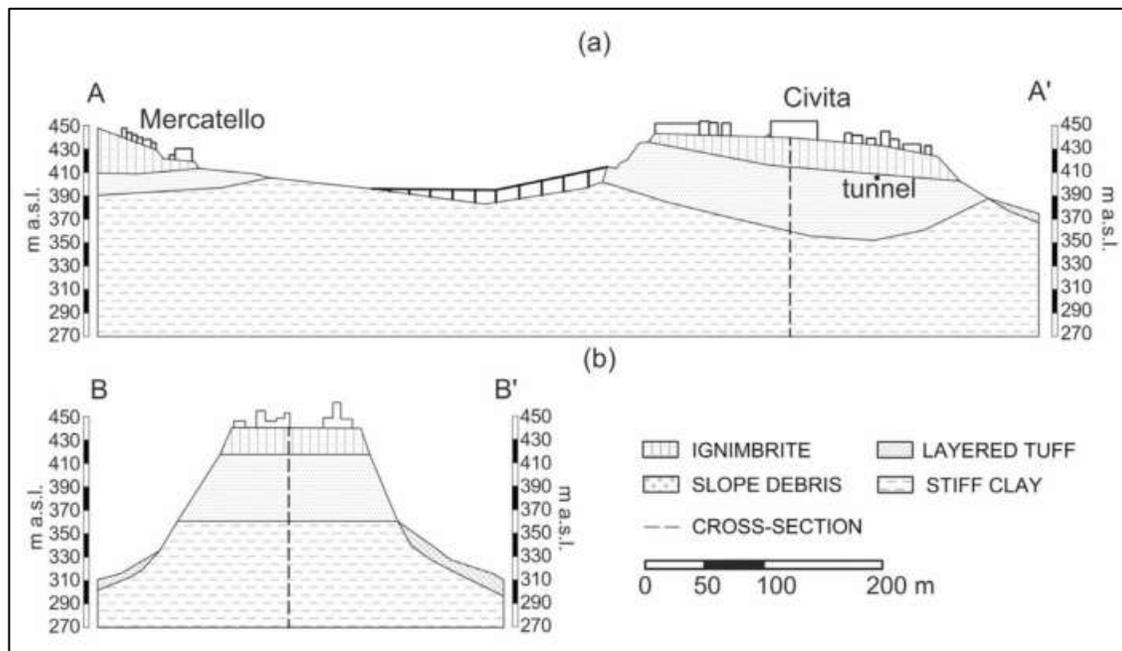
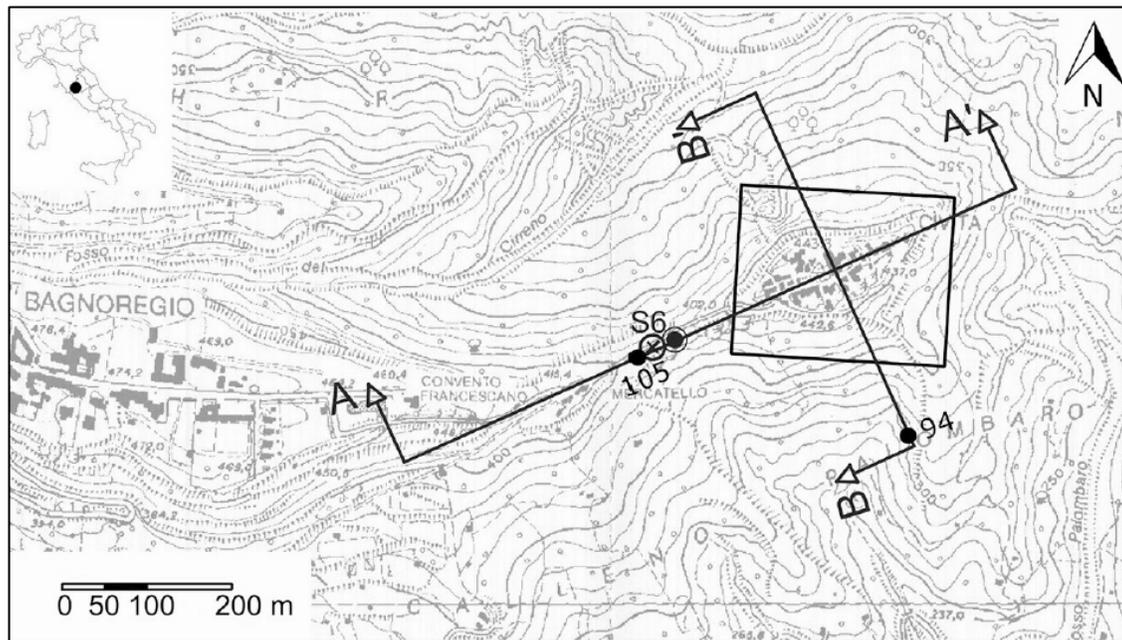


- Detrito (1). Olocene.**
- Depositi colluviali argilloso-siltosi (2):** sabbie, limi e argille derivati dall'alterazione dei depositi quaternari più antichi. **Olocene.**
- Depositi alluvionali recenti (3):** ghiaie con clasti in prevalenza calcarei e arenacei ben arrotondati, alternate a sabbie limose; rari livelli di torba. **Olocene.**
- "Unità di Sipicciano" (5):** ghiaie con clasti di natura calcarea, arenacea, vulcanica e silicea, a stratificazione incrociata concava o tabulare; matrice sabbiosa abbondante e molto ricca in minerali femici. Lo spessore affiorante è di circa 15 m. Ambiente fluviale. **Pleistocene superiore.**
- "Unità di Fiano" (7):** travertini stratificati in bancate tabulari dello spessore metrico. Prevalenza di facies fitoclastiche e sabbie calcaree; contengono resti vegetali incrostati e gasteropodi polmonati. Ambiente di piana alluvionale. Spessore massimo in affioramento: 20 m. **Pleistocene medio terminale.**
- "Unità di Grotte Santo Stefano" (10):** travertini in grosse bancate tabulari, spesso intercalati ai "depositi piroclastici vulsini" (13). Sono prevalenti le facies fitoclastiche e talvolta presenti strutture aggettanti da cascata (Castiglione in Teverina, Agliano, Valle del Vezza). Frequenti intercalazioni di sabbie calcaree grossolane, molto ricche in minerali femici, e paleosuoli contenenti: *Pupilla muscorum*, *Monacha cantiana*, *Cochlicella barbara*, *Chondrula tridens*, *Pomatias elegans*. Resti di vertebrati (*Dama* sp.) sono stati trovati presso Castel Cellesi. Spessore massimo: 40 m. **Pleistocene medio.**
- Successioni vulcaniche e vulcano-sedimentarie vulsine (11-13) riferibili al "Complesso Vulcanico di Bolsena" (Nappi & Marini, 1986).** Comprendono: lave leucititico-tefritiche (11), con spessori fino a 25 m, affioranti nelle zone settentrionali (Bagnoregio, S. Michele in Teverina) e intercalate ai depositi piroclastici (13); depositi vulcano-sedimentari (12) costituiti in prevalenza da epiclastiti, diatomiti e paleosuoli, localmente con spessori massimi di oltre 50 m; depositi piroclastici (13), in prevalenza cineriti e pomici stratificati in bancate tabulari. Complessivamente presentano spessori variabili da oltre 100 m a pochi metri, da Ovest verso Est. **Pleistocene medio.**
- Successioni vulcaniche e vulcano-sedimentarie vulsine, riferibili al "Complesso vulcanico del Paleobolsena" (15-16).** Sono costituiti da: depositi vulcano-sedimentari (15), diatomiti, epiclastiti, paleosuoli e travertini, stratificati e intercalati alle piroclastiti (16). Spessore di oltre 35 m. Depositati piroclastici (16), alternanze di bancate tabulari di pomici e cineriti; comprendono, fra gli altri, i depositi della "Formazione di Civitella d'Agliano", costituita da ignimbriti di composizione trachi-fonolitica e datata 505.2 ± 6.7 ka. Spessore massimo: 50 m. **Pleistocene medio.**
- "Unità di Civita Castellana" (17):** ghiaie e conglomerati a stratificazione piana orizzontale o incrociata. Clasti calcarei, arenacei e silicei; abbondante matrice sabbiosa, quasi esclusivamente costituita da quarzo e muscovite. Rare bancate sabbiose a stratificazione incrociata, dello spessore metrico, e localmente (Guadamello, San Vito) livelli calcareo-travertinosi. Spessore variabile da pochi metri, nelle zone più settentrionali (Castiglione), fino a circa 100 m a Guadamello. Ambiente fluviale di tipo braid-plain. **Pleistocene inferiore terminale-Pleistocene medio iniziale.**
- "Argille sabbiose di ambiente marino" (28):** affiorano alla base della formazione per uno spessore massimo che localmente raggiunge i 200 m (Bagnoregio, Alviano). Si presentano mal stratificate oppure a stratificazione piana orizzontale. Si rinvencono talvolta livelli sabbiosi torbiditici e ad hcs. Contengono: *Ditrupea* sp., *Dentalium (Antalis) fossile*, *Corbula (Vericorbula) gibba*, *Natica tigrina*, *Archimediella spirata*. La microfauna è composta da *Bulimina marginata*, *B. elegans marginata*, *B. etnea* (specie nei livelli alti), *Cassidulina carinata*, *Bolivina alta*, *Uvigerina peregrina*; molto raramente nei livelli più bassi è stata trovata *Globorotalia inflata*. Ambiente di piattaforma, piano circalitorale e di transizione infra-circalitorale.



(Mancini et al., 2003-2004).

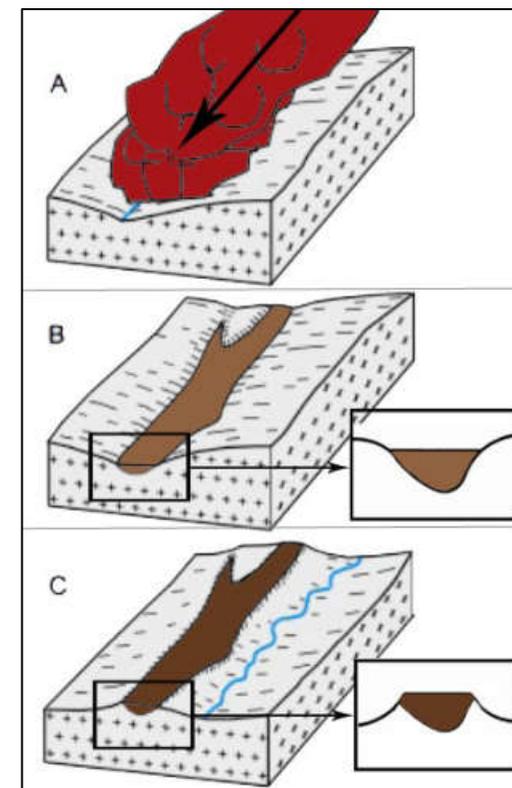
- + Strati orizzontali
- Faglia normale:
a - osservata
b - presunta
- Frana



Sezioni geologiche (Cercato et al., 2020).

La sommità del rilievo è costituita dal tufo litoide dell' «Ignimbrite Orvieto-Bagnoregio» (IOB) (333±4 ka; Nappi et al., 1995) (Complesso vulcanico "Bolsena-Orvieto"): si tratta di una ignimbrite cineritica massiva (tufo da flusso piroclastico) con spessore variabile, recante scorie nerastre eterometriche da scarse ad abbondanti, piccole pumici, cristalli di leucite alterata e piccoli litici.

Le caratteristiche vulcanologiche e deposizionali della "Orvieto-Bagnoregio ignimbrite" sono ben studiate (elenco non esaustivo: Nappi et al., 1994, 1995; Capaccioni & Sarocchi, 1996; Peccerillo, 2012; Gentili et al., 2014; Palladino & Pettini, 2020), nonché quelli geotecnici e sismici (elenco non esaustivo: Iacurto & Priori 1995; ENEA, 2001; Verrucci et al, 2015; Cercato et al, 2020).

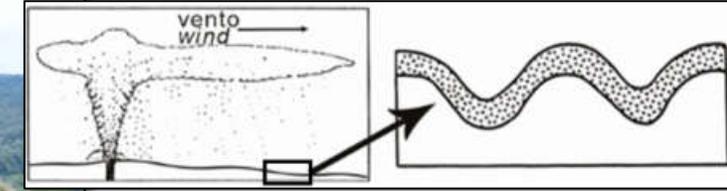


Un flusso piroclastico si muove rapidamente lungo i versanti del vulcano, tendendo a incanalarsi nelle valli.

Generalmente più caldo è il flusso, più diventerà litoide (processo di zeolitizzazione).

Nel corso del tempo l'erosione ha smantellato i depositi circostanti più erodibili portando all'"inversione di rilievo": così dopo oltre 300 mila anni la zona morfologicamente depressa in cui si è depositata l'ignimbrite è diventata la rupe di Civita.

"Inversione del rilievo". Da Peccerillo (2012), modificato.



Alla base dell'ignimbrite si trova una successione piroclastica stratificata ("Gruppo di Civita di Bagnoregio" in Nappi et al., 2022) composta da strati alternati prevalentemente decimetrici di tephra e tufi, forse con intercalazione di alcuni orizzonti rielaborati da acqua e gravità (complessi vulcanici Paleovulsini e Bolsena-Orvieto). Questi depositi sembrano avere principalmente un'origine da caduta.

Alcuni livelli sono separati da paleosuoli e superfici erosive; altri presentano deformazioni da carico.

L'età varia da 589 ± 8 ka (Barberi et al., 1994) / 576 ± 6 ka (Nappi et al., 1995) a 352 ± 4 ka (eruzione marker di "Ponticello"; Nappi et al., 1995).

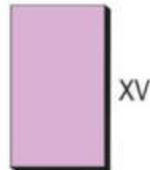
Nella parte inferiore della successione piroclastica stratificata, due paleosuoli costituiscono un unico strato di spessore di circa 1,5-2 metri (Di Buduo et al., 2024) e sono interposti tra le più antiche pomice del Paleovulsini e i depositi da flusso noti come «nenfri» (505 ± 6 ka, Nappi et al., 1995), qui molto sottili a causa della paleomorfologia (paleoversante inclinato all'incirca verso est).

IGNIMBRITE DI ORVIETO-BAGNOREGIO *Auctt.*



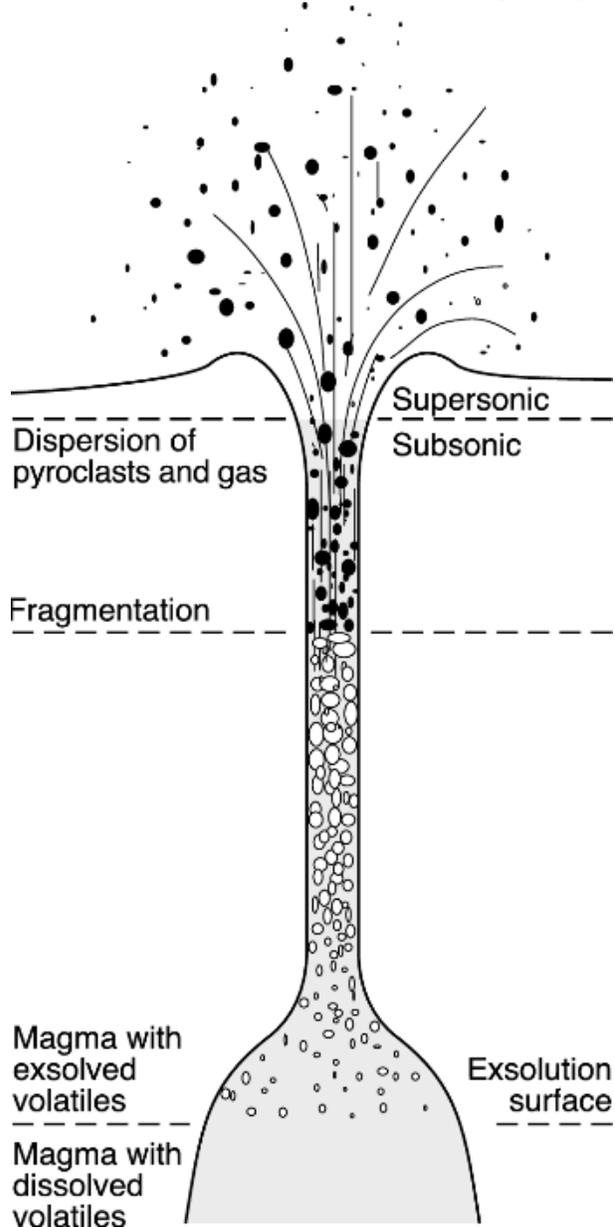
Deposito cineritico di colore variabile dal giallo al lionato, generalmente litoide, con grosse pomice grigio-scure ricche di fenocristalli di Sa e Lct analcimizzata. Il vetro delle pomice mostra tessitura pseudo-fluidale con avanzata devetrificazione. I microliti presenti sono rappresentati da Pl, Cpx e Bt. La parte basale del deposito è bianca, micropomicea, a granulometria fine ed è formata da più unità a gradazione inversa da flusso piroclastico. La parte alta, massiva, è cementata per zeolitizzazione o sciolta (facies pozzolanacea) e raggiunge spessori massimi nei settori distali. Si tratta di un deposito da flusso piroclastico a composizione da latitica a trachifonolitica. Alla base è sempre presente un sottile livello di pomice trachitiche da caduta avente spessore massimo di 40 cm. L'unità affiora solo nel settore settentrionale del Foglio con uno spessore dell'ordine di 5 m. Età K/Ar: $333,0 \pm 3,8$ ka (NAPPI et alii, 1995); $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$: 319 ± 4 ka (BARBERI et alii, 1994).
PLEISTOCENE MEDIO p.p.

GRUPPO DI CIVITA DI BAGNOREGIO (cfr. GBL- unità della Gabelletta p.p. F 344 Toscana)



Successione formata da un'alternanza di banconi di pomice bianche, strati di scorie, livelli di ceneri grossolane bianche o marroni, strati di ceneri grigie ricche di litici, ceneri grigie lapidee e banconi metrici compatti a matrice micropomicea, mal classati e mal gradati, a stratificazione suborizzontale. Questi livelli sono separati da paleosuoli neri o marroni, più raramente da superfici di erosione. Localmente sono presenti livelli piroclastici risedimentati, laminati o sottilmente stratificati, per lo più cineritici, di colore grigio chiaro o biancastro e livelli diatomitici; talvolta si intercalano livelli pomice primari di provenienza vicina afferenti a XFP. La composizione delle pomice è trachifonolitica; quella delle scorie varia da tefritica a leucitica. Lo spessore dei livelli varia da alcuni metri nei settori prossimali ai centri di emissione a pochi decimetri nei settori distali. Il gruppo affiora in tutto il settore sud-orientale del Distretto Vulsino con spessori decrescenti verso E e verso S; gli spessori massimi osservati non superano i 50 m. Età K/Ar: $576,1 \pm 6,5$ ka (livello pliniano di pomice basale) e $351,7 \pm 4$ ka (eruzione marker di "Ponticello") da NAPPI et alii, 1995; $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$: 589 ± 8 ka (BARBERI et alii, 1994).
PLEISTOCENE MEDIO p.p.

DEPOSITI PIROCLASTICI (1/2)



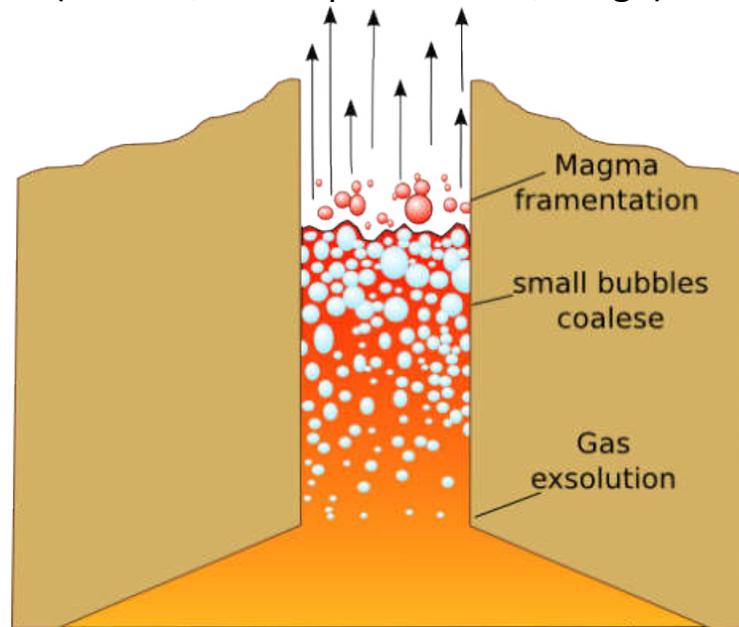
https://www.researchgate.net/figure/Dynamic-stages-of-an-explosive-eruption-Initially-there-are-dissolved-volatile_fig2_215755881

Risalita di magma nel condotto vulcanico



La **diminuzione di pressione e di temperatura** porta alla liberazione dei gas e alla frammentazione del magma in **particelle piroclastiche (PIROCLASTI)**

aventi dimensioni molto variabili
e che vengono messi in posto con **meccanismi eruttivi diversi**
(caduta / flusso piroclastico / surge)



<https://www.esc.cam.ac.uk/research/research-groups/cambridge-volcano-seismology/frequently-asked-questions>



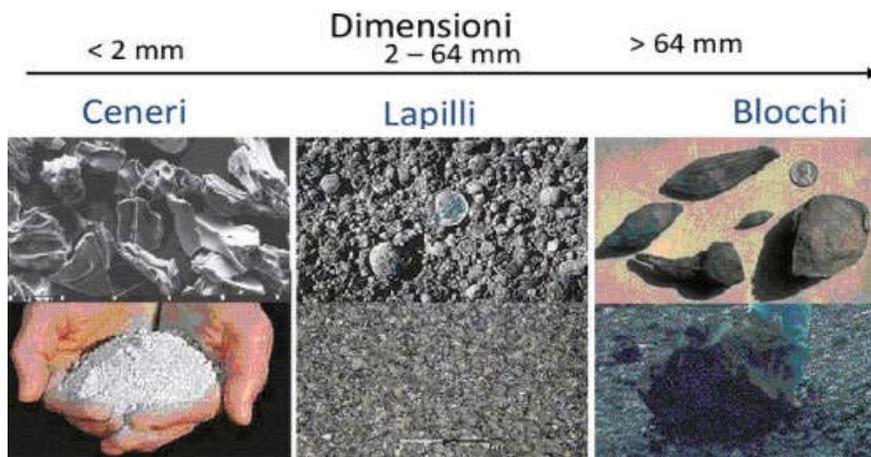
DEPOSITI PIROCLASTICI (2/2)



Risalita di magma nel condotto vulcanico



La **diminuzione di pressione** porta alla liberazione dei gas e alla frammentazione del magma in **particelle piroclastiche (PIROCLASTI)** di diverse dimensioni



TEFRA: strato di pomice alla base della rupe di Civita (depositi più antichi del Paleovulsini, circa 589ka)

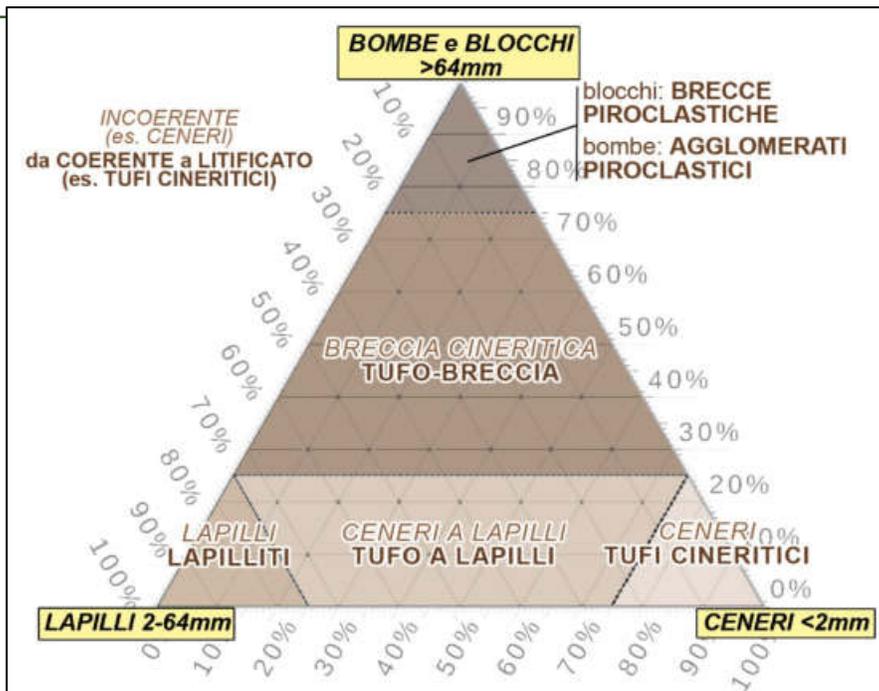
DEPOSITI PIROCLASTICI

INCOERENTI o POCO COERENTI: **TEFRA**

DA COERENTI A LITIFICATI: **TUFI**

NATURA dei PIROCLASTI

- **JUVENILI** componenti di un deposito piroclastico che sono parte del magma ancora fluido al momento dell'eruzione
- **LITICI** componenti di un deposito piroclastico solidificati prima dell'eruzione (frammenti di rocce di qualsiasi natura)
- **CRISTALLI**



TUFO: ignimbrite di Orvieto-Bagnoregio (ca. 333ka)

INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Grandi variazioni climatiche hanno caratterizzato il Pleistocene medio e superiore (Lisiecki & Raymo, 2005); esse hanno condizionato intensamente le dinamiche geomorfologiche, con l'alternanza di fasi erosive e alluvionali che si sono interposte cronologicamente e fisicamente alle attività vulcaniche e tettoniche.

La rapida evoluzione dei versanti della “valle dei calanchi”, che si esprime con complessi fenomeni interagenti, è quindi attribuibile:

- alle caratteristiche dei depositi geologici (che influenzano anche il quadro idrogeologico),
- al sollevamento e al dislocamento tettonico di ampie aree avvenuto in particolare a partire da circa 330 ka,
- all'intenso approfondimento delle valli avvenuto durante l'ultimo periodo glaciale (ultimo massimo glaciale intorno al 26-19ka; Clark et al., 2009);
- alla probabile presenza in quest'area di faglie a cinematica indefinita con diversi orientamenti (Mancini et al., 2003-2004; Aumento & Cherubini, 2008).

Dalla fine degli anni '80, l'area di Civita è stata oggetto di studi sulla caratterizzazione dei depositi geologici e dei fenomeni di instabilità dei versanti, unitamente ad interventi per stabilizzare le aree più a rischio (Lattanzi & Polci, 1988; Margottini & Serafini, 1990; Napoleoni, 1991; Iacurto & Priori 1995; Sciotti et al., 1997; ENEA, 2001; Delmonaco et al., 2004, 2008, 2009; Garbin et al., 2013; Margottini et al., 2017; Cercato et al., 2020; Donati et al., 2022; Scarascia Mugnozza et al., 2022).

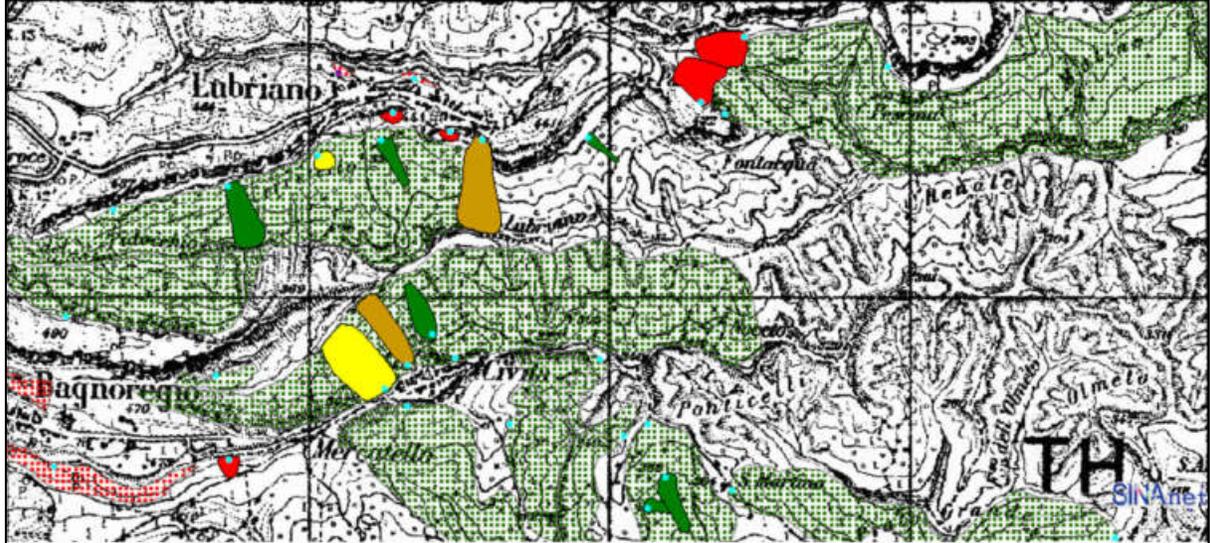
L'assetto geomorfologico di Civita di Bagnoregio è caratterizzato da una rupe di origine piroclastica a comportamento «rigido», che sovrasta depositi argilloso-limosi di origine marina più erodibili e deformabili.

L'azione della gravità e delle precipitazioni in un particolare contesto geomorfologico (una "mesa") determina il verificarsi di complessi fenomeni di instabilità, che nel tempo hanno plasmato il peculiare aspetto della rupe comportando il suo progressivo restringimento.

Una "mesa" è un rilievo piatto delimitato da scarpate e pendii ripidi, genericamente con una larghezza maggiore dell'altezza.



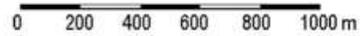
Foto: Luana Monte



Tipologia di frana

- Crollo / ribaltamento
- Scivolamento rotazionale / traslativo
- Espansione
- Colamento lento
- Colamento rapido
- Sprofondamento
- Complesso

- Aree soggette a crolli / ribaltamenti diffusi
- Aree soggette a sprofondamenti diffusi
- Aree soggette a frane superficiali diffuse



Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia



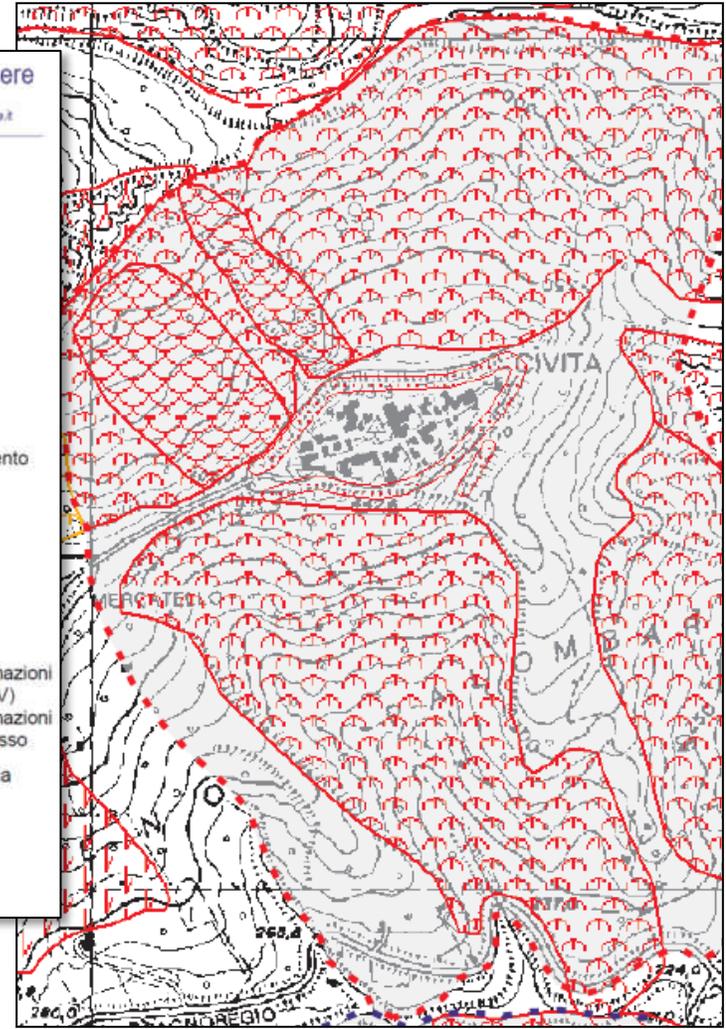

Autorità di Bacino del Fiume Tevere
 via V. Bachet, 12 - 00185 - ROMA - 06492491 - www.abtevere.it

Piano Stralcio di Asetto Idrogeologico
 Progetto di primo aggiornamento

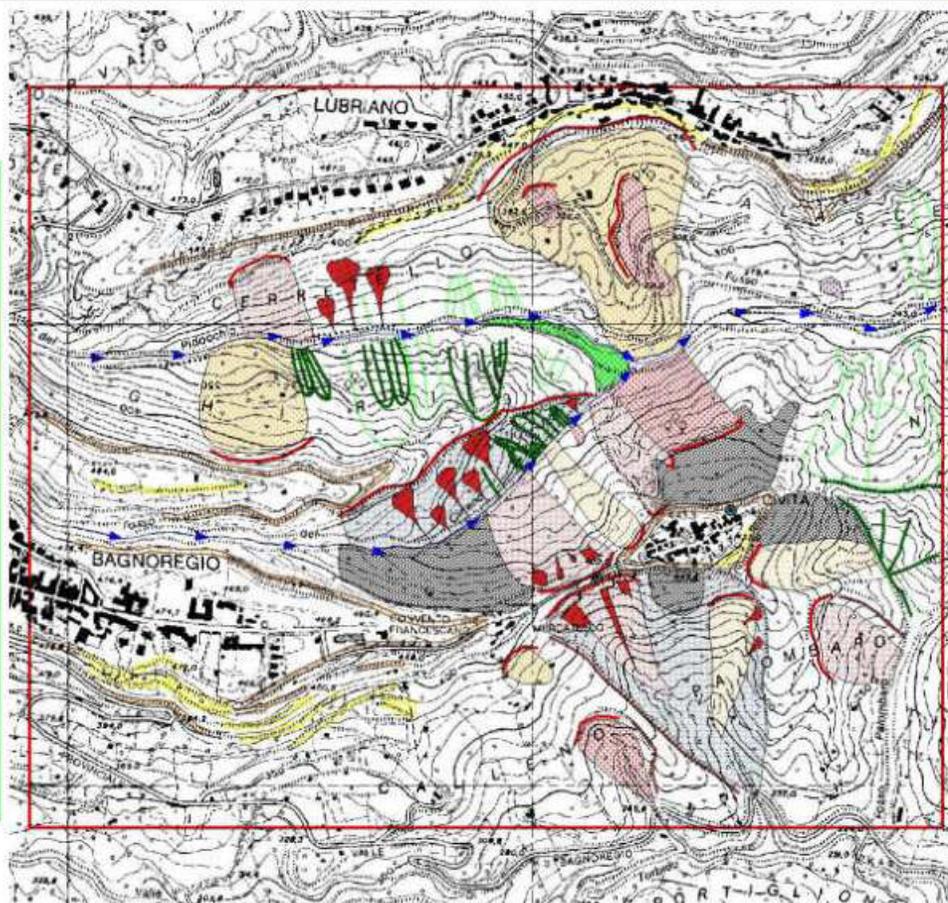
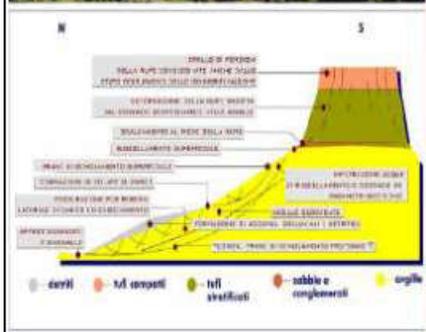
**Inventario dei fenomeni franosi
 e
 situazioni a rischio di frana**

fenomeno attivo	fenomeno quiescente	fenomeno inattivo*	fenomeno presunto	
				frana per crollo o ribaltamento
				frana per scivolamento
				frana per colamento
				frana complessa
				area con franosità diffusa
				area interessata da deformazioni gravitative profonde (DGPV)
				area interessata da deformazioni superficiali lente e/o soliflusso
				orlo di scarpata di frana

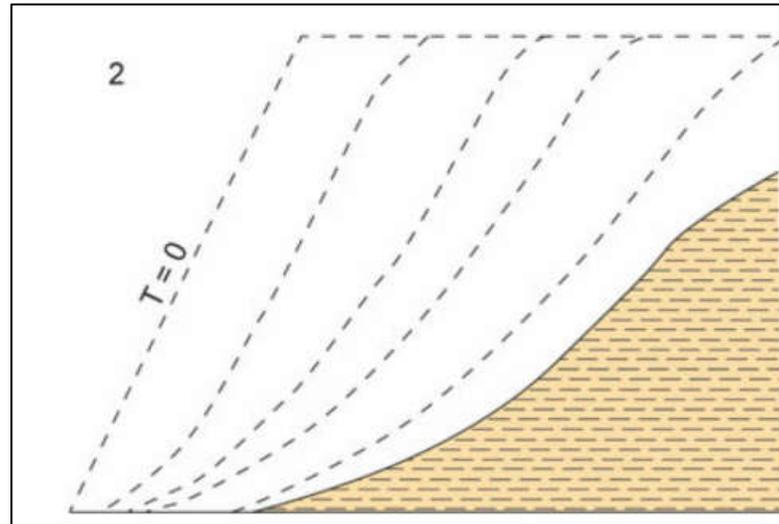
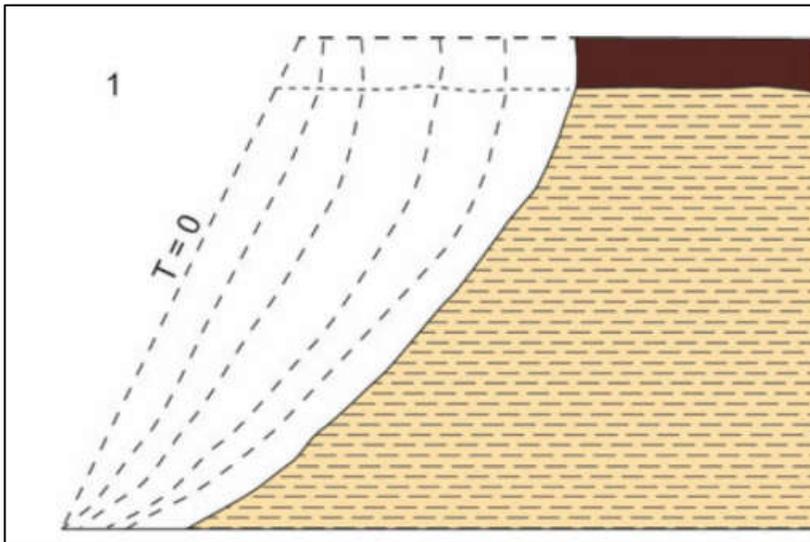
Situazioni di rischio da frana
■ R4 - 'molto elevato'



Linee Guida per la salvaguardia dei beni culturali dai rischi naturali



Scala 1:10.000



*Modello di Scheidegger di evoluzione del pendio a partire da $T = 0$ (tempo iniziale):
1) versante argilloso con caprock (contesto geologico di Civita); 2) versante argilloso senza caprock.
Delmonte (2017).*

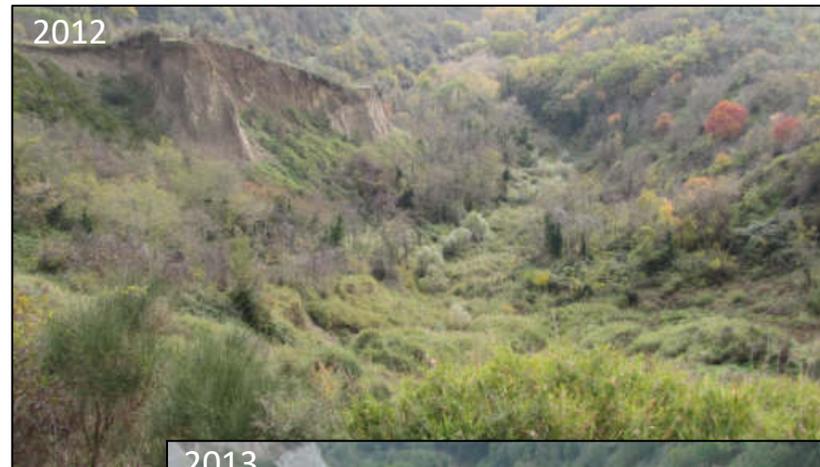
VERSANTI ARGILLOSI

Sui versanti argillosi la **vegetazione spontanea offre una buona protezione contro l'erosione superficiale**, rendendo meno instabile la parte superficiale dei depositi argillo-limosi.

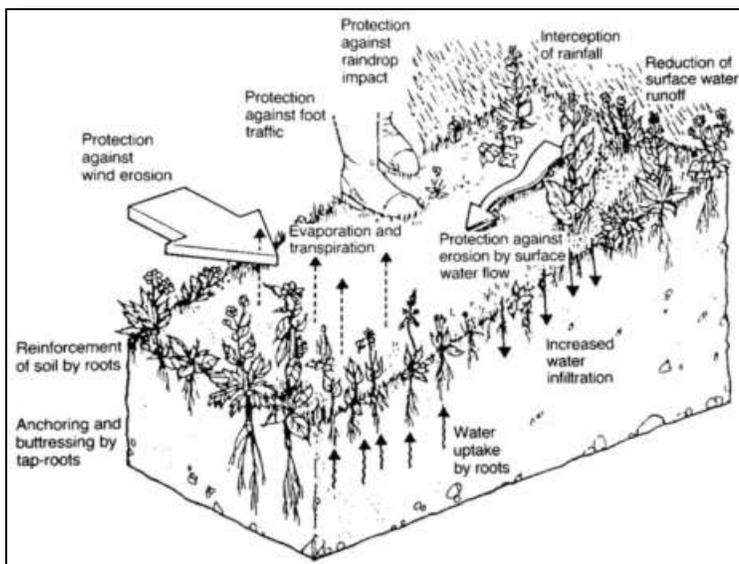
Il tipo di vegetazione varia principalmente in base all'inclinazione del pendio e, in secondo luogo, alla sua esposizione: nella parte bassa dei pendii, dove l'inclinazione è minore, sono frequenti gli alberi, mentre nella parte alta, con un'inclinazione maggiore, predominano la vegetazione a basso fusto (ad esempio la ginestra) e l'erba.

Quando la vegetazione e il suolo vengono rimossi (naturalmente o artificialmente), i depositi pelitici sono esposti agli agenti atmosferici e i processi di rammollimento e rigonfiamento si approfondiscono, con una conseguente diminuzione della resistenza al taglio.

Per questo motivo, il primo passo importante per prevenire l'erosione sulla parte argillosa dei pendii è preservare l'integrità del suolo e la copertura vegetale.



Versante sud del ponte



*Role of vegetation
(from: Use of Vegetation in Civil
Engineering ISBN: 9780860177111)*

http://observatoriaigua.uib.es/repositori/suds_ciria_5.pdf

VERSANTI ARGILLOSI

IN SUPERFICIE Rigonfiamento per **assorbimento di acqua** (**softening**)

IN PROFONDITA' PER DIVERSI METRI Scarico tensionale dovuto all'erosione, rigonfiamento (**swelling**) = **fratture di trazione**

softening + swelling = riduzione delle caratteristiche meccaniche

AZIONE DI ACQUA E GRAVITA'

↓
SOFTENING

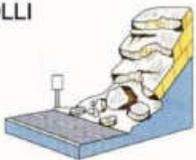
↓
Soliflusso e colate di fango



Aprile 1989 (FOTO: prof. Quintilio Napoleoni)



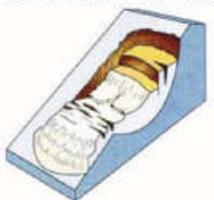
CROLLI



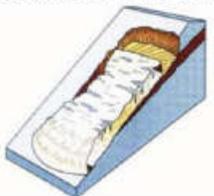
RIBALTAMENTI



SCORRIMENTI ROTAZIONALI



SCORRIMENTI TRASLATIVI



ESPANSIONI LATERALI



COLATE



Le tipologie di frane che si verificano nell'area di Civita sono quindi le seguenti.

Lungo i settori non stabilizzati delle scarpate:

- **crolli e ribaltamenti in roccia**

Sui versanti argillosi:

- **soliflusso e creep** del terreno;
- **colate di fango** (molto comuni e caratterizzate da piccoli spessori, frequenti ripetizioni ed evoluzione in allargamento e retrogradazione);
- **flussi e valanghe di detriti, scorrimenti traslazionali** (meno comuni);
- **scorrimenti rotazionali** di porzioni di pendio più ampie e profonde (poco frequenti);
- **frane complesse**, in cui si verificano almeno due tipi di movimenti in sequenza (ad esempio, una caduta di massi che evolve in una valanga detritica) (meno comune);
- **frane composite** che possono essere classificate simultaneamente in più di una categoria cinematica, cioè diversi tipi di movimento si verificano in diverse aree della massa spostata (ad esempio, una frana rotazionale-traslazionale) (meno comune).





ISPRA - Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale, SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (2021)
Carta Geomorfologica d'Italia alla scala 1:50.000 - Aggiornamento ed integrazioni delle linee guida della Carta Geomorfologica d'Italia alla scala 1:50.000 e Banca Dati geomorfologica (Fascicolo I, Versione 2.0).

Periodici tecnici «I Quaderni», serie III, Volume 13, Fascicolo I - Progetto CARG: modifiche ed integrazioni al Quaderno n. 4/1994



APAT - Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici, SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (2007)
Carta Geomorfologica d'Italia 1:50.000 - Guida alla rappresentazione cartografica (primo aggiornamento).

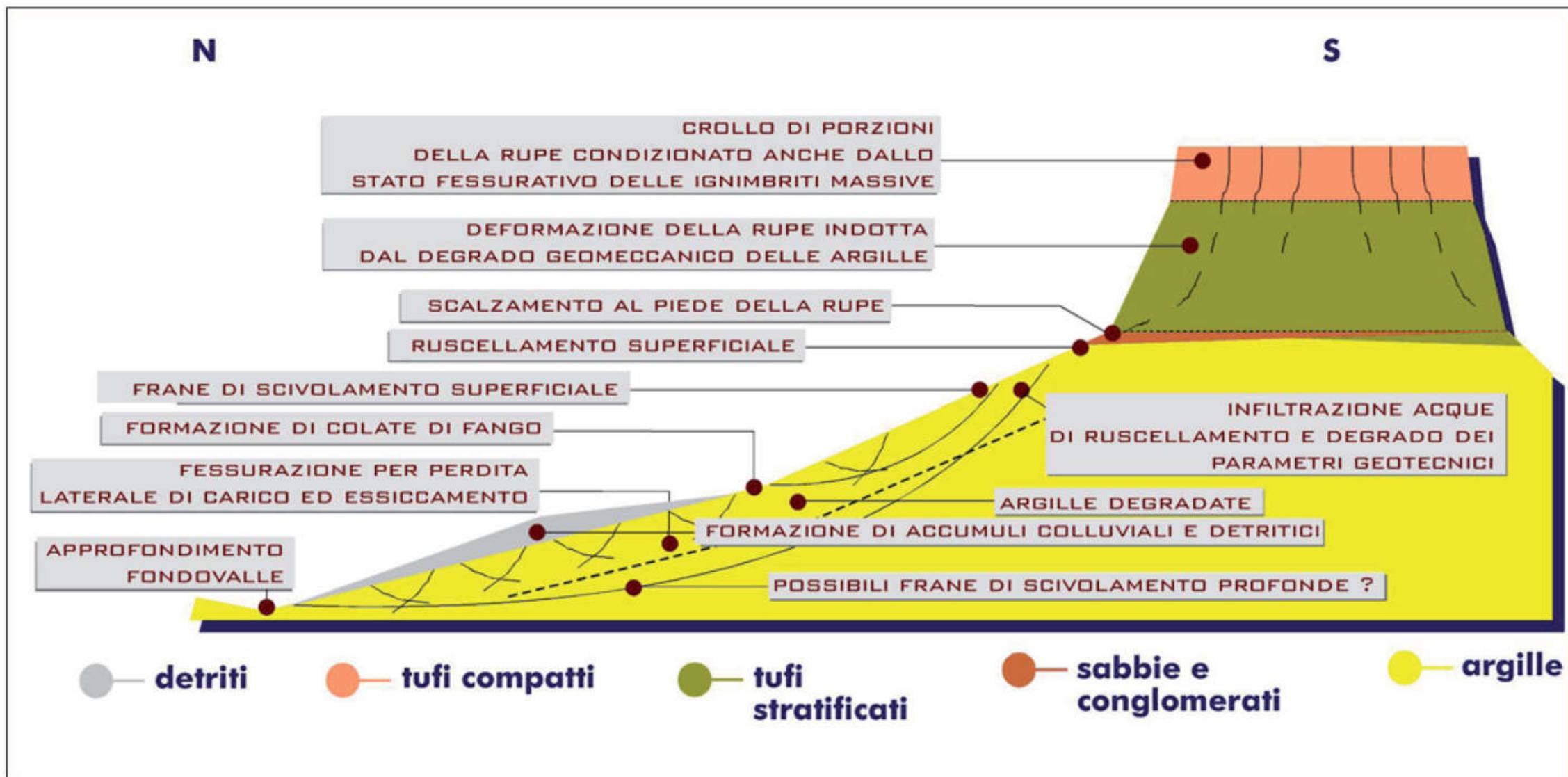
Periodici tecnici «I Quaderni», serie III, Volume 10/2007



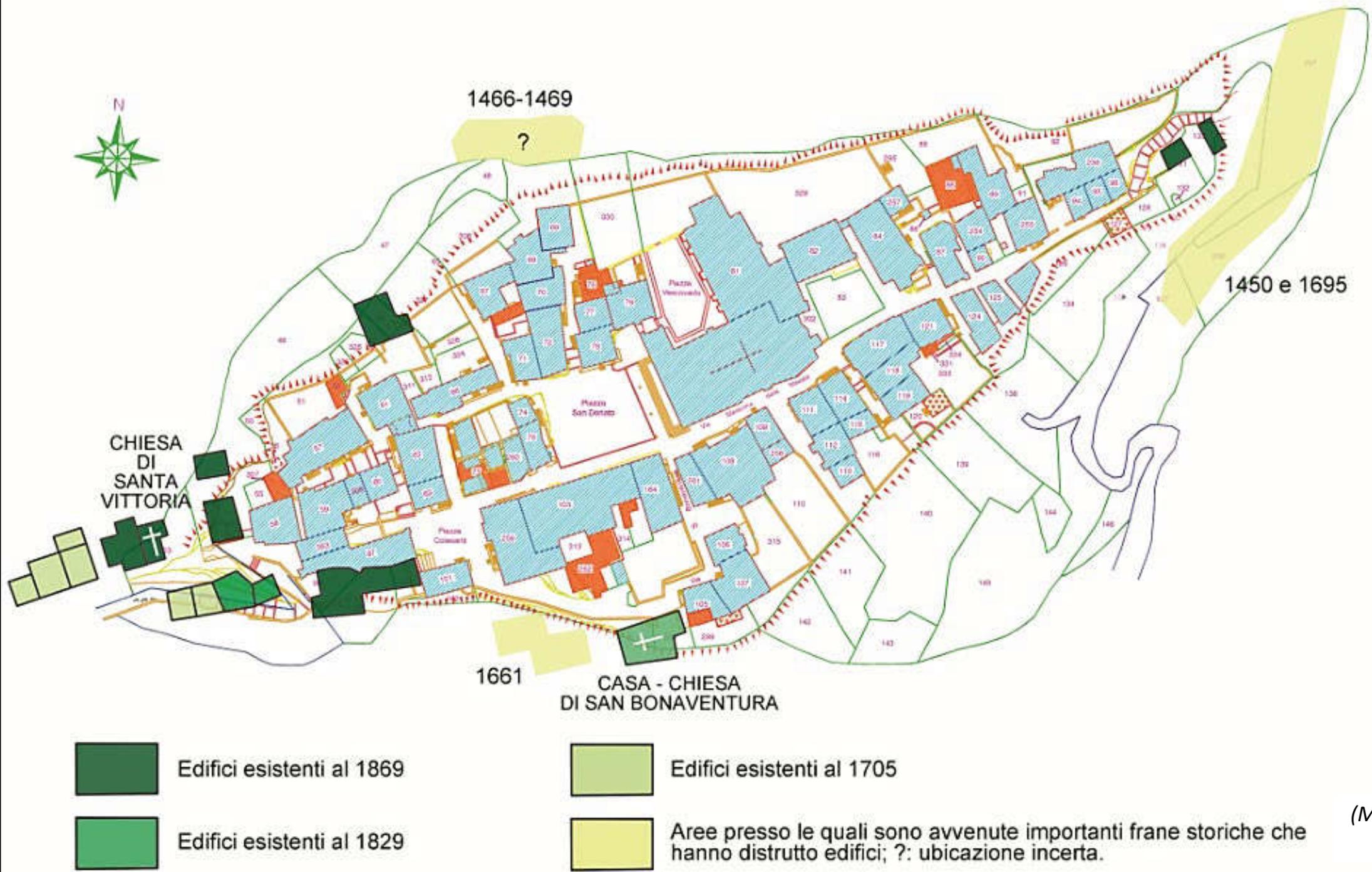
APAT - Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici, SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1994)

Carta Geomorfologica d'Italia 1:50.000 - Guida al rilevamento. Linee guida per il rilevamento e la rappresentazione cartografica.

Periodici tecnici «I Quaderni», serie III, Volume 4/1994



Margottini, 2017



(Margottini, 1990; ridisegnato)

INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Tab. I Caratteristiche dell'argilla di Civita di Bagno-regio			
Contenuto d'acqua	W	21.5-22.4	%
Peso di volume	Y	2.06-2.07	g/cm ³
Peso del secco	Yd	1.68-1.70	g/cm ³
P.s. dei granuli	Ys	2.65-2.7	g/cm ³
Saturazione	%	98-100	
Indice dei porti	e	0.56-0.60	
Porosità	n	36-38	%
Limite liquido	WL	38.7-47	%
Limite plastico	WP	22.6-24.3	%
Indice plastico	Ip	15.6-22.7	%
Indice di cons.	Ic	>1	
Coesione	C'	0.03-0.04	MPa
Ang. attrito	FI'	22.5-29.5	gradi

Soprattutto nelle argille con microstrutture, si è osservato che il rigonfiamento produce una alterazione delle caratteristiche meccaniche. L'effetto più evidente è una profonda alterazione della struttura dell'argilla, che perde gradualmente le caratteristiche indotte dalle sollecitazioni meccaniche subite in precedenza.

Questo comportamento, si discosta sensibilmente dal modello usualmente adottato per descrivere il comportamento meccanico delle argille sovraconsolidate.

Da questa osservazione sperimentale, scaturisce l'ipotesi che un'argilla sovraconsolidata, per effetto di un rigonfiamento spinto, perda memoria delle sollecitazioni subite in precedenza, per assumere un comportamento simile a quello di un'argilla normalmente consolidata

Napoleoni, 1991

Abbiamo visto che è stato possibile campionare l'argilla nel primo sondaggio, dal quale sono stati prelevati due campioni, denominati S1C1 e S1C2, alla profondità di 5.50 m e 11.50 m rispettivamente.

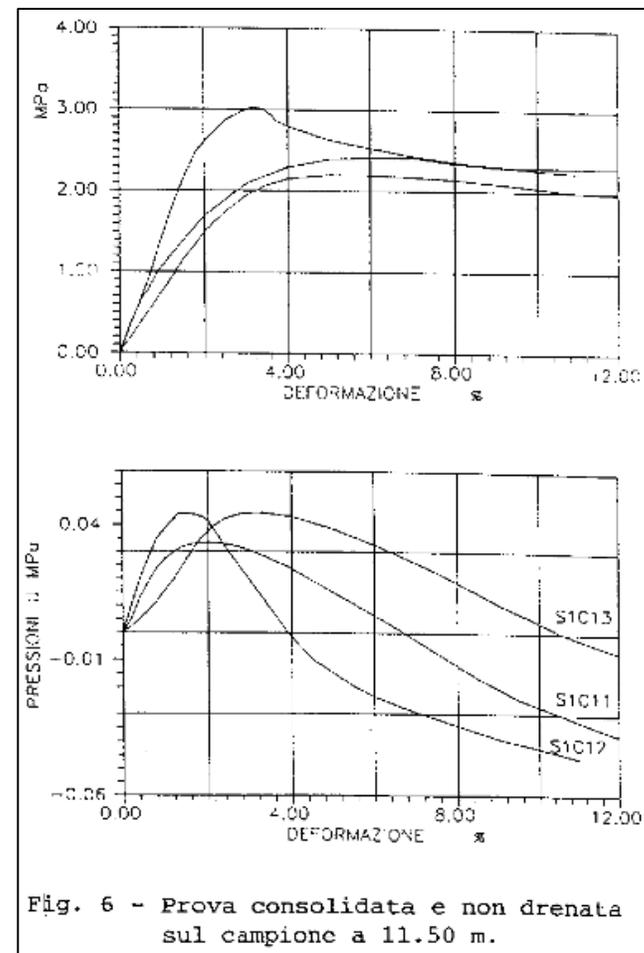
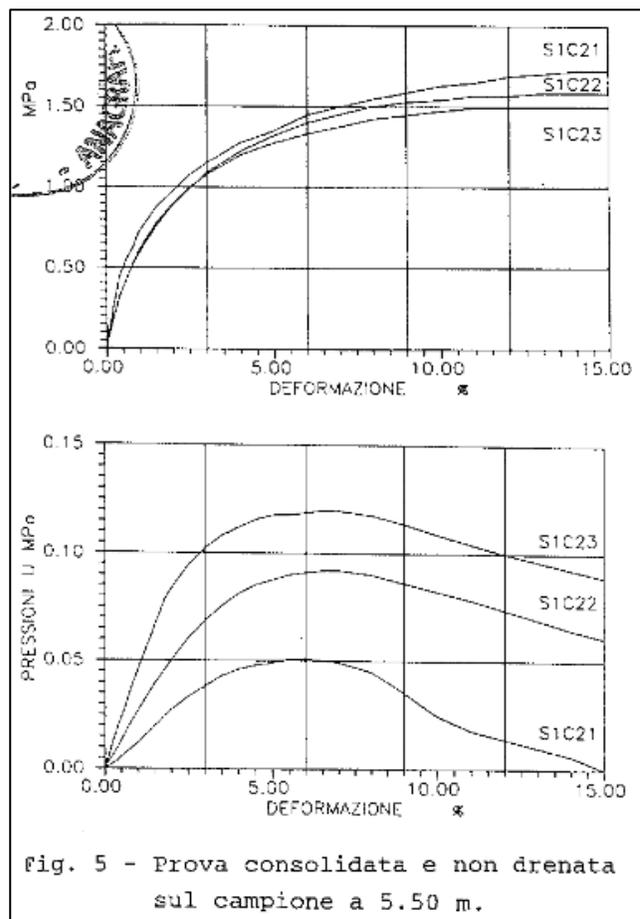


Tabella 1 – sintesi di tutti i dati disponibili Urbani (2016)

	γ [KN/m ³]	Φ'	Cohesion (peak) [KPa]	E [KPa]	ν	G	e_0
Ignimbrite massiva con fratture	13	30	5	2×10^6	0,25	833333	1,38
Ignimbrite massiva	13	30	160	2×10^6	0,2		1,38
Piroclastiti stratificate	15	30	75	2×10^6	0,25		1,12
Argille	18	28	50	5×10^5	0,2		0,66

Dove:

E = Modulo di Young [kN/m²]

ν = Coeff. di Poisson [-]

G = Modulo di Taglio [kN/m²]

c_i = Coesione [kN/m²]

φ_i = Angolo di attrito [°]

Margottini, 2017

Table 3

Properties of the main geological units at Civita di Bagnoregio.

MATERIAL		ρ_s (Mg/m ³)	ρ (Mg/m ³)	n [e_0]	w (%)	Sr (%)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	G_0 (MPa)
<i>Ignimbrite (IOB)</i> ^a		2.34	1.10–1.38	0.45–0.50	–	–	1700 ^e	950 ^e	1100 ^d , 900 ^c
<i>Layered pyroclastites (PVF)</i>	Cemented fine ash (FA)	2.57	1.26–1.39	0.53–0.58	15.7	32	1090	650	600 ^d , 340 ^b
	Coarse Ash (CA) ^e	2.50	0.94–1.01	0.74	52	45	570	200	42 ^d , 40 ^c
	Lapilli (L)	2.50	1.04	0.69	33.6	38	–	–	–
	Paleosol	2.51	1.77–1.86	0.36–0.39	16	68	1100	480	420 ^d , 290 ^b
<i>Stiff clay (CVF)</i>	Stiff clay with sandy laminae	2.67	2.05	[0.62]	22.5	100	1700	320	215 ^d , 50 ^b
	Stiff clay	2.70	2.04	[0.65]	25	100	1600	480	470 ^d , 90 ^b

^a Orvieto site.

^b DSDSS.

^c RC.

^d UPV.

^e Reconstituted sample.

Cercato et al., 2020

(1 Mg/m³ = 9.81 kN/m³)

Tabella 1. Valori medi dei parametri geotecnici per le ignimbrite massive (Boldini et al. 2025) (γ_d = peso dell'unità di volume in condizioni asciutte, n = porosità, UCS = resistenza a compressione uniassiale, E_{t50} = modulo di Young tangente al 50% del carico di rottura, σ_t = resistenza a trazione. I pedici “dry” and “wet” indicano rispettivamente condizioni di prova per il materiale roccioso asciutte ed imbibite).

Litotipo	γ_d (kN/m ³)	n (%)	UCS_{dry} (MPa)	$E_{t50,dry}$ (GPa)	UCS_{wet} (MPa)	$\sigma_{t,dry}$ (MPa)
ignimbrite massiva	12.4	46	1.38	0.12	1.24	0.39

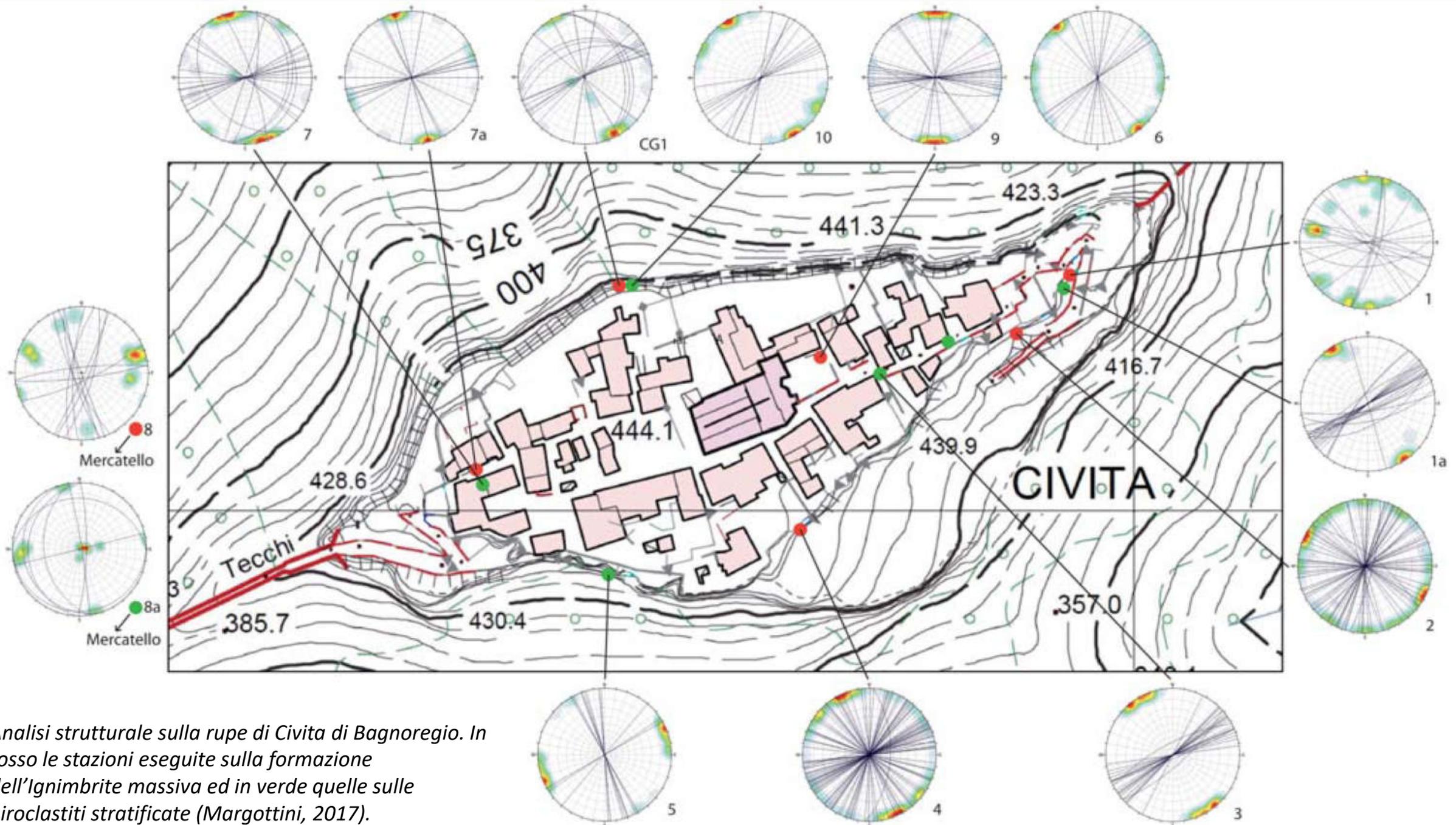
Tabella 2. Valori medi dei parametri geotecnici del substrato argilloso (Boldini et al. 2025).

Unità	γ (kN/m ³)	c' (kPa)	φ' (°)
argilla ammorbidita con limo e sabbia	20.60	0	30
argilla con limo ammorbidita	26.25	25	26
argilla con limo consistente	22.28	107	23

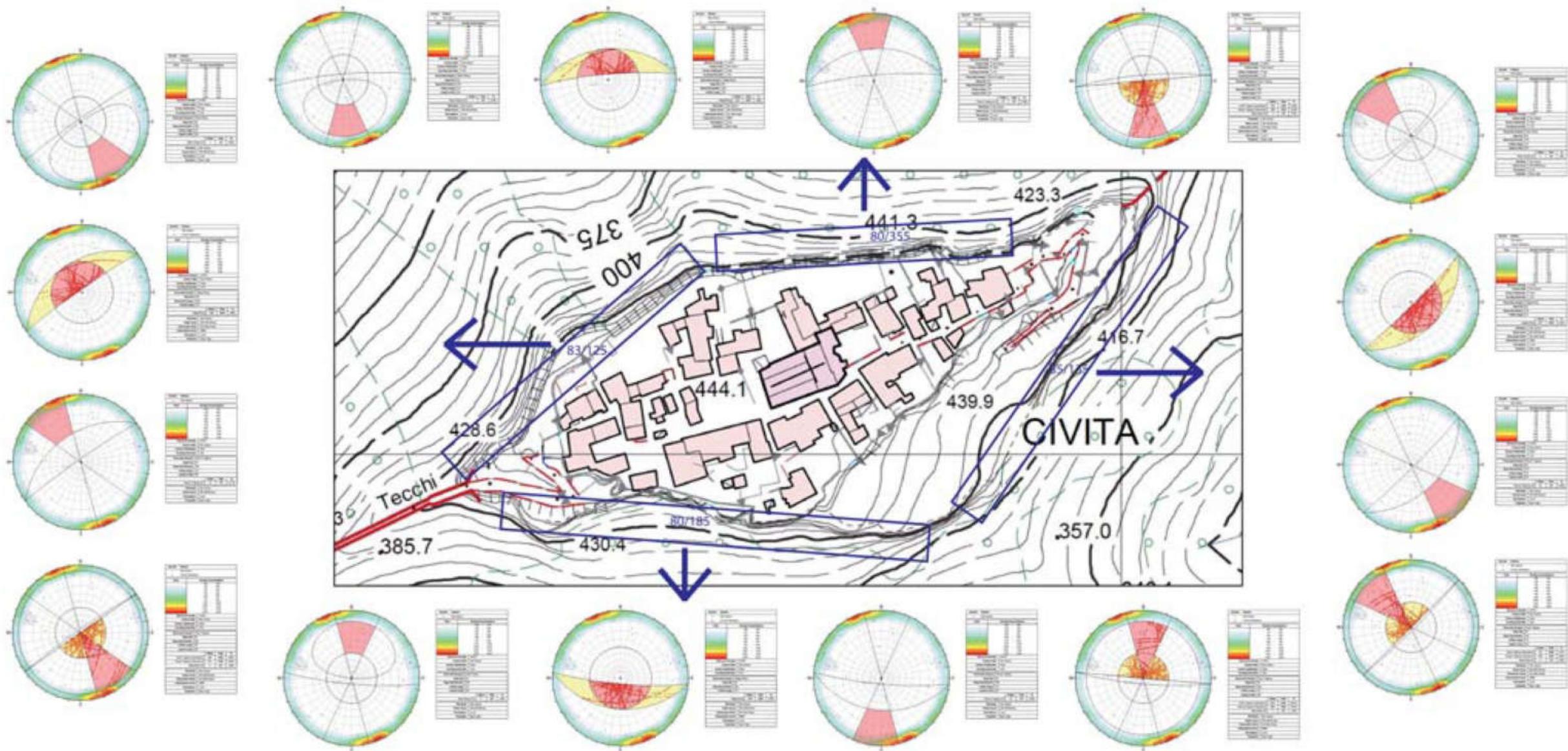
Tabella 4. Stima parametri geotecnici per l'unità delle piroclastiti stratificate.

Materiale	γ (kN/m ³)	c (kPa)	φ (°)
piroclastiti stratificate	16.6	30±15	30±5

(Wenhui et al., 2025)

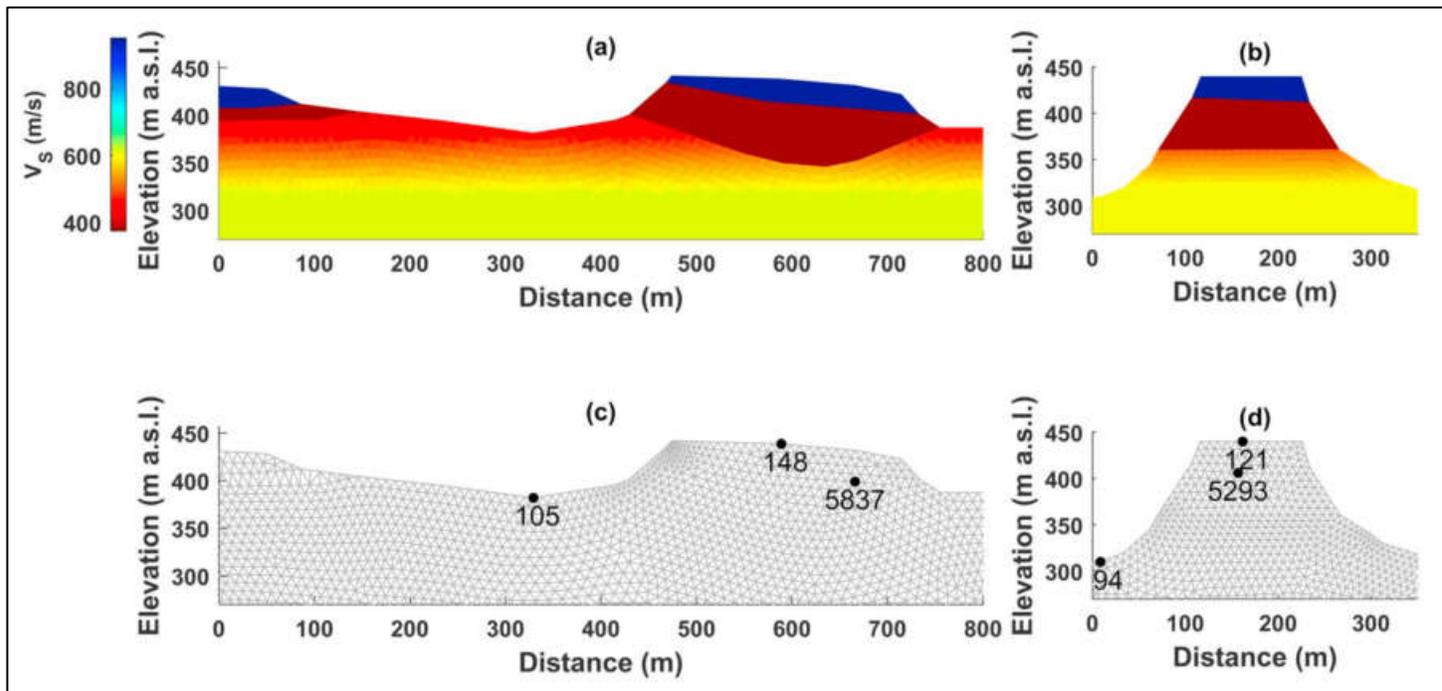


Analisi strutturale sulla rupe di Civita di Bagnoregio. In rosso le stazioni eseguite sulla formazione dell'Ignimbrite massiva ed in verde quelle sulle piroclastiti stratificate (Margottini, 2017).



Analisi cinematica relativa alla parte alta della rupe (ignimbrite massiva) nei diversi settori di Civita. Gli stereoplot, per ogni lato, riportano, da sinistra verso destra, la propensione agli scivolamenti planari, ai cunei di roccia, ai toppling fessurali ed ai toppling diretti (Margottini, 2017).

INQUADRAMENTO GEOFISICO

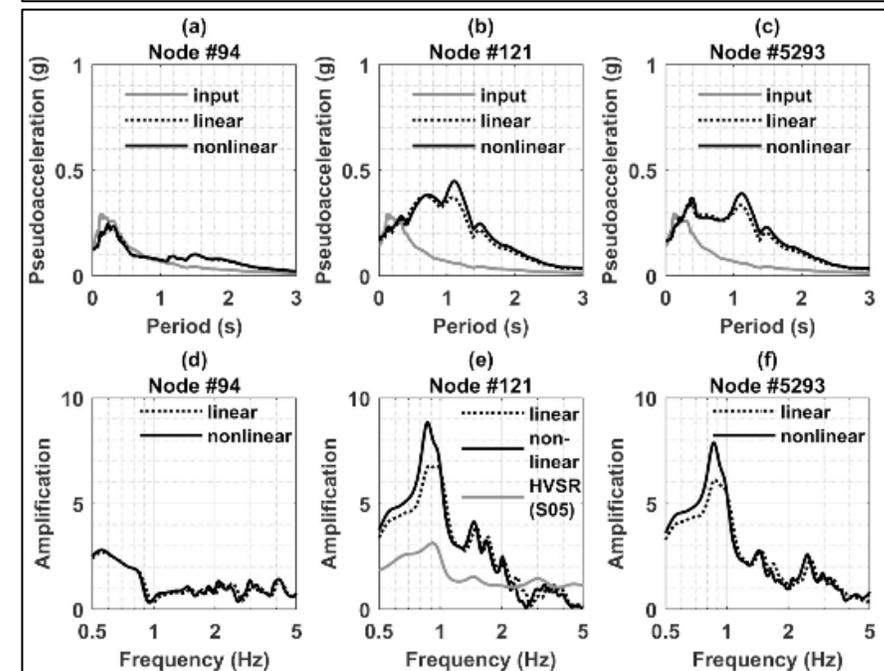
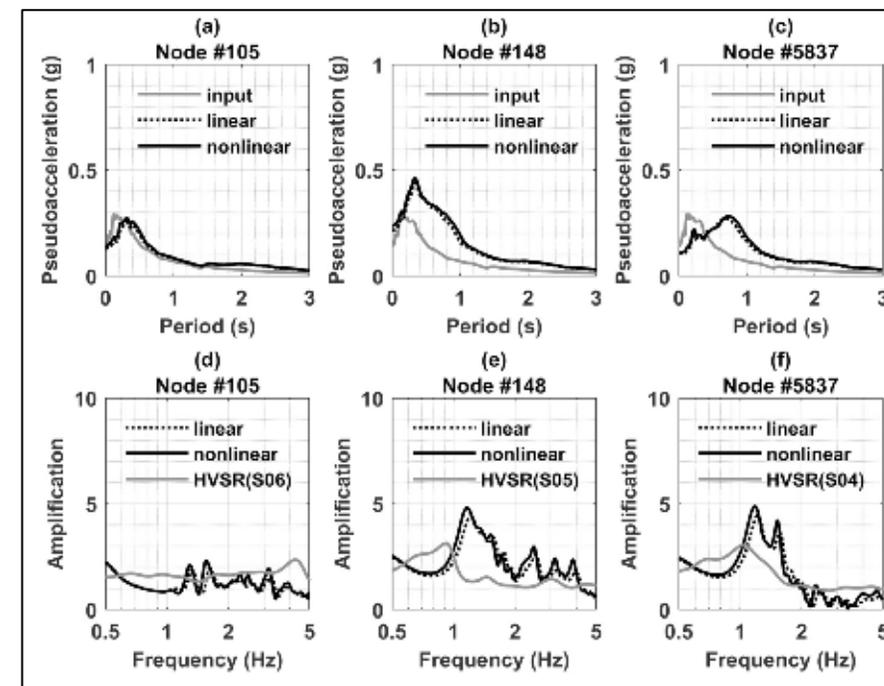


Modello sismostratigrafico semplificato di Civita (Cercato et al., 2020)
 (Le maglie effettive sono estese a 500 m di distanza dai confini laterali e fino a una profondità di 60 m s.l.m.)

Lo spessore delle argille e quindi la profondità del substrato roccioso meso-cenozoico rispetto al tetto delle argille contatto è >200 m. La profondità del substrato è stata fissata a 60 m s.l.m. (spessore delle argille intorno a 300 m e Vs, roccia=1500 m/s) su basi bibliografiche.

L'analisi della risposta sismica indica che la piastra rigida di ignimbrite in cima alla collina non svolge un ruolo significativo nella risposta sismica, così come le variazioni su piccola scala di impedenza acustica nell'ambito del piroclastiti.

L'ipotesi di un substrato sismico profonda è supportato da la corrispondenza tra la frequenza dei picchi di amplificazione principale e i valori sperimentali della frequenza di risonanza delle misure di microtremori a stazione singola. (Cercato et al., 2020).



Spettri di risposta (a-c) e funzioni di amplificazione (d-f) per i nodi più significativi

(Cercato et al., 2020)

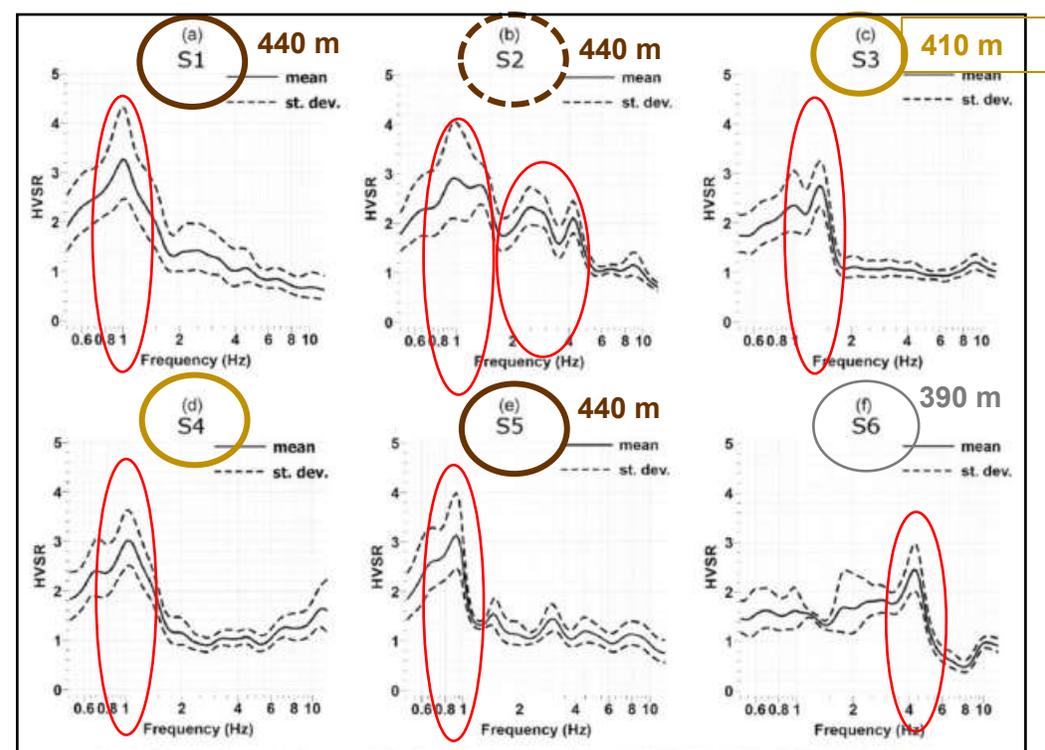
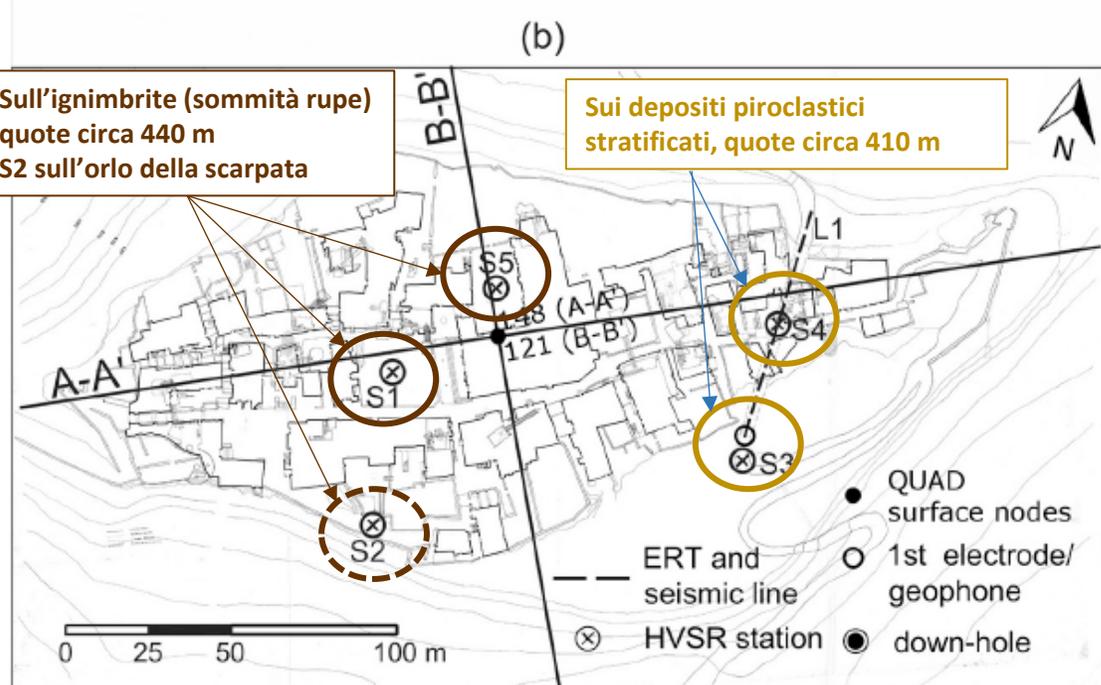
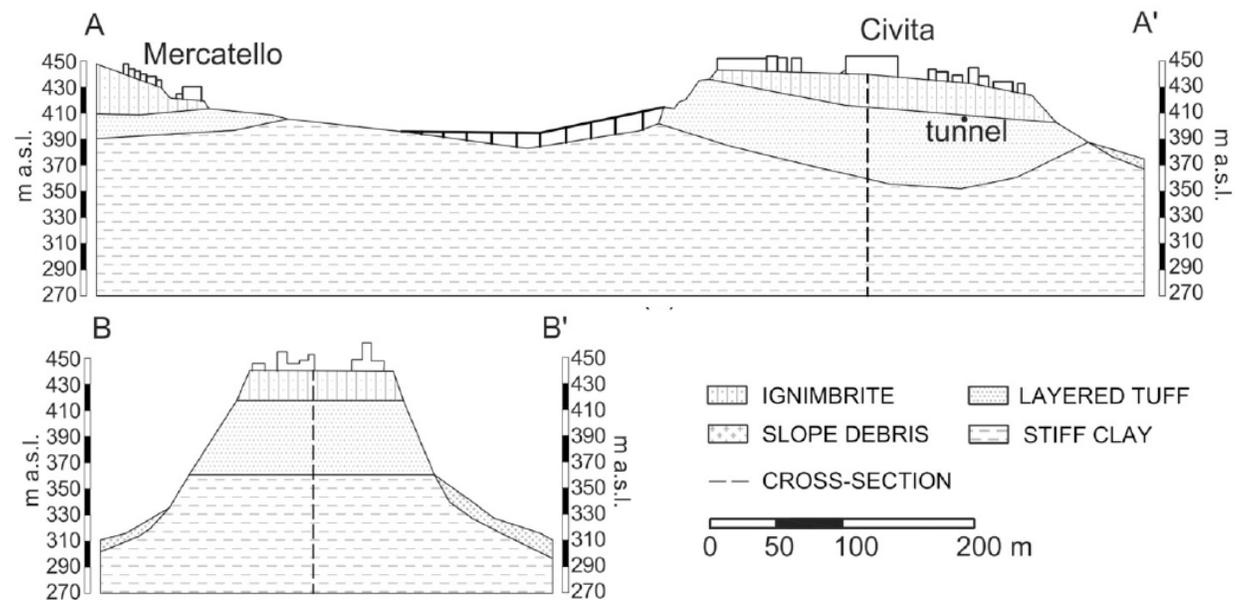
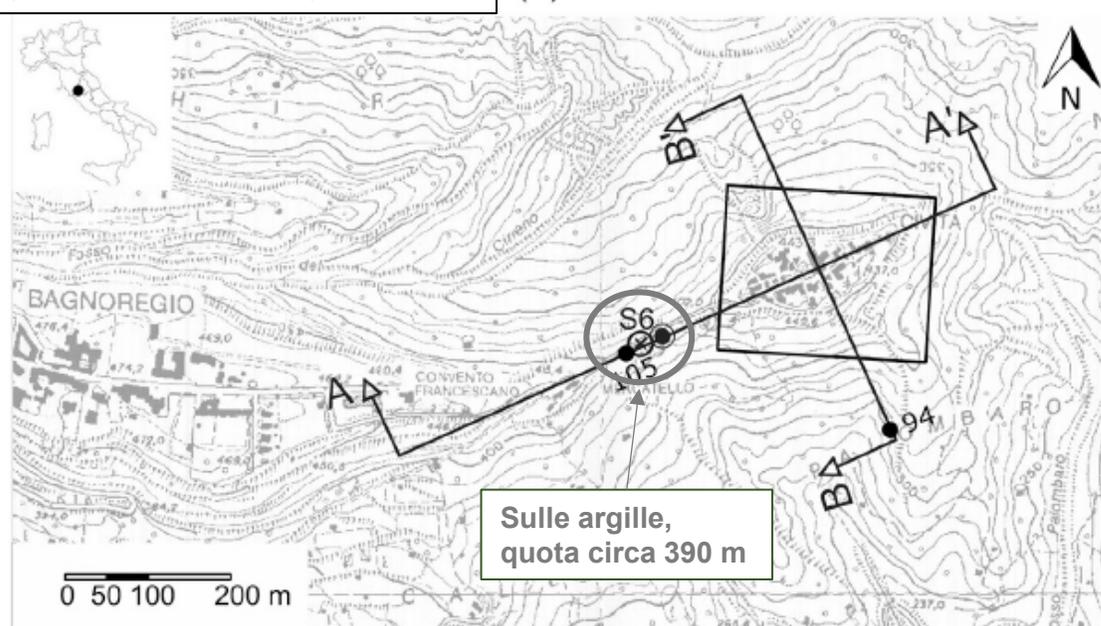


Fig. 5. Horizontal-to-vertical spectra of the six ambient-noise recordings: (a) S1, (b) S2, (c) S3, (d) S4, (e) S5 and (f) S6.

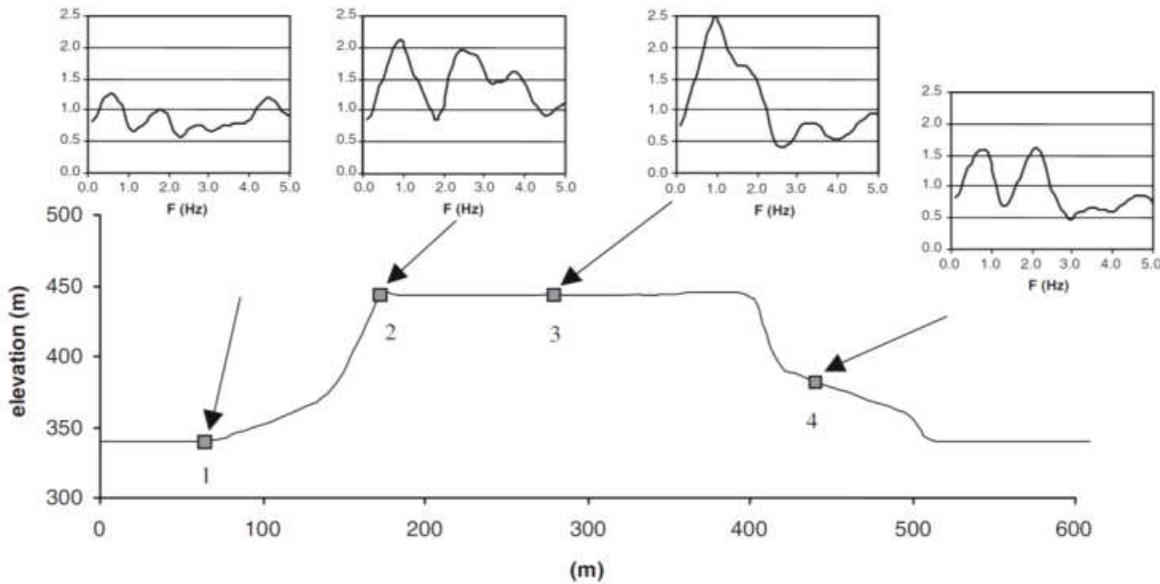
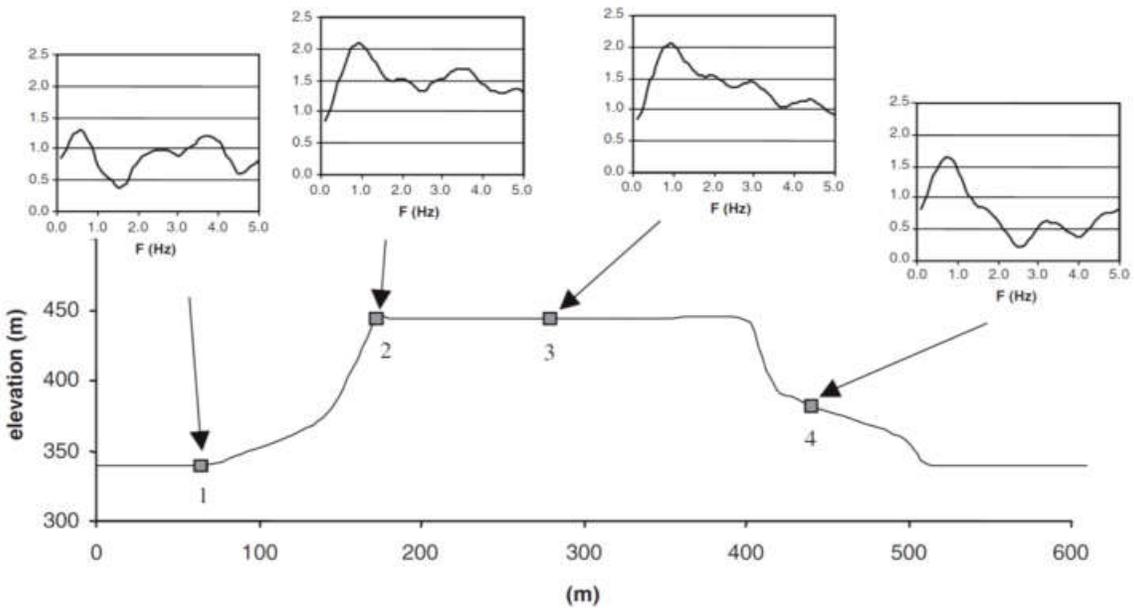


Figure 5. Transfer functions obtained from the corresponding displacements in Figure 4.

(Paolucci, 2002)

Analisi numeriche 3D hanno stimato a Civita di Bagnoregio un parametro di amplificazione topografica di circa 1,75, molto maggiore rispetto all'Eurocodice EC8 (*Progettazione delle strutture per la resistenza sismica*) e agli altri tipi di modellazione (Paolucci, 2002).

Un picco a circa 1 Hz appare in tutte le funzioni di trasferimento alla sommità della rupe, indicando la frequenza fondamentale di vibrazione. Il picco è più alto per il moto polarizzato N-S, ma la frequenza fondamentale è abbastanza indipendente dalla direzione dell'eccitazione. Per spiegare questo modello, va notato che anche se la cresta della collina è allungata nella direzione E-O, la dimensione della base della collina dipende debolmente dall'azimut.

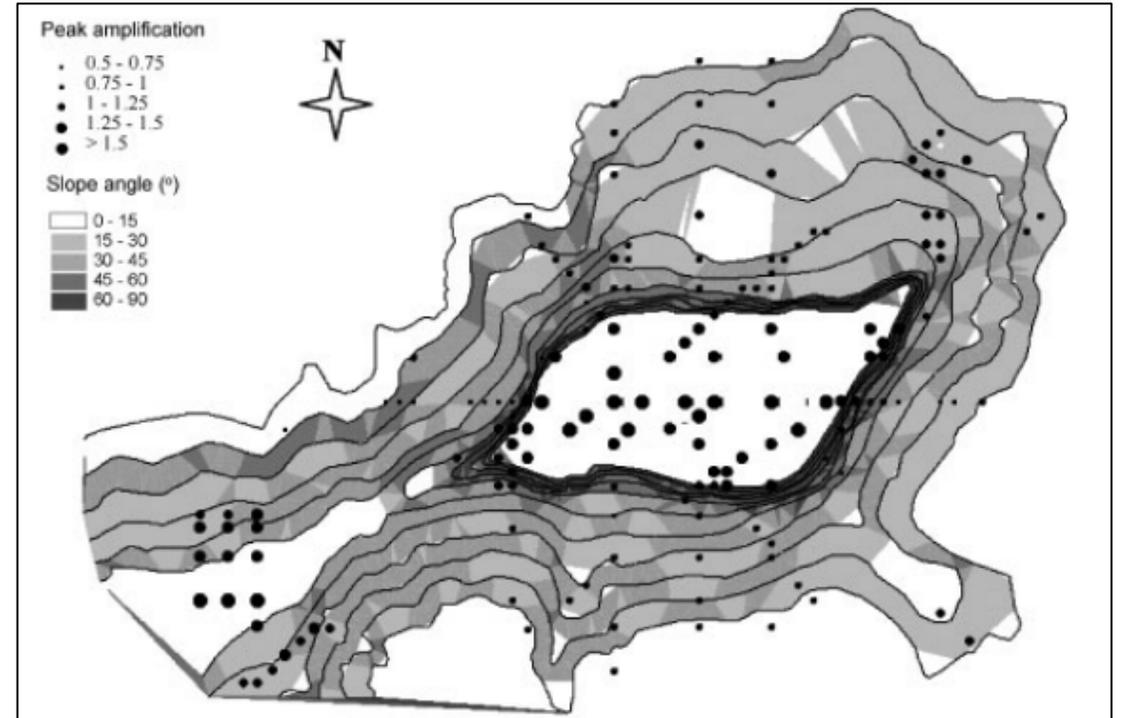
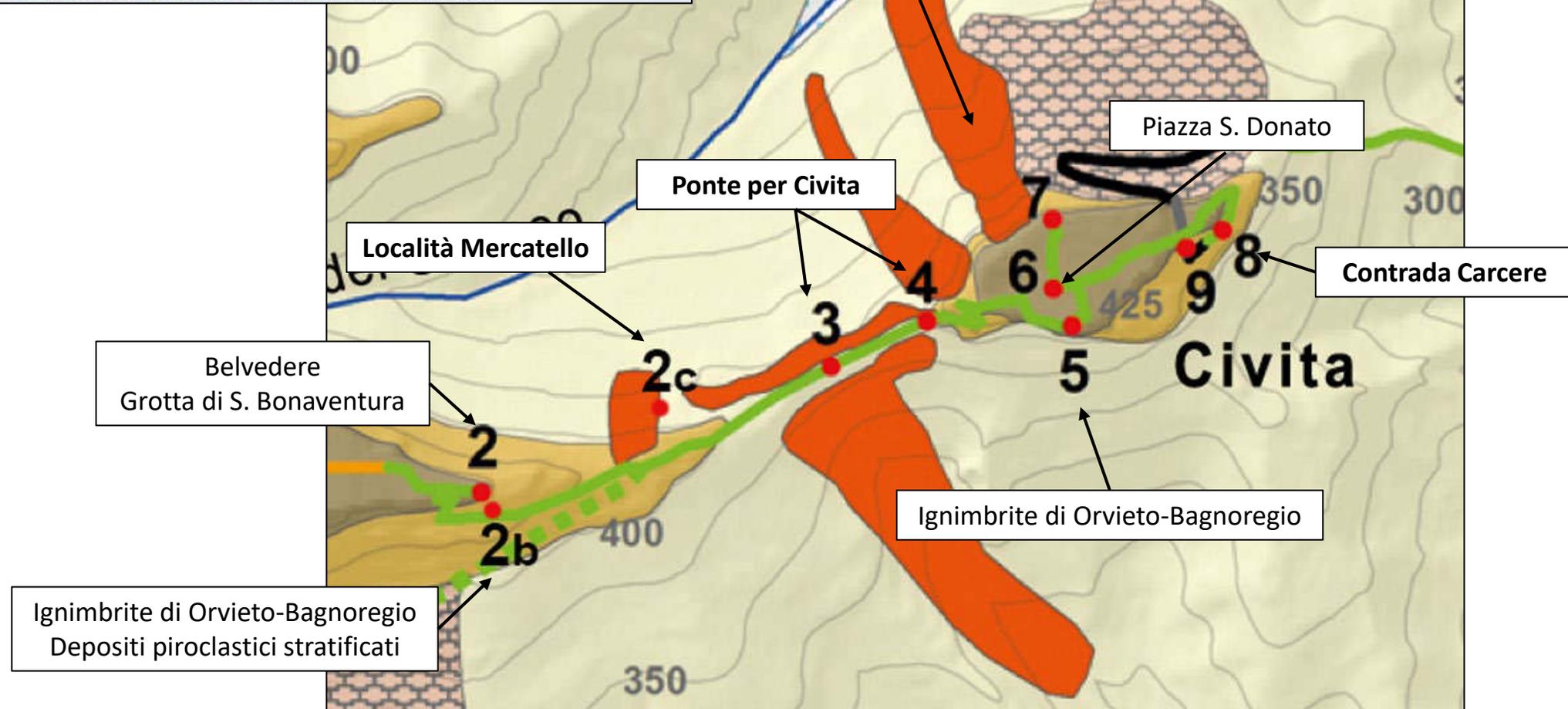


Figure 6. Contour levels and slope angle map of Civita di Bagnoregio, with distribution of peaks of displacement for EW polarization and peak frequency of the input signal $f_p = 1$ Hz.

(Paolucci, 2002)

SPERI4CIVITA: nel cuore della valle dei calanchi

Escursione formativa nell'area di Civita di Bagnoregio (VT)



Carta geomorfologica schematica (non esaustiva) con indicazione del percorso dell'escursione (Scarascia Mugnozza et al., 2022; modificata).

	In auto		Frane attive		Riporti
	In auto (deviazione)		Aree in calanchizzazione		Depositi alluvionali attuali
	A piedi		Frane relitte		Lave
	A piedi (deviazione)		Stop		Ignimbrite di Orvieto-Bagnoregio
	Attualmente interdetto				Depositi piroclastici stratificati
	Attualmente interdetto (tunnel)				Argille di origine marina

Località
Mercatello



XIX sec

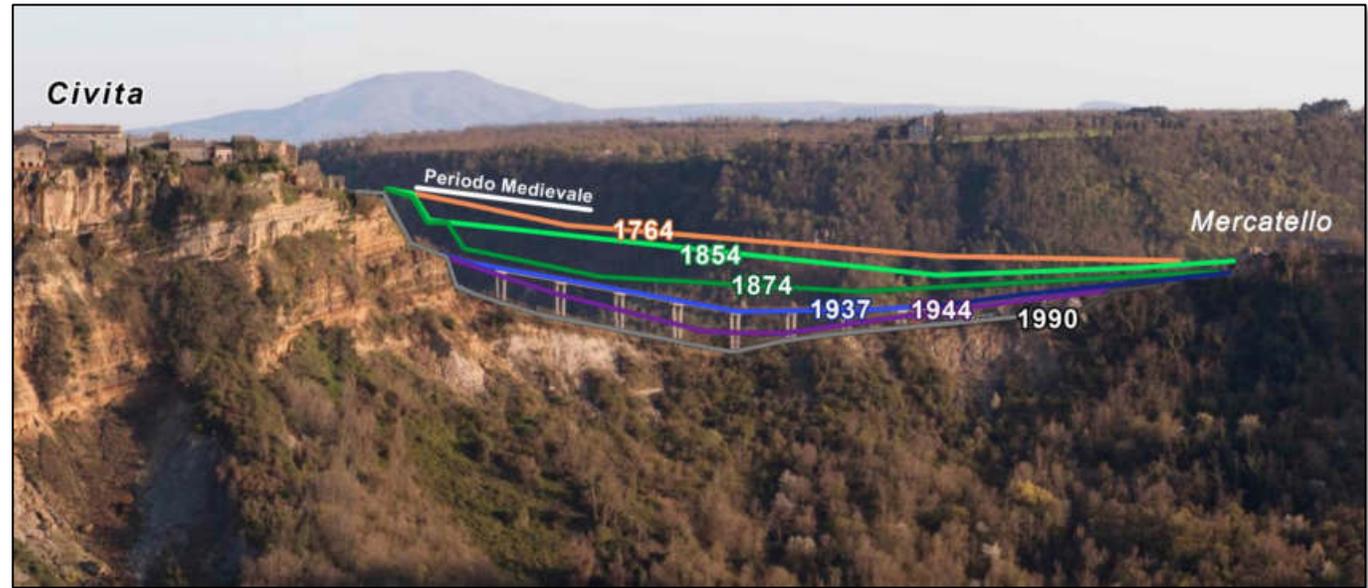


XX sec, anni '30



L'antica strada per Civita (sopra) e il primo ponte (sotto).

Civita



Evoluzione dell'area del ponte dal periodo medievale ad oggi (Margottini, 1990; ridisegnato).

XX sec, anni '40



Ponte per Civita Versante nord

Tra gli anni '80 e '90 nel versante nord della sella tra Bagnoregio Belvedere e Civita è stato realizzato un ampio intervento di stabilizzazione costituito da: due file di 11 strutture ancorate in calcestruzzo a contrasto, lunghe 16 metri ciascuna; canali di drenaggio e trincee.

Nella parte superiore sono state installate delle protezioni antiersive, che però non hanno resistito alle piogge successive: in quest'area sono quindi attive diverse colate di fango, in evidente retrogradazione, come si può desumere dalle foto degli ultimi anni e dalle recenti fessurazioni nel parcheggio sovrastante.



Lato nord dell'area del ponte: colate di fango attive

1990



2020



Lato nord dell'area del ponte: sopra i lavori di stabilizzazione in corso (marzo 1990, per gentile concessione del prof. Quintilio Napoleoni), con la sezione del muro-tipo (Napoleone, 1991; ridisegnato) (Scarascia Mugnozza et al., 2022)

Ponte per Civita
Versante sud

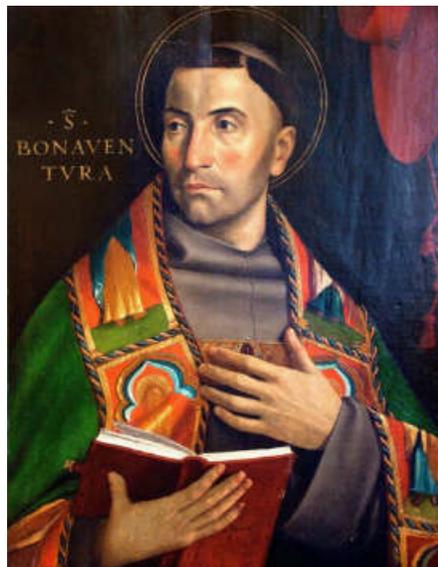


Evoluzione del lato sud dell'area ponte tra il 2012 e il 2018 (Scarascia Mugnozza et al., 2022).



Casa natia di S. Bonaventura

Giovanni Fidanza, meglio conosciuto come San Bonaventura da Bagnoregio (Civita di Bagnoregio 1217ca – Lione 1274), fu Vescovo, Cardinale e ministro generale dell'Ordine Franciscano, ma soprattutto, fu un religioso, filosofo e teologo tanto da meritarsi il titolo di Doctor Seraphicus. È considerato il più importante biografo di San Francesco d'Assisi.



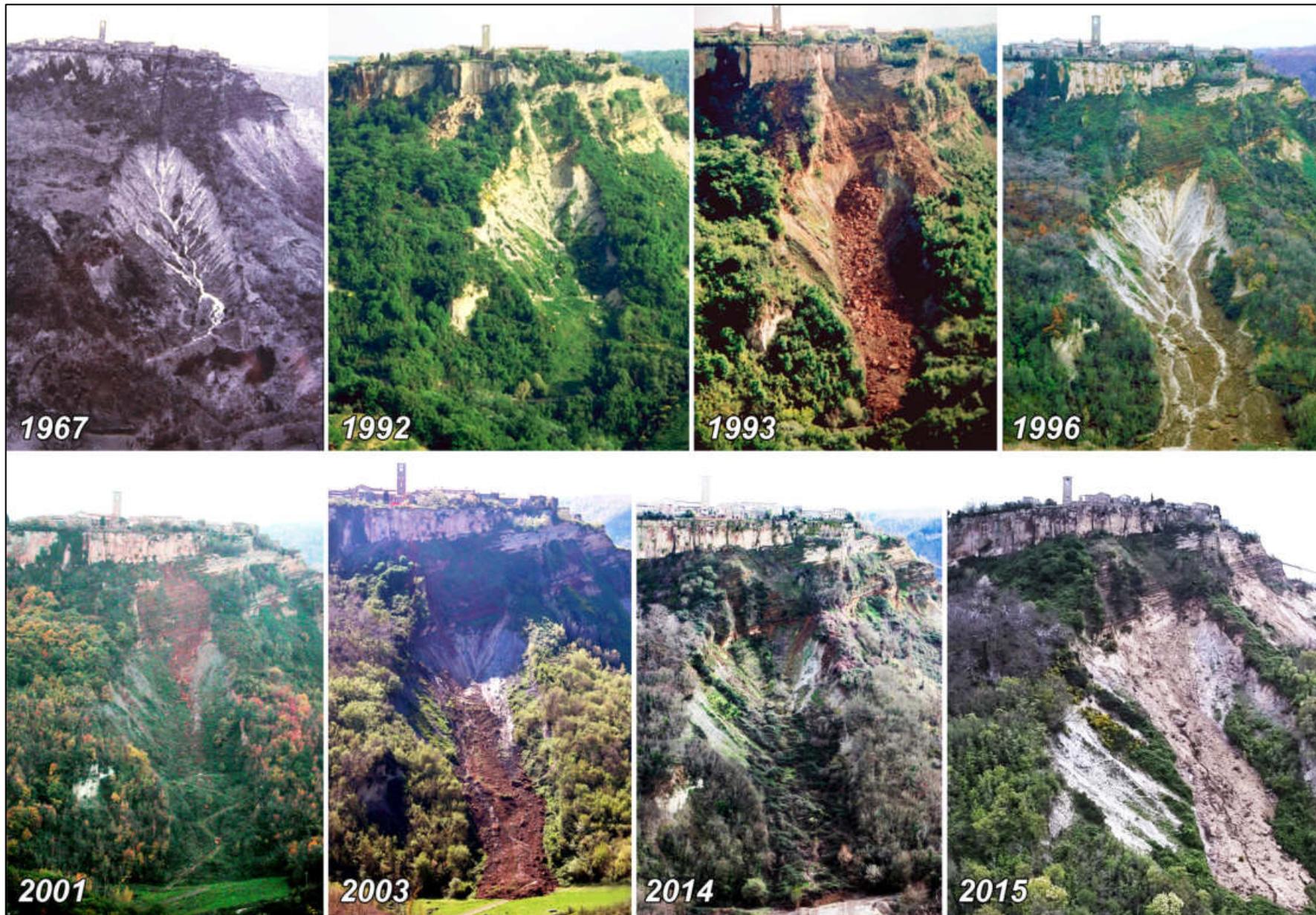
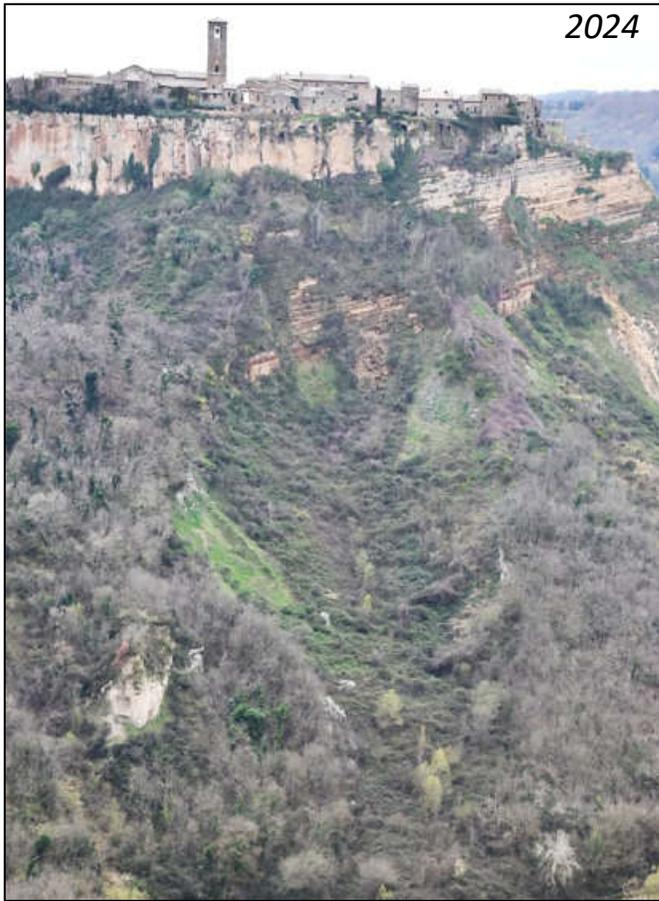
Dipinto di: Paolo Morando, detto Cavazzola (1486-1522). Museo di Castelvechio, Verona.



«...Voto enim pro me languente gravissime ad beatum Patrem Franciscum emisso a matre, cum: adhuc essem puerulus, ab ipsis sum mortis faucibus erutus et in robur vitae incolumis restitutus...» (Legenda Menor - VII,8)

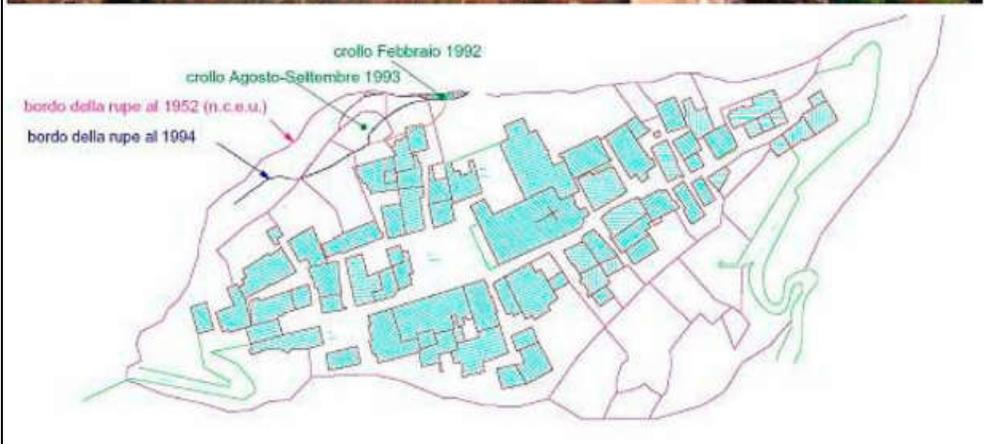
(“Fanciullo, ammalato gravemente, fui strappato alle fauci della morte e restituito incolume alla vita da un voto che mia madre fece per me al beato Padre Francesco”)

«Cavon Grande»

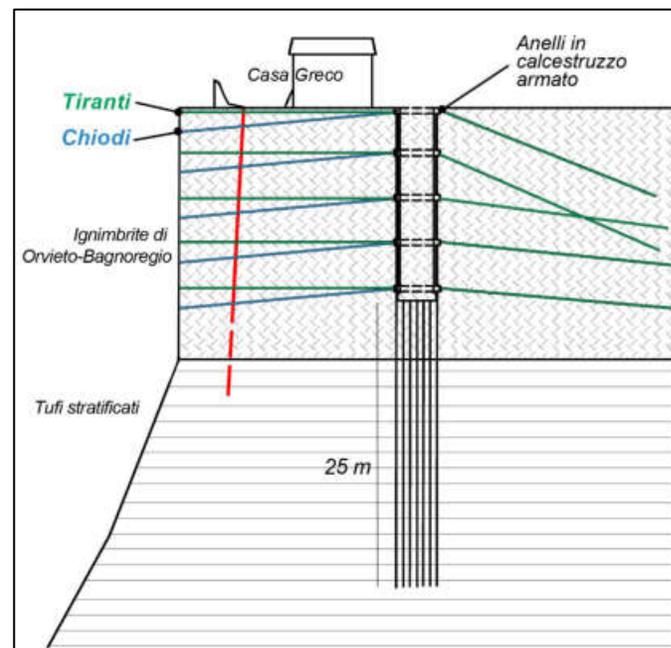


Evoluzione della zona del "Cavon grande" dal 1967 (Margottini & Di Buduo, 2017; modificata).

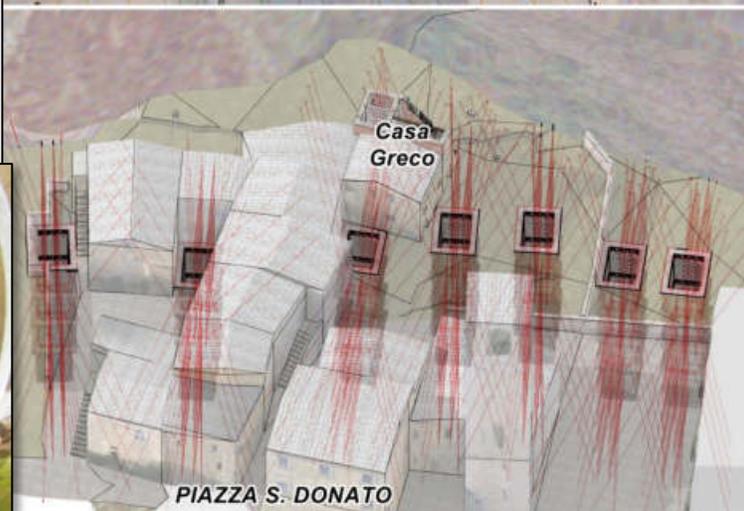
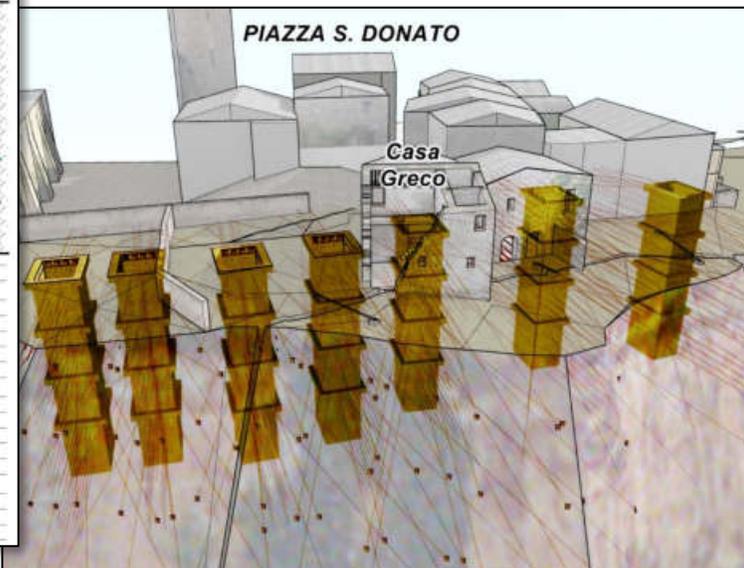
«Cavon Grande»



La zona di coronamento del "Cavon Grande", pochi anni prima che i pozzi strutturali fossero costruiti (Delmonaco et al., 2008).



Sezione schematica del pozzo strutturale di Casa Greco (da Falconi et al., 2004. Ridisegnato e modificato).



Veduta prospettica dei 7 pozzi strutturali sul lato nord di Civita (Museo Geologico e delle Frane, Civita di Bagnoregio).

Contrada Carcere



RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Acocella V., Palladino D.M., Cioni R., Russo P., Simei S. (2012). Caldera structure, amount of collapse and erupted volumes: the case of Bolsena Caldera, Italy. *Geological Society Of America Bulletin*, 124, 1562-1576.

Aumento F., Cherubini G. (2008). Monitoraggio continuo delle emissioni di radon dalle faglie attive di Civita di Bagnoregio: rischi tellurici e sanitari. Atti del convegno «Conservazione e Sviluppo Sostenibile delle Città del Tufo. Un percorso ideale tra Pitigliano, Civita di Bagnoregio e Orvieto», 14–17 maggio 2008.

Barberi F., Buonasorte G., Cioni R., Fiordelisi A., Foresi L., Iaccarino S., Laurenzi M.A., Sbrana A., Vernia L., Villa I.M. (1994). Plio-Pleistocene geological evolution of the geothermal area of Tuscany and Latium. *Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia*, 49, 77-134.

Bizzarri R., Baldanza A. (2020). Integrated Stratigraphy of the Marine Early Pleistocene in Umbria. *Geosciences* 2020, 10(9), 371; <https://doi.org/10.3390/geosciences10090371>.

Boldini, D., Margottini, C., Spizzichino, D., Tommasi, P. 2025. Geotechnical characteristics of the volcanic mesa and of the clayey slope of Civita di Bagnoregio. *Rivista Italiana di Geotecnica*. In corso di revisione.

Capaccioni B., Sarocchi D. (1996). Computer-assisted image analysis on clast shape fabric from the Orvieto-Bagnoregio ignimbrite (Vulsini District, central Italy): implications on the emplacement mechanisms. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 70, 75-90.

Cercato M., De Donno G., Di Giulio A., Lanzo G., Tommasi P. (2020). Dynamic characterization of the hill of Civita di Bagnoregio (Viterbo, Central Italy) for seismic response analysis. *Engineering Geology*, 266.

Clark P., Dyke A., Shakun J., Carlson A., Clark J., Wohlfarth B., Mitrovica J., Hostetler S., McCabe A. (2009). The Last Glacial Maximum. *Science (New York, USA)* 325, 710-714.

Delmonaco G., Margottini C., Spizzichino D. (2008). Nuove tecniche di consolidamento a basso impatto ambientale a Civita di Bagnoregio. Atti del Simposio Internazionale "Conservazione e Sviluppo Sostenibile delle Città del Tufo". Pitigliano, Civita di Bagnoregio, Orvieto, 14-17 maggio 2008.

Delmonaco G., Margottini C., Spizzichino D. (2009). Low-impact interventions for the preservation of cultural heritage: the dying town of Civita di Bagnoregio (Central Italy) and the killer landslide. In: Mazzolani F.M. (ed), *Protection of Historical Buildings*, 2-Volume Set: Prohitech 09. ISBN: 9780415558037, Rome, 21-24 June 2009.

Delmonaco G., Margottini C., Puglisi C., Falconi L., Spizzichino D. (2004). Mitigation strategies of Cavo Grande landslide in Civita di Bagnoregio (Italy). In: Lacerda, Ehrlich, Fontoura, Sayao (eds.) - *Landslides: evaluation and stabilisation*. Taylor & Francis, London. ISBN: 9780415356657.

Delmonte M. (2017). The Typical Badlands Landscapes Between the Tyrrhenian Sea and the Tiber River. In: Soldati M., Marchetti M. (eds) - *Landscapes and Landforms of Italy*. World Geomorphological Landscapes. Springer International Publishing.

Di Bella L. (1995). Le associazioni a foraminiferi del PlioPleistocene della media e bassa valle del Tevere. *Stratigrafia e paleoecologia*. 267 pp. PhD Thesis (unpublished), Università di Roma "La Sapienza".

Di Buduo G.M., Gaeta M., Palladino D.M., Marra F., Aldega L., Vingiani S., Marinari S. (2024). Paleo-geomorphological and mineralogical evidence for the definition of timing and climate framework of paleosols in the Paleovulsini volcano (Vulsini Volcanic District, Central Italy). *Centennial Celebration and Congress of the International Union of Soil Sciences (IUSS)*; May 19-21, 2024; Florence, Italy.

Donati D., Borgatti L., Stead D., Francioni M., Ghirotti M., Margottini C. (2022). The characterization of slope damage at the Civita di Bagnoregio plateau using a remote sensing approach. In *Geotechnical Engineering for the Preservation of Monuments and Historic Sites III*; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 497–508, ISBN 9781003308867.

ENEA (2001). Il consolidamento della rupe e delle pendici di Civita di Bagnoregio: indagini pregresse e proposte di intervento. *Linee guida per la salvaguardia dei beni culturali dai rischi naturali*.

Falconi L.M., Delmonaco G., Margottini C., Puglisi C., Spizzichino D. (2004). Mitigation strategies of Cavo Grande landslide in Civita di Bagnoregio (Italy). *Landslides: evaluation and stabilisation*.

Garbin F., Margottini C., Brancaleoni R., Sonnessa A. (2013). Softening and swelling mechanism affecting the south slope of Civita di Bagnoregio (Italy). In: Bilotta E., Flora A., Lirer S., Viggiani C. – *Geotechnical Engineering for the Preservation of Monuments and Historic Sites*. Taylor & Francis Group, London.

Gentili S., Comodi P., Nazzareni S., Zucchini A. (2014). The Orvieto-Bagnoregio Ignimbrite: pyroxene crystal-chemistry and bulk phase composition of pyroclastic deposits, a tool to identify syn- and post-depositional processes. *European Journal of Mineralogy*, 26(6), 743-756.

Iacurto O., Priori A. (1995). Caratterizzazione geomeccanica delle ignimbriti compatte di Civita di Bagnoregio (VT) in situazioni di dissesto idrogeologico. *Geologia Tecnica & Ambientale*, 2, 35-51.

Lattanzi F., Polci S. (a cura di) (1988). *Civita di Bagnoregio. L'ambiente, la memoria, il progetto*. SugarCo Edizioni, Milano. ISBN: 2568912757552.

Lisiecki L.E., Raymo (2005). A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $\delta^{18}O$ records. *Paleoceanography* 20, PA1003, doi:10.1029/2004PA001071.

Mancini M., Girotti O., Cavinato G.P. (2003-2004). Il Pliocene e il Quaternario della Media Valle del Tevere (Appennino Centrale). *Geologica Romana*, 37, 175-236.

Margottini C. (1990). Evoluzione morfologica dell'area di Civita di Bagnoregio in tempi storici. In: Margottini e Serafini (ed.) - *Civita di Bagnoregio. Osservazioni geologiche e monitoraggio storico dell'ambiente*. ENEA, Associazione Progetto Civita.

Margottini C. (2017). Trent'anni di studi geologici, geomorfologici ed applicativi a Civita di Bagnoregio. In (a cura di) Gisotti G., Margottini C., *Atti del Convegno "Idee per salvare Civita di Bagnoregio"*, *Geologia dell'Ambiente*, Supplemento al n. 1/2017, Anno XXV (periodico trimestrale della SIGEA), 15-28.

Margottini C., Melelli L., Spizzichino D. (2017). The Tuff Cities: A 'Living Landscape' at the Border of Volcanoes in Central Italy. In: Soldati M., Marchetti M. (eds) *Landscapes and Landforms of Italy*. World Geomorphological Landscapes. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-26194-2_25.

Margottini C., Serafini S. (a cura di) (1990). Civita di Bagnoregio. Osservazioni geologiche e monitoraggio storico dell'ambiente. ENEA e Associazione Progetto Civita, Roma, 174 pp.

Marra F., Costantini L., Di Buduo G.M., Florindo F., Jicha B.R., Monaco L., Palladino D.M., Sottili G. (2019). Combined glacio-eustatic forcing and volcano-tectonic uplift: geomorphological and geochronological constraints on the Tiber River terraces in the eastern Vulsini Volcanic District (central Italy). *Global and Planetary Change*, 182.

Napoleoni Q. (1991). Civita di Bagnoregio: un esempio di recupero. *L'ingegnere, Ingegneria Ambientale e Territoriale*, 5-8, 99-111.

Nappi G., Antonelli F., Coltorti M., Milani L., Renzulli A., Siena F. (1998). Volcanological and petrological evolution of the Eastern Vulsini District, Central Italy. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 87, 211-232.

Nappi G., Capaccioni B., Renzulli A., Santi P., Valentini L. (1994). Stratigraphy of the Orvieto-Bagnoregio Ignimbrite eruption (Eastern Vulsini District, Central Italy). *Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia*, 49, 241-254.

Nappi G., Chiocchini U., Bonomo R., Madonna S., Mattioli M., Ricci V., Vita L. (2022). Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 F. 345 Viterbo, con Note Illustrative. Servizio Geologico d'Italia - ISPRA. <http://doi.org/10.15161/oar.it/75774>.

Nappi G., Renzulli A., Santi P., Gillot P. Y. (1995). Geological evolution and geochronology of the Vulsini Volcanic District (Central Italy). *Bollettino della Società Geologica Italiana*, 114, 599-613.

Palladino D.M., Pettini M. (2020). Source- vs topographic-forcing in pyroclastic currents: the case of the Orvieto-Bagnoregio Ignimbrite, Vulsini, central Italy. *Periodico di Mineralogia*, 89, 217-226.

Palladino D.M., Simei S., Sottili G., Trigila R. (2010). Integrated approach for the reconstruction of stratigraphy and geology of Quaternary volcanic terrains: an application to the Vulsini Volcanoes (central Italy). *The Geological Society of America, special paper*, 464, 66-84.

Paolucci R. (2002) - Amplification of earthquake ground motion by steep topographic irregularities. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 31, 1831-1853.

Peccerillo A. (a cura di) (2012). L'ignimbrite di Orvieto-Bagnoregio. Nuova Phromos Edizioni, Città Di Castello (Perugia). ISBN: 9788897900290.

Scarascia Mugnozza G., Esposito C., Marmoni G.M., Di Buduo G.M. (2022). Itinerario 12.1 – Il sistema di frane di Civita di Bagnoregio e Lubriano (VT). In: Calcaterra D., Cencetti C., Meisina C., Revellino P. (a cura di) (2022). *Frane d'Italia*. AIGAA Associazione Italiana Geologia Applicata e Ambientale, Luciano Editore, 229-236.

Sciotti M., Focardi P., Margottini C., Ogliotti C., Serafini S. (1997). Civita di Bagnoregio: a town in decline. Geotechnical engineering for the preservation of monuments and historic sites. In: Viggiani C. (ed), *Geotechnical Engineering for the Preservation of Monuments and Historic sites*. London: Taylor & Francis Group, ISBN: 9789054108719.

Sparks R.S.J. (1975). Stratigraphy and geology of the ignimbrites of Vulsini Volcano, Central Italy. *Geol. Rundschau*, 64, 497-523.

Urbani M. (2016). Modellazione FEM di interventi di stabilizzazione sulla rupe di Civita di Bagnoregio. Università degli Studi La Sapienza, Facoltà di Ingegneria Civile e industriale, Corso di laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio.

Verrucci L., Lanzo G., Tommasi P., Rotonda T. (2015). Cyclic and dynamic behaviour of a soft pyroclastic rock. *Géotechnique*, 65(5), 359-373.

Wenhui Y., Boldini D., Licata V., Spizzichino D., Margottini C. (2025). Caratterizzazione geotecnica delle piroclastiti stratificate della rupe di Civita di Bagnoregio mediante analisi a ritroso. *Atti del XXVIII Convegno Nazionale di Geotecnica (Venezia)*.