



REGIONE LAZIO

REGIONE LAZIO
COMUNE DI ANTRODOCO
(Rieti)



**SISTEMAZIONE IDRAULICA E FORESTALE DELLA VIABILITÀ COMUNALE E DI
ALCUNE FRAZIONI DEL COMUNE DI ANTRODOCO E DEI FOSSI CERDOLIMITI,
MENDUCCIA E ACCICCIARI CHE DRENANO LE ACQUE NEL FIUME VELINO E DEI
FOSSI PINCONELLA, CATENA, MADONNA DELLE GROTTI E VIPERELLE AFFLUENTI
DEL FOSSO RAPELLE**



Via Luigi e Nicola Marinelli n° 2
86025 Ripalimosani (CB)
tel/fax 0874.484603 - www.geoservizisrl.net



Via Vittorio Bachelet n° 12
00185 Roma
tel 06.95065820 fax 06.95065823 - www.nhazca.com

DIRETTORE TECNICO
Dott. Geol. Pierfederico DE PARI

COMMITTENTE:

Comune di Antrodoco Area Tecnica - Ufficio Lavori Pubblici

CODICE ELABORATO

05

SCALA

**PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA
PER LA SISTEMAZIONE DI FOSSO MENDUCCIA
E LA MESSA IN SICUREZZA S.C. RAPELLE**

Relazione Geologica

REVISIONE			REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
n°	descrizione	data			
0	Emissione definitiva	5 giugno 2020	Dott. Geol. Pierfederico DE PARI	Dott. Geol. Sergio ROMANO	Dott. Geol. Pierfederico DE PARI

INDICE

1	PREMESSA	3
1.1	Normativa di riferimento	3
1.2	Normativa sui vincoli	4
2	LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA	5
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE	7
3.1	Evoluzione geologica.....	8
4	CARATTERISTICHE DELL'AREA.....	11
4.1	Aspetti geologici	11
4.2	Aspetti geomorfologici	13
4.3	Aspetti idrogeologici	14
4.4	Aspetti sismici	17
5	ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO LOCALE	21
5.1	Sito Strada comunale Rapelle	21
5.2	Sito Strada Statale 17 Fosso Menduccia.....	21
6	RISPOSTA SISMICA DEL SITO.....	23
6.1	Caratteristiche sismiche del sito	23
6.2	Categoria di sottosuolo.....	24
7	DESCRIZIONE DEI SITI DI INTERVENTO	26
7.1	Sito Strada comunale Rapelle	26
7.2	Sito Strada Statale 17 Fosso Menduccia.....	27
8	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	29
8.1	Pericolosità geologiche.....	29
8.2	Criticità litotecniche	29
8.3	Fattibilità dell'opera	30
9	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	31

ALLEGATI

Codice	Titolo
All. 2	Carta geologica in scala 1:25000 – Comune di Antrodoco
All. 3	Carta litologica in scala 1:25000 – Comune di Antrodoco



**PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA
PER LA SISTEMAZIONE DI FOSSO MENDUCCIA
E LA MESSA IN SICUREZZA S.C. RAPELLE**

Sistemazione idraulica e forestale della viabilità comunale e di alcune frazioni del comune di Antrodoco e dei fossi Cerdolimiti, Mentuccia e Accicciari che drenano le acque nel Fiume Velino e dei fossi Pinconella, Catena, Madonna delle grotte e Viperelle affluenti del fosso Rapelle



GEOSERVIZI



Codice	Titolo
All. 5	Carta rischio frana e rischio alluvione – Comune di Antrodoco
All. 6	Carta di pericolosità da frana e alluvione – Comune di Antrodoco
All. 7	Cartografia IFFI – Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia – Comune di Antrodoco

	<p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA PER LA SISTEMAZIONE DI FOSSO MENDUCCIA E LA MESSA IN SICUREZZA S.C. RAPELLE</p> <p>Sistemazione idraulica e forestale della viabilità comunale e di alcune frazioni del comune di Antrodoto e dei fossi Cerdolimiti, Mentuccia e Accicciari che drenano le acque nel Fiume Velino e dei fossi Pinconella, Catena, Madonna delle grotte e Viperelle affluenti del fosso Rapelle</p>	
---	---	---

1 PREMESSA

La presente relazione è stata redatta nell'ambito dello Studio di fattibilità del progetto di *Sistemazione idraulica e forestale della viabilità comunale e di alcune frazioni del comune di Antrodoto e dei fossi Cerdolimiti, Mentuccia e Accicciari che drenano le acque nel Fiume Velino e dei fossi Pinconella, Catena, Madonna delle grotte e Viperelle affluenti del fosso Rapelle.*

La presente relazione mira a verificare la fattibilità del progetto stesso in rapporto alle caratteristiche geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche del territorio ed alla stabilità dell'area in ordine al rischio sismico. A tal fine, lo studio è stato condotto attraverso le seguenti fasi operative:

- ricognizione nell'area di intervento;
- acquisizione ed analisi degli studi geologici riguardanti l'area di interesse (cfr. Riferimenti bibliografici);
- approfondimenti conoscitivi mediante studi fotointerpretativi condotti su foto aeree derivanti da voli realizzati in epoche differenti (volo Italia I.G.M.I. 1954 e 2003 in scala 1:33000; I.G.M.I 1975 in scala 1:17000; I.G.M.I 1985 in scala 1:25000; I.G.M.I 1991 e 1992 in scala 1:36000; I.G.M.I 1994 in scala 1:42000; I.G.M.I 2000 in scala 1:34000, immagini satellitari *Google Earth* 2001/2018);
- rilievi diretti sul terreno mirati alla definizione delle caratteristiche geolitologiche e geomorfologiche dell'area;
- analisi delle risultanze e redazione delle presenti note di sintesi.

Nelle pagine che seguono vengono discussi i risultati emersi dagli studi effettuati ed espresse le considerazioni generali riguardanti le pericolosità geologiche *s.l.* del territorio.

Si rammenta che il presente lavoro è opera dell'ingegno. È vietata, pertanto, la riproduzione, anche parziale, degli elaborati che rimangono di proprietà intellettuale dello scrivente. Ogni diritto è riservato (Art. 99 L. 633/41).

1.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Di seguito si riporta una sintesi della normativa nazionale e regionale di riferimento per il presente studio:

- D.M. LL.PP. del 16/01/1996 "Norme Tecniche per le Costruzioni in zone sismiche";
- UNI EN del 1997 "Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica";
- UNI EN del 1998 "Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica";
- D.P.R. 380 del 06/06/2001 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia";
- D.M. Infrastrutture del 17/01/2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni".
- Circolare 7 del 21 gennaio 2019 C.S.LL.PP. - Istruzioni per l'applicazione dell'"Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni"' di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018

	<p style="text-align: center;">PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA PER LA SISTEMAZIONE DI FOSSO MENDUCCIA E LA MESSA IN SICUREZZA S.C. RAPELLE</p> <p style="text-align: center;"><i>Sistemazione idraulica e forestale della viabilità comunale e di alcune frazioni del comune di Antrodoco e dei fossi Cerdolimiti, Mentuccia e Accicciari che drenano le acque nel Fiume Velino e dei fossi Pinconella, Catena, Madonna delle grotte e Viperelle affluenti del fosso Rapelle</i></p>	

1.2 NORMATIVA SUI VINCOLI

Nel seguito vengono elencati i riferimenti normativi relativi a tutti i vincoli territoriali consultati per il presente lavoro:

- R.D.L. 3267 del 30/12/1923 "Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di territori montani";
- R.D. 1126 del 16/05/1926 "Approvazione del regolamento per l'applicazione del regio decreto 30 dicembre 1923, n. 3267, concernente il riordinamento e la riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani";
- L. 267 del 03/08/1998 "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180, recante misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania"
- D.Lgs. 152 del 03/04/2006 "Norme in materia ambientale".

2 LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA

I siti di progetto si collocano nel settore nord-orientale della Regione Lazio e, più precisamente, lungo la parte bassa del versante sud-occidentale del rilievo di Monte Giano. In particolare, ricadono all'interno del centro abitato di Antrodoco (RI), in corrispondenza di Fosso Menduccia e della Strada Rapelle.

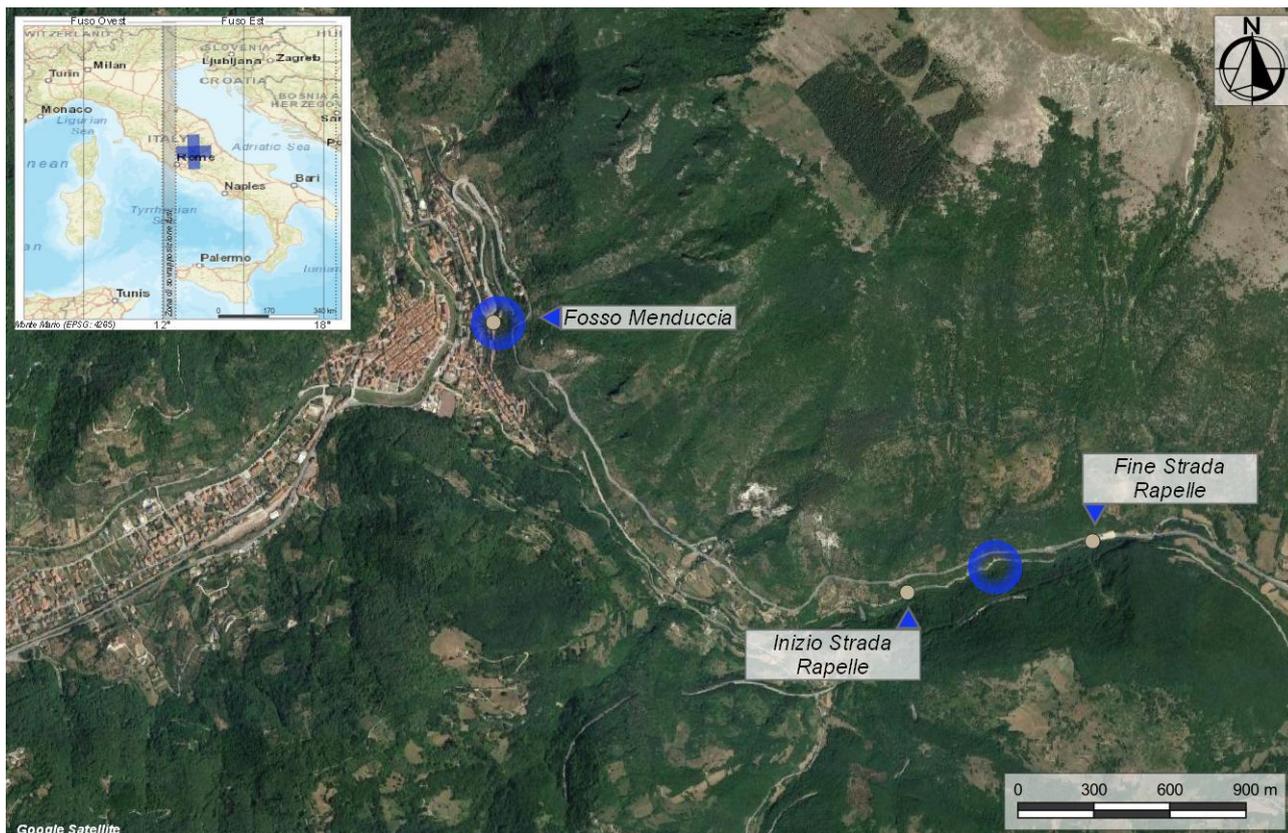


Figura 1 - Stralcio su Google Satellite a colori, con individuazione dei settori oggetto di interventi (in blu).

Con riferimento alla Carta Topografica d'Italia edita dall'Istituto Geografico Militare Italiano (I.G.M.I.), le aree sono individuabili all'interno del Foglio 348 "Antrodoco" in scala 1:50000, nelle Tavole 139 III NE e 139 III SE in scala 1:25000 (Serie 25V) e, con riferimento alla Carta Tecnica della Regione Lazio (C.T.R.), nell'elemento 348143 in scala 1:5000.

Il settore di studio in corrispondenza della Strada Rapelle, dal punto di vista morfologico, impegna la piana del Torrente Rapelle tra Monte Giano e Monte Morrone, in località Gole di Antrodoco. Tale settore si colloca a quote variabili tra i 620 ed i 740 m circa s.l.m..

Il settore di studio in corrispondenza di Fosso Menduccia, invece, interessa i versanti occidentali di Monte Giano, subito ad est del centro abitato di Antrodoco. Questo settore si colloca a quote variabili tra i 480 ed i 580 m circa s.l.m..

I principali corso d'acqua dell'area sono rappresentati dal Fiume Velino e dal Rio Rapelle/Fosso di Corno, che scorre inizialmente in direzione circa E-W e in seguito S-N. Ad esso si aggiungono

	<p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA PER LA SISTEMAZIONE DI FOSSO MENDUCCIA E LA MESSA IN SICUREZZA S.C. RAPELLE</p> <p>Sistemazione idraulica e forestale della viabilità comunale e di alcune frazioni del comune di Antrodoco e dei fossi Cerdolimiti, Mentuccia e Accicciari che drenano le acque nel Fiume Velino e dei fossi Pinconella, Catena, Madonna delle grotte e Viperelle affluenti del fosso Rapelle</p>	

una serie di corsi d'acqua secondari, come il Fosso Menduccia, numerosi canali in roccia e solchi da erosione concentrata, attivi solo in concomitanza con eventi meteorici particolarmente intensi.

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

Nel suo complesso, l'Appennino rappresenta un tipico *thrust and fold belt* con vergenza orientale (Mostardini & Merlini 1986; Doglioni et al. 1991; Bigi et al. 1992; Bonardi et al. 2009), compreso tra il Bacino Tirrenico ad Ovest e l'Avampaese Apulo a Est (Scrocca et al. 2007; Bonardi et al. 2009). L'Appennino è quindi una catena per pieghe e sovrascorrimenti connessa all'arretramento flessurale della litosfera apulo-adriatica (Malinverno & Ryan 1986; Doglioni et al. 1991), che si struttura verso i settori di avampaese a partire dal Miocene inferiore (Bally et al. 1986; Mostardini & Merlini 1986; Patacca & Scandone 2007; Bonardi et al. 2009).

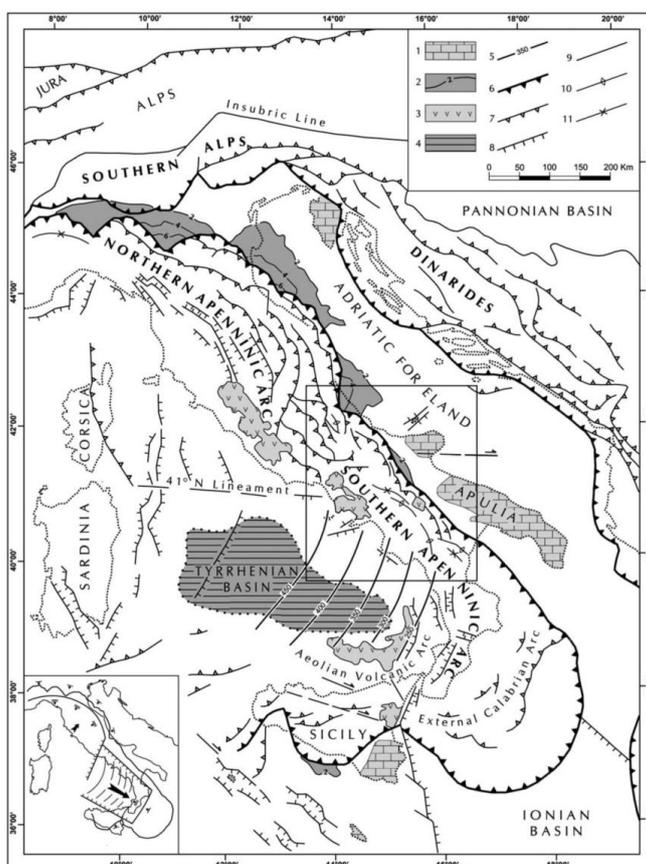


Figura 2 – Schema strutturale della penisola italiana ed aree adiacenti mostrante la suddivisione della Catena Appenninica in due archi principali: l'Arco Appenninico Settentrionale e l'Arco Appenninico Meridionale; nel riquadro in basso a sinistra è schematizzata la diversa struttura litosferica nei due archi appenninici: 1) carbonati meso-cenozoici delle aree di avampaese; 2) profondità (in km) della base dei depositi plio-pleistocenici nei bacini di avanfossa dell'Appennino e della Sicilia; 3) principali edifici vulcanici quaternari; 4) aree del Mar Tirreno con valori dell'anomalia di Bouguer superiori a 200 mgals, a crosta oceanica o continentale assottigliata; 5) zona di Wadati-Benioff nell'area tirrenica meridionale (profondità in km); 6) fronte delle Maghrebidi, dell'Appennino, delle Alpi meridionali e delle Dinaridi; 7) altri sovrascorrimenti principali; 8) faglie normali; 9) faglie ad alto angolo, soprattutto faglie trascorrenti; 10) asse di anticlinale; 11) asse di sinclinale (da Patacca & Scandone 2007).

L'assetto tettonico della Catena Appenninica è schematizzabile attraverso la giustapposizione di due grandi archi: uno settentrionale, che va dal Monferrato fino al Lazio-Abruzzo, e uno meridionale, che arriva fino alla Sicilia (Patacca et al. 1992; Scrocca & Tozzi 1999). Questi due archi, la cui

	<p style="text-align: center;">PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA PER LA SISTEMAZIONE DI FOSSO MENDUCCIA E LA MESSA IN SICUREZZA S.C. RAPELLE</p> <p style="text-align: center;">Sistemazione idraulica e forestale della viabilità comunale e di alcune frazioni del comune di Antrodoco e dei fossi Cerdolimiti, Mentuccia e Accicciari che drenano le acque nel Fiume Velino e dei fossi Pinconella, Catena, Madonna delle grotte e Viperelle affluenti del fosso Rapelle</p>	
---	---	---

giunzione si realizza lungo la Linea Ortona-Roccamonfina, si differenziano per direzioni di movimento, entità dei raccorciamenti e stili deformativi (Di Bucci & Tozzi 1992). Ogni arco maggiore è formato da *thrust sheet* scollati nelle dolomie triassiche, alla base delle successioni sedimentarie mesozoiche (Mostardini & Merlini 1986; Scrocca & Tozzi 1999).

In particolare, lo stile della deformazione compressiva nella porzione di catena dove si trovano successioni carbonatiche sia di bacino che di piattaforma, si esplica essenzialmente per embrici in progressione verso l'Avampae Apulo (Patacca & Scandone 1989; Di Bucci et al. 1999).

Nella porzione di catena in cui sono prevalenti i depositi bacinali a dominante pelitica, invece, lo stile della deformazione compressiva è dato da estesi *thrust sheet* che ricoprono i depositi plio-pleistocenici più recenti (Di Bucci et al. 1999; Buonanno et al. 2007). Al di sotto di tali strutture, il dominio dell'Avampae Apulo sepolto si deforma in una serie di *horses* ricoperti da un complesso sistema di tipo *duplex* (Patacca & Scandone 1989; Lentini et al. 1990; Di Bucci et al. 1999; Patacca & Scandone 2007). Tutte queste strutture sono a loro volta sovrastanti a un *floor thrust* profondo, che le porta in accavallamento sui domini più esterni in flessurazione (Bonardi et al. 2009).

3.1 EVOLUZIONE GEOLOGICA

La Catena Appenninica si colloca in un contesto tettonico post-collisionale connesso all'interazione tra la zolla africana, la zolla europea e le altre microzolle interposte (Alvarez et al. 1974; Roure et al. 1991; Guerrera et al. 1993). L'attuale configurazione geometrica della catena è quindi il risultato di complessi eventi compressivi, trascorrenti e distensivi legati alla subduzione e al successivo arretramento flessurale della microplacca apulo-adriatica (Sartori 1989; Bonardi et al. 2009). Successivamente, a causa dell'apertura del Bacino di retroarco Tirrenico, tali eventi sono accompagnati da fenomeni distensivi sul bordo interno della catena (Sartori 1989; Patacca et al. 1990; Scrocca et al. 2007; Bonardi et al. 2009).

Le principali fasi deformative che hanno strutturato il settore più meridionale della Catena Appenninica sono avvenute tra il Miocene ed il Quaternario, anche se gran parte dell'edificio a falde si è strutturato a partire dal Langhiano (Mostardini & Merlini 1986; Di Staso & Giardino 2002; Patacca & Scandone 2007). Le unità tettoniche più interne, derivanti da un'area oceanica o a crosta continentale assottigliata, hanno iniziato ad impilarsi a partire dal Miocene inferiore (Di Staso & Giardino 2002; Patacca & Scandone 2007), formando un prisma di accrezione suturato da una successione di *thrust top* (Bonardi et al. 2009).

A partire dal Tortoniano, questo assieme è sovrascorso sui domini di piattaforma carbonatica impostati su crosta continentale (Mostardini & Merlini 1989; Patacca & Scandone 2007; Bonardi et al. 2009). Successivamente il prisma tettonico si è ulteriormente spostato verso l'esterno, coinvolgendo nella deformazione l'ampio Bacino di Lagonegro e tutti i domini paleogeografici più esterni, sino al raggiungimento della Piattaforma Apula interna (Mostardini & Merlini 1986; Bonardi et al. 2009). Le fasi tettoniche tortoniane hanno quindi condizionato in maniera evidente la sedimentazione di tutte le aree bacinali, portando alla formazione dell'assetto strutturale pressoché definitivo della catena (Torre et al. 1988; Patacca & Scandone 1989).

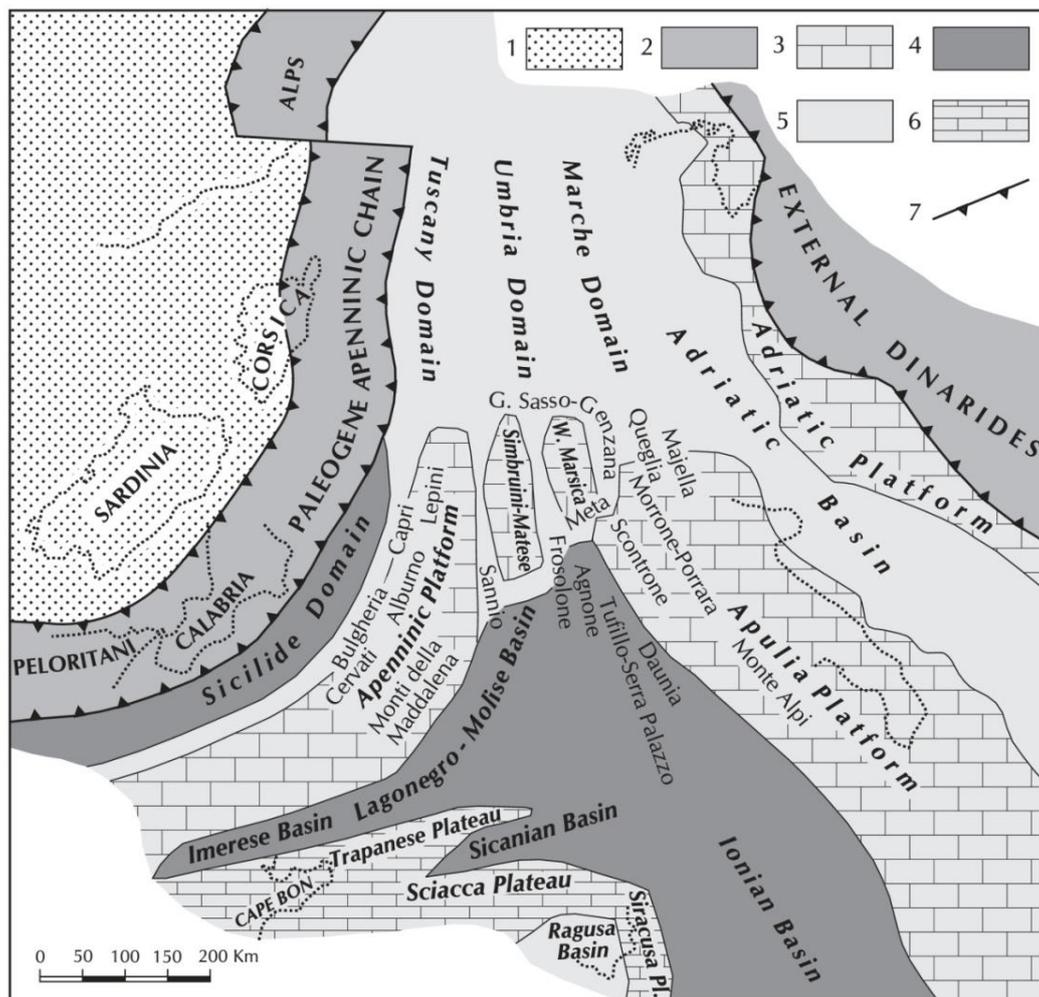


Figura 3 – Ricostruzione palinspastica dell'area centro-mediterranea nell'Oligocene superiore, mostrandone la distribuzione dei domini dell'Appennino centro-meridionale prima della loro incorporazione nella Catena: 1) Avampaese europeo; 2) Catena paleogenica; 3-6) Avampaese africano: 3) carbonati di piattaforma di mare basso; 4) bacini profondi a crosta oceanica o continentale assottigliata; 5) aree bacinali con alti strutturali isolati; 6) plateaux pelagici; 7) fronte di catena (da Patacca & Scandone, 2007).

Tra il Messiniano e la prima parte del Pliocene inferiore, si sono verificati alcuni episodi di tettonica distensiva che ha favorito la formazione di bacini di *piggy-back* poco profondi, caratterizzati da sedimentazione prevalentemente evaporitica (Torre et al. 1988; Patacca & Scandone 2007). La fase tettonica del Pliocene inferiore, quindi, ha interrotto nuovamente la sedimentazione nelle aree bacinali consentendo un'ulteriore traslazione delle coltri della catena per eventi compressivi (Cinque et al. 1993; Patacca & Scandone 2007). Successivamente, le fasi tettoniche del Pliocene inferiore e medio hanno determinato l'individuazione di ulteriori zone subsidenti, con conseguente ingressione marina connessa alla generale invasione del Mediterraneo dopo la crisi di salinità del Messiniano (Cantalamezza et al. 1988; Mostardini & Merlini 1986; Patacca & Scandone 2007).

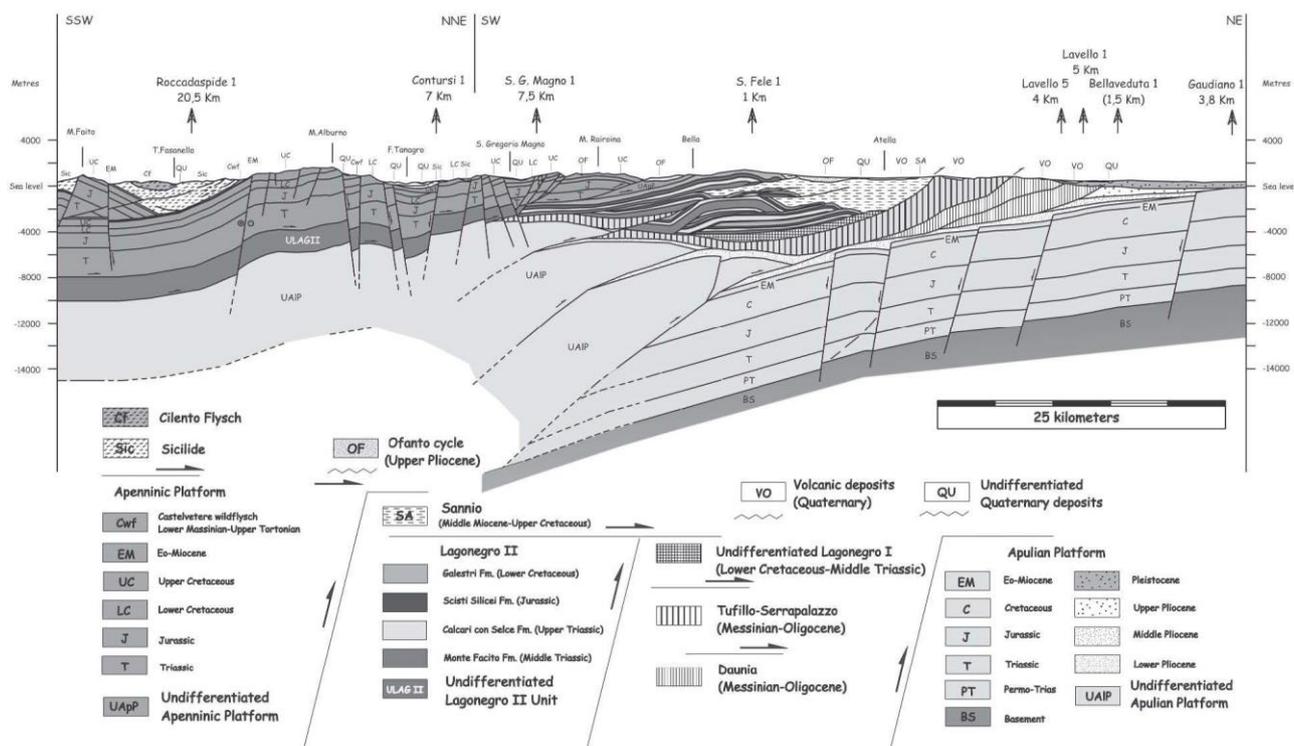


Figura 4 – Sezione geologica della Catena Appenninica meridionale, mostrandone i rapporti tra le principali unità stratigrafico-strutturali a seguito della strutturazione dell'edificio a falde (da Scrocca et al. 2007).

Nel Pliocene medio e superiore le varie fasi tettoniche hanno portato al rovesciamento dei fianchi esterni delle pieghe, oltre che ad ulteriori traslazioni attraverso piani di taglio inverso (Mostardini & Merlini 1986; Cinque et al. 1993). Quindi la pila tettonica già formata viene successivamente disarticolata dalla tettonica trascorrente e distensiva plio-pleistocenica, coeva all'apertura della porzione più meridionale del Bacino Tirrenico (Patacca et al. 1992; Di Bucci et al. 1999; Casciello et al. 2006). Nei settori interni dell'Appennino meridionale, questa tettonica avviene prevalentemente su lineamenti ad alto angolo, che riattivano localmente strutture ereditate dalle precedenti fasi tettoniche compressive (Corrado et al. 1997; Di Bucci et al. 1999).

Tra il Pleistocene medio e l'Olocene, infine, si instaura un regime prevalentemente estensionale responsabile della formazione di importanti strutture tettoniche a carattere regionale (Cinque et al. 1993; Corrado et al. 1997; Di Bucci et al. 1999). La tettonica distensiva quaternaria si sostituisce a quella prevalentemente trascorrente plio-pleistocenica, determinando la formazione di faglie dirette di diverso ordine gerarchico e causando la riattivazione di numerosi elementi preesistenti (Di Bucci et al. 1999). Questa fase porta quindi alla definizione degli attuali assetti geologici della Catena Appenninica, con la formazione di ampie piane intramontate colmate da spesse successioni continentali di tipo vulcanico, alluvionale e fluvio-lacustre (Brancaccio et al. 1991; Corrado et al. 1997; Di Bucci et al. 1999).

	<p style="text-align: center;">PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA PER LA SISTEMAZIONE DI FOSSO MENDUCCIA E LA MESSA IN SICUREZZA S.C. RAPELLE</p> <p style="text-align: center;">Sistemazione idraulica e forestale della viabilità comunale e di alcune frazioni del comune di Antrodoto e dei fossi Cerdolimiti, Mentuccia e Accicciari che drenano le acque nel Fiume Velino e dei fossi Pinconella, Catena, Madonna delle grotte e Viperelle affluenti del fosso Rapelle</p>	
---	---	---

4 CARATTERISTICHE DELL'AREA

I rilievi di campo condotti, congiuntamente agli studi bibliografici disponibili, hanno permesso di definire le caratteristiche peculiari dell'area di studio e di configurare lo scenario naturale in cui si collocano gli interventi in progetto. Di seguito vengono descritti singolarmente tutti gli aspetti caratteristici dell'area, in riferimento ad un volume geologico significativo (*sensu* NTC 2018) in cui sia possibile cogliere interrelazioni dinamiche tra la componente geologica *s.l.* e quella antropica.

4.1 ASPETTI GEOLOGICI

Dal punto di vista geologico, Antrodoto si trova nell'Alta Valle del Velino, situata in posizione particolare, proprio nella zona saturata tra il dominio pelagico Umbro-Marchigiano ed il dominio di shelf Laziale-Abruzzese. Questo settore è quindi caratterizzato dal rapporto tra i due domini di natura tettonica e sono evidenti gli allineamenti di rilievi disposti ad arco lungo la Master fault Olevano – Antrodoto – M. Sibillini, di importanza regionale, la quale è stata più volte oggetto di molti studi nei decenni passati.

Pertanto l'evoluzione geodinamica dell'Appennino Centrale, risulta controllata da pochi elementi paleogeografici – strutturali, sviluppatasi a partire dal Triassico superiore, al margine meridionale della Tetide in espansione. Su questo segmento crostale si sono evolute le unità fondamentali le cui interazioni hanno prodotto l'assetto strutturale della nostra zona. Definendole abbiamo ad Est la piattaforma Carbonatica Laziale - Abruzzese (M. Giano - M. Nuria); mentre ad Ovest il bacino Umbro - Marchigiano - Sabino (M. Terminillo - M. Elefante). Il basamento su cui evolvono le due serie, è dato dalla formazione dolomitico-evaporitica triassica che affiora nella valle del Velino in prossimità di Antrodoto.

Al di sopra della formazione dolomitica, troviamo i calcari dolomitici del Lias inferiore ed il calcare massiccio, al livello del quale si origina la differenziazione dei due bacini, che porta ad un'evoluzione completamente diversa delle due zone appenniniche. La chiusura del ciclo carbonatico sulla piattaforma è data dalla formazione di marne ad orboline, che affiorano su quasi tutto l'Appennino carbonatico, mentre nella zona dove si è sviluppato il bacino pelagico umbro-marchigiano, risente dei movimenti del ciclo alpino e si ha la deposizione dei termini terrigeni, dati dal flysch marnoso - arenaceo.

Al centro scorre il sopra citato fiume Velino con un percorso pressoché parallelo alla grande linea tettonica "Olevano - Antrodoto - Posta - M. Vettore". Nella fascia tra l'accavallamento ed il fiume, larga qualche chilometro, affiorano terreni cenozoici, alcuni ad elevata componente carbonatica, altri con caratteri terrigeni, i quali giocano un ruolo importante nell'idrogeologia della Valle del Velino.

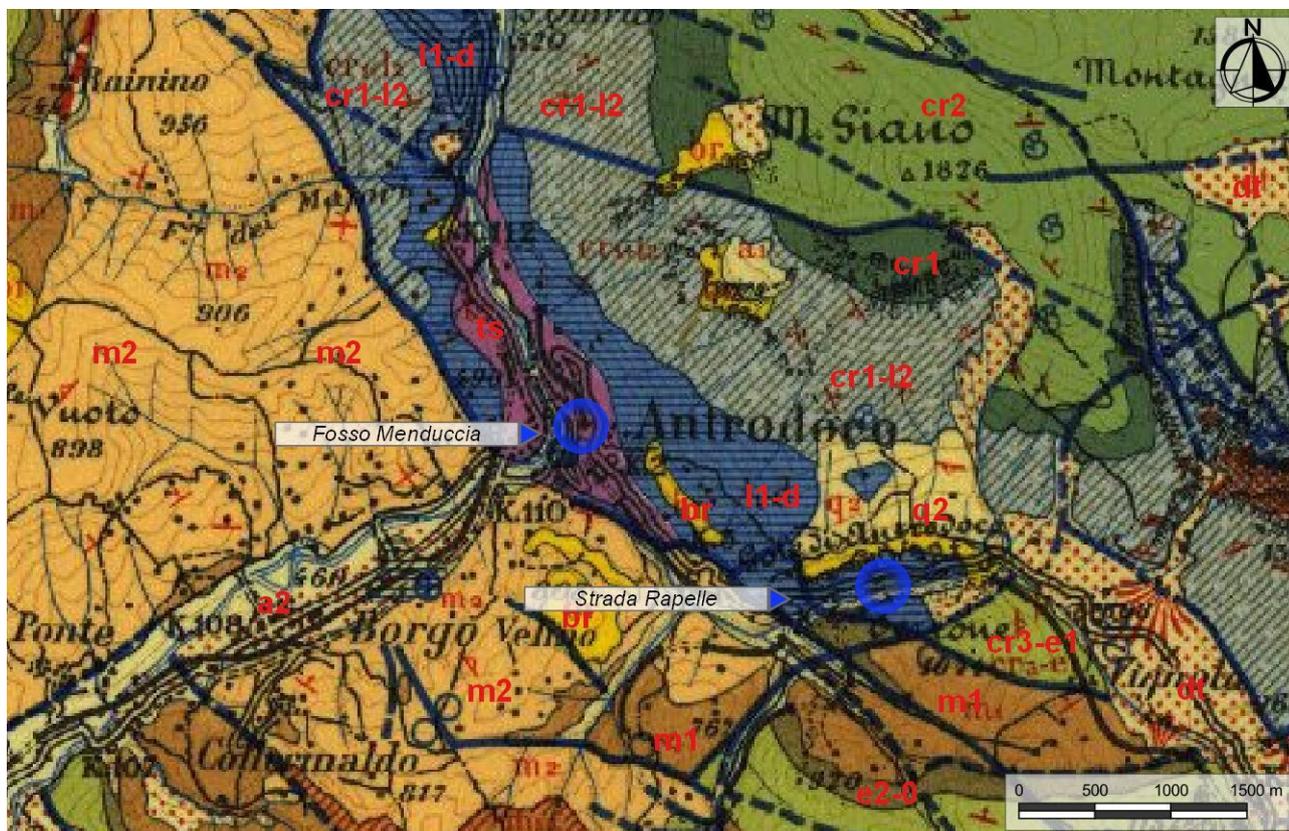


Figura 5 - Stralci cartografico della Carta geologica d'Italia in scala 1:100000 (Foglio n.139), riprodotto in scala 1:50000. Legenda: a2 Alluvioni attuali, dt Detriti di falda, q2 Alluvioni ciottolose, br Breccie cementate, m2 Molasse e arenarie, m1 marne o argille sabbiose, e2-0 Scaglia cinerea e scaglia variegata, cr3-e1 Scaglia rossa, cr2 Scisti a fucoidi, cr1 Maiolica, cr1-l2 Calcari dolomitici, l1-d Dolomie e calcari dolomitici, ts Dolomia.

Con diretto riferimento a quanto riportato nella Carta Geologica d'Italia in scala 1:100000 (Servizio geologico d'Italia 1970, Alberti et al. 1970), le successioni stratigrafiche presenti nell'area di studio possono essere distinte, dal basso verso l'alto, in:

- **Dolomia (ts):** Dolomia bruna o grigia o giallastra, stratificata e talvolta straterellata. *Trias*
- **Dolomie e calcari dolomitici (l1-d):** Dolomie e calcari dolomitici bianchi, in strati o in banchi, sovente farinosi o brecciati per cause tettoniche. *Lias inferiore*
- **Calcari dolomitici (c1-l2):** calcari dolomitici, oolitici e pisolitici; dolomie bianche; calcari grigi, stratificati, con selce (M. Giano). Calcari biancastri, grigi, avana, talora oolitici e pisolitici: a luoghi fossilifera. *Lias-Cretaceo*
- **Maiolica (cr1):** calcare bianco o bianco avorio, compatto, a frattura poliedrica, ben stratificato, con straterelli ed arnioni di selce grigia, con qualche aptico; verso la base: calcare idem, idem, a frattura scagliosa, con aptici. *Cretaceo inferiore*
- **Scisti a fucoidi (cr2):** calcari marnosi bianchi e grigi in strati sottili, con lenti di selce; scisti argillosi varicolori con fucoidi, con straterelli di scisti bituminosi con squame di pesci; calcari grigi azzurrognoli con fiamme brune, passanti alla Maiolica. *Cretaceo medio*
- **Scaglia rossa (cr3-e1):** calcari marnosi rossi, più o meno scagliosi, con selce rossa, con

	<p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA PER LA SISTEMAZIONE DI FOSSO MENDUCCIA E LA MESSA IN SICUREZZA S.C. RAPELLE</p> <p>Sistemazione idraulica e forestale della viabilità comunale e di alcune frazioni del comune di Antrodoco e dei fossi Cerdolimiti, Mentuccia e Accicciari che drenano le acque nel Fiume Velino e dei fossi Pinconella, Catena, Madonna delle grotte e Viperelle affluenti del fosso Rapelle</p>	
---	---	---

intercalati strati e banchi di calcari detritici bianchi, subcristallini, con Nummuliti (Eocene medio). Idem, idem, senza strati nummulitici e senza selce (Paleocene). Lenti di conglomerato rosso a cogoli bianchi. Nella parte inferiore: calcari come sopra, bianchi per decolorazione (?).

Cretaceo superiore

- **Scaglia cinerea e scaglia variegata (e2-0):** marne e scisti calcareo-argillosi grigio-verdastri o rossastri; a luoghi, con brecciole a lepidocicline e piccole Nummuliti. *Eocene sup. e medio*
- **Marne o argille sabbiose (m1):** marne arenacee alternate a calcari arenacei grigiastri in strati poco spessi, con echinidi, brizodi, coralli, foraminiferi: calcari grigiastri arenacei, alternati a marne arenacee e con sottili straterelli di selce nera: calcari glauconitici con spicule di spugna (M. Jenca); calcari avana chiaro o biancastri, detritico-organogeni, in strati di vario spessore, con intercalazioni di brecciole calcaree a macro-foraminiferi in strati ed in banchi, e con alternanze di marne calcaree. *Miocene*
- **Molasse e arenarie (m2):** nella parte superiore in banchi e strati relativamente più sottili, talvolta scistosi, e con più frequenti e spesse intercalazioni di marne arenacee; nella parte inferiore in banchi e strati più spessi, con impronte vegetali, frustoli carboniose, a luoghi, con sottili letti di lignite picea. Banchi basali con sferoidi concrezionali (Pontico-Tortoniano sup.)
- **Brecce cementate (br):** brecce cementate, più o meno stratificate, in lembi residuali a varie altezze sui versanti. *Pre-Villafranchiano*
- **Alluvioni ciottolose (q2):** alluvioni ciottolose, terrazzate. Coni di deiezione antichi. Depositi ciottolosi di colmata di bacini lacustri. Detriti cementato, stratificati, in alto sui versanti (M. Giano, M. Calvo). *Pleistocene*.
- **Detriti di falda (dt):** Detriti di falda, coperture detritiche diverse. Coni di deiezione recenti.
- **Alluvioni attuali (a2):** Alluvioni attuali. Depositi lacustri, palustri e torbosi. Coperture eluviali dei depositi lacustri quaternari. Terra rossa, con tufi vulcanici rimaneggiati. *Olocene*

4.2 ASPETTI GEOMORFOLOGICI

Da un punto di vista geomorfologico, l'area risulta caratterizzata da una forte energia di rilievo, data dall'elevazione del Monte Giano. Questo rilievo, nei versanti meridionali e sud-orientali, presenta un'alta acclività e pendenze medie superiore ai 40°. Tali caratteristiche si ripercuotono sulle caratteristiche geomorfologiche dell'area e sull'azione erosiva delle acque meteoriche, che risulta particolarmente evidente in tutto il settore.

Poco più a Sud è presente il Monte Nuria, che risulta più acclive e con quote maggiori, anche se con minori affioramenti rocciosi. Sul versante opposto, ai piedi del Monte Terminillo, il paesaggio assume conformazione alto collinare caratterizzata da dorsali dai profili morbidi e a moderata pendenza. Su tale versante l'azione della gravità è particolarmente intensa a causa della presenza di termini torbiditici e, in generale, si esplica attraverso numerose frane e dissesti con dimensioni e caratteristiche estremamente differenti.

In conformità con quanto riportato nel Piano per l'Assetto Idrogeologico del Bacino del Fiume Tevere e nelle cartografie tematiche del Progetto IFFI, gli studi condotti hanno evidenziato la presenza di diversi dissesti e fenomeni gravitativi lungo tutto il versante meridionale del Monte Giano. Questi fenomeni sono rappresentati da prevalenti colate detritiche che si sviluppano lungo i canali in roccia che tagliano il substrato carbonatico. Ad essi si aggiungono locali fenomeni franosi in

corrispondenza delle coperture detritiche e diffusi crolli in roccia in corrispondenza delle scarpate e pareti rocciose più acclivi.

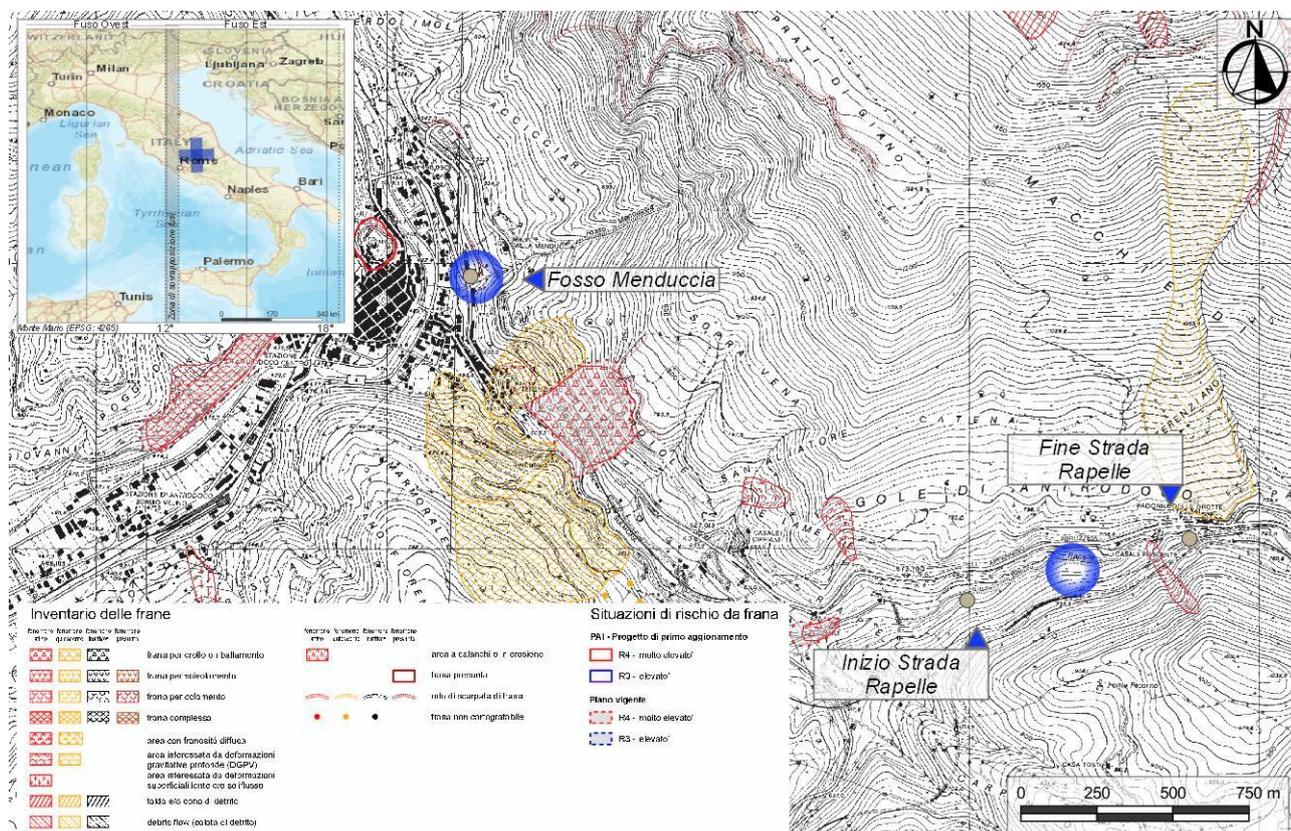


Figura 6 - Stralcio dell'Inventario dei fenomeni franosi e situazioni di rischio di frana del Piano Stralcio di Bacino per l'assetto idrogeologico del Fiume Tevere (Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Centrale) – Tav. 111 agg. 2008, con individuazione del sito di studio.

Le cartografie del PAI Tevere (Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Centrale) riportano la presenza di diversi areali di pericolosità da frana (Figura 6), variabili da **Pf2** a **Pf3** (pericolosità da “elevata” a “estremamente elevata”). Nella zona di Fosso Menduccia è presente una piccola frana non cartografabile, mentre il sito di Strada Rapelle è posto a breve distanza da un esteso movimento franoso quiescente e da diversi fenomeni minori. In queste cartografie, comunque, non sono riportati i diversi canali con scariche di detrito presenti nell'area di studio.

4.3 ASPETTI IDROGEOLOGICI

Le caratteristiche idrogeologiche dell'intero settore all'interno del quale ricadono i siti oggetto di intervento e, quindi, il deflusso idrico delle acque sotterranee, sono direttamente connesse con la natura litologica del substrato e con gli elementi tettonici che lo hanno interessato.

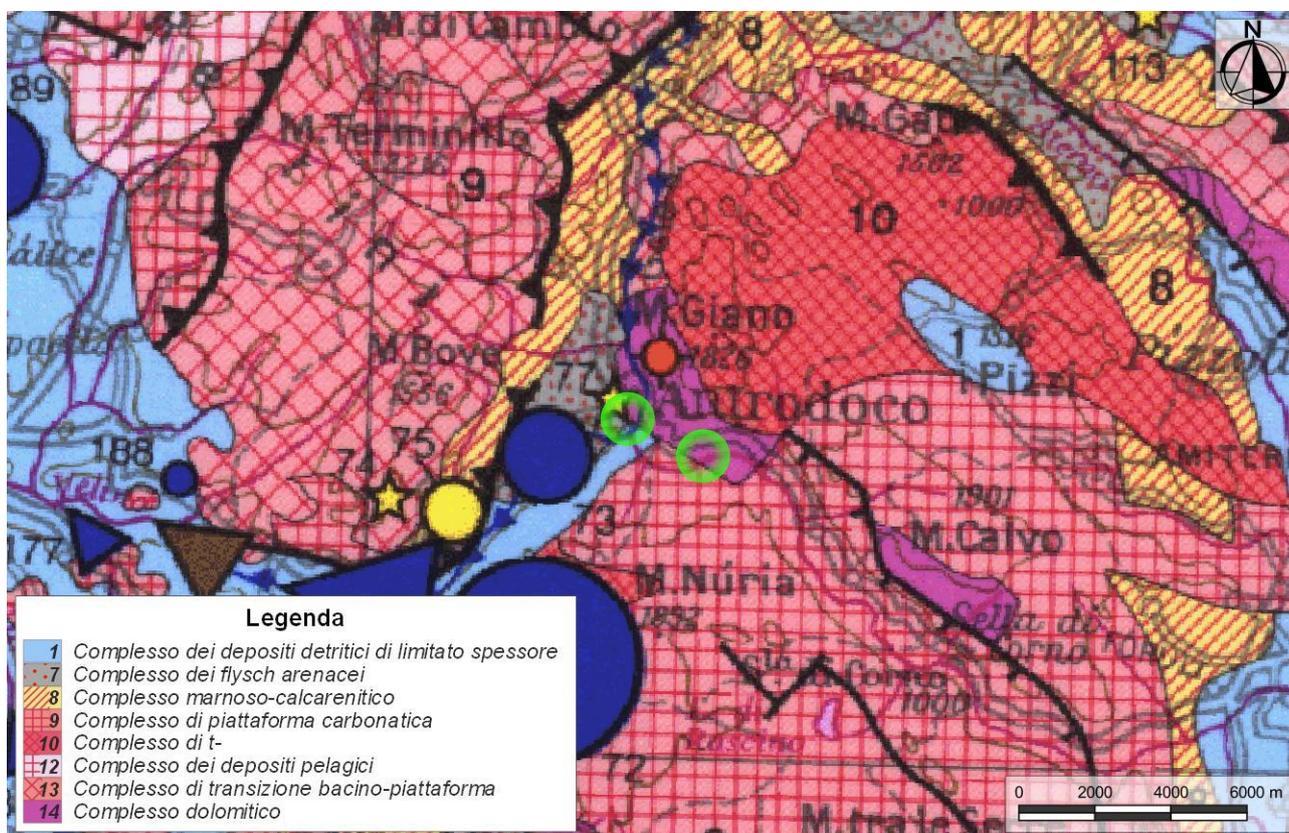


Figura 7 - Stralci della Carta idrogeologica dell'Italia Centrale (Boni et al. 1986), con indicazione del sito di studio (verde).

I principali complessi idrogeologici definiti (dal basso verso l'alto) sono i seguenti (Conte et al. 2018) (i valori d'infiltrazione efficace (IE) media annua riportati in questa sezione sono basati sulle valutazioni di Boni et al. 1986):

- **Complesso dolomitico:** Generalmente mostra un basso grado di permeabilità relativa ed include: a) dolomie massive, con intercalazioni evaporitiche a livelli stratigrafici più profondi (Dolomia Principale; Triassico superiore; spessore in affioramento circa 150 m), rappresenta l'aquicluda basale del sistema idrogeologico regionale; b) depositi calcareo-dolomitici (Giurassico inferiore; spessore circa 200-400 m); c) orizzonti di calcari dolomitici sviluppatisi in seguito a processi di dolomitizzazione delle formazioni del Calcarea Massiccio e/o della Corniola (Giurassico inferiore). Generalmente b) e c) agiscono come aquicluda di sistemi idrogeologici a scala locale. Questo complesso può mostrare fino ad un medio grado di permeabilità relativa secondaria quando ha subito processi tettonici e, subordinatamente, carsici, portando alla formazione di acquiferi locali di potenzialità idraulica variabile. L'IE media annua in genere è inferiore ai 200 mm e raggiunge i 200- 400 mm per permeabilità secondaria.
- **Complesso calcareo basale:** Presenta potenza variabile da 550-750 m nella facies umbrosabina (Giurassico inferiore) fino a quasi 2000 m in zone di piattaforma carbonatica attiva (Giurassico inferiore- Cretacico superiore), dove questo complesso è, di fatto, in continuità idraulica con i due successivi. Possiede un alto grado di permeabilità relativa ed include formazioni calcaree con elevata permeabilità secondaria dovuta alla presenza sia di fratture sia di

	<p style="text-align: center;">PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA PER LA SISTEMAZIONE DI FOSSO MENDUCCIA E LA MESSA IN SICUREZZA S.C. RAPELLE</p> <p style="text-align: center;">Sistemazione idraulica e forestale della viabilità comunale e di alcune frazioni del comune di Antrodoco e dei fossi Cerdolimiti, Mentuccia e Acciari che drenano le acque nel Fiume Velino e dei fossi Pinconella, Catena, Madonna delle grotte e Viperelle affluenti del fosso Rapelle</p>	
---	--	---

carsismo. L'IE è superiore ai 600 mm/anno e può raggiungere gli 800-1000 mm/anno. Ospita un acquifero regionale basale di elevata produttività che si colloca ai livelli stratigrafici del Calcere Massiccio e della parte inferiore della Corniola in ambito umbro-sabino e delle Dolomie e calcari dolomitici del Giurassico inferiore in ambito di piattaforma carbonatica.

- **Complesso calcareo superiore:** Mostra una potenza totale variabile da 450 a 750 m (Giurassico medio-Cretacico inferiore). Mostra in generale un alto grado di permeabilità relativa ed include: a) marne e calcari marnosi, talvolta selciferi, aventi una permeabilità relativamente bassa, uno scarso grado di fratturazione e generalmente un ruolo di acquiclude (Corniola superiore argillosa, Marne del Monte Serrone, Calcari e Marne a Posidonia, Calcari Diasprigni); b) calcari stratificati a grana fine aventi permeabilità secondaria alta per fratturazione e subordinatamente per carsismo ed interessati dalla presenza di acquiferi sospesi (Maiolica). Nell'idrostruttura di Monte Giano-M. Gabbia le formazioni ricadenti nella successione a) di questo complesso sono condensate, causando, di fatto, la continuità idraulica con il complesso precedente e, in generale, anche con il successivo. L'IE nei termini carbonatici è superiore ai 600 mm/anno e può arrivare agli 800-900 mm/anno.
- **Complesso calcareo-marnoso:** Presenta uno spessore totale di 250-400 m (Cretacico medio-Eocene medio). È caratterizzato da un grado medio di permeabilità relativa ed è composto da marne con calcari e calcari marnosi selciferi a minore permeabilità (Marne a Fucoidi) e calcari marnosi selciferi (Scaglia Bianca e Scaglia Rossa) e calcari detritici e brecce con rudiste (Calcari a Rudiste), che ospitano acquiferi, spesso sospesi sui terreni marnosi, di importanza locale. L'IE è compresa tra 500 e 600 mm/anno per i termini carbonatici, inferiore in quelli marnosi.
- **Complesso marnoso-calcareo e marnoso:** È caratterizzato da uno spessore totale 300-500 m (Eocene superiore-Miocene superiore p.p.). Questo complesso ha un basso grado di permeabilità relativa ed include marne e calcari marnosi detritici (Scaglia Cinerea), calcari marnosi e marne calcaree (Bisciario), marne, marne calcaree e calcareniti (Marne con Cerrognana, Marne ad Orbulina); i litotipi a più elevata permeabilità possono ospitare limitati acquiferi di importanza locale, mentre le formazioni marnose mostrano una bassissima permeabilità. L'IE è stimabile in 200-300 mm/anno, ma nei termini più marnosi è inferiore a 200 mm/anno.
- **Complesso dei flysch:** Mostra uno spessore totale circa 1500 m (Miocene superiore p.p.). Possiede un basso grado di permeabilità relativa, è composto dai depositi pre-evaporitici arenacei, arenaceo-pelitici e pelitico-arenacei della Formazione della Laga e ospita acquiferi sospesi di importanza locale negli orizzonti maggiormente permeabili. L'IE è generalmente inferiore a 200 mm/anno, ma può raggiungere i 200-300 mm/anno nei termini più permeabili.
- **Complesso conglomeratico-sabbioso e detritico:** Possiede uno spessore totale fino ad alcune centinaia di metri (Pliocene superiore-Pleistocene). Mostra un grado di permeabilità relativa medio e comprende conglomerati poligenici cementati e stratificati, sabbie ed argille sabbiose e conoidi e depositi di versante, talvolta cementati, che ospitano acquiferi locali. L'IE è variabile tra 300 e 500 mm/anno.
- **Complesso delle alluvioni:** Presenta uno spessore totale da pochi metri a circa 100 m (Quaternario). Ha un basso grado di permeabilità relativa e l'IE è in genere limitata. Include alternanze di argilliti, silt, sabbie e ghiaie lignitiferi ed è caratterizzato da acquiferi di importanza variabile. In esso sono stati inseriti anche i depositi inferiori dei bacini lacustri, i tufi vulcanici e le terre rosse della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100000 (Servizio Geologico d'Italia, 1955).

4.4 ASPETTI SISMICI

La sismicità storica è la scienza che studia la probabilità di accadimento di un sisma in un dato territorio sulla base della conoscenza degli eventi registrati in passato, secondo il principio che laddove sono avvenuti terremoti è probabile che ne accadano altri e che il tempo di ritorno di eventi di data intensità è una funzione probabilistica.

In generale, in un arco di tempo di poco superiore al migliaio di anni, almeno una decina di eventi di intensità epicentrale pari o superiore al IX-X grado e magnitudo superiore a 6 Mw hanno interessato l'Appennino centro-meridionale. Tuttavia, i risentimenti nell'area in esame sono stati molto diversi a seconda della distanza dall'epicentro del sisma e dell'orientazione della struttura sismogenetica.

Di seguito vengono indicati gli eventi sismici di interesse per il territorio comunale di Antrodoco, secondo quanto riportato nel Database Macrosismico Italiano 2015 dell'INGV, direttamente utilizzato per la compilazione del CPTI15 (<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

Storia sismica di Antrodoco

[42.415, 13.076]

Numero eventi: 65

Effetti	In occasione del terremoto del:				
	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
I [MCS]					
5	1689 07 21 09	Reatino	1	5	4.16
7	1689 07 21 11	Reatino	1	7	5.1
10	1703 01 14 18	Valnerina	197	11	6.92
8	1703 02 02 11 05	Aquilano	69	10	6.67
NF	1887 01 27 02 45	Aquilano	30	5	4.17
5	1893 08 02 00 59	Valnerina	84	5-6	4.55
4	1895 08 09 17 38 20.00	Adriatico centrale	103	6	5.11
5	1898 06 27 23 38	Reatino	186	8	5.5
NF	1898 08 25 16 37 46.00	Valnerina	67	7	5.03
NF	1899 02 07 12 35 30.00	Appennino umbro-marchigiano	49	4	4.04
NF	1899 04 21 00 57 55.00	Narni	45	4	3.96
3	1899 07 19 13 18 54.00	Colli Albani	122	7	5.1
F	1902 10 23 08 51	Reatino	77	6	4.74
F	1904 02 24 15 53 26.00	Marsica	56	8-9	5.68
4	1906 01 29 15 05	Valle del Tronto	50	5	4.28
3	1906 02 05 16 34	Valnerina	55	5	4.41
6	1906 07 01 00 50	Reatino	41	5	4.29
3-4	1907 01 23 00 25	Adriatico centrale	93	5	4.75
4	1909 03 16 15 53	Gran Sasso	19	4-5	4.03
NF	1911 05 28 13 52	Aquilano	9	5	4.16

Effetti	In occasione del terremoto del:				
7-8	1915 01 13 06 52 43.00	Marsica	1041	11	7.08
7	1915 09 23 18 07	Marsica	18	6	5.07
3	1923 05 13 14 30 59.00	Valle del Salto	21	5	4.33
3	1927 10 11 14 45 08.00	Marsica	81	7	5.2
5	1933 09 26 03 33 29.00	Maiella	325	9	5.9
5	1938 08 12 02 28 33.00	Appennino laziale-abruzzese	55	5-6	4.56
7	1950 09 05 04 08	Gran Sasso	386	8	5.69
5	1951 08 08 19 56	Gran Sasso	94	7	5.25
F	1956 10 07 19 12 41.00	Aquilano	19	5	4.46
NF	1957 03 12 16 20	Valnerina	62	5	4.16
5	1957 04 11 16 19	Valle del Salto	46	6	4.94
4	1958 06 24 06 07	Aquilano	222	7	5.04
F	1960 03 16 01 52 48.00	Monti della Laga	81	5	4.44
NF	1960 07 18 04 07	Ternano	32	6-7	4.53
8	1961 10 31 13 37	Reatino	84	8	5.09
5-6	1963 02 02 19 34	Reatino	10	6	4.64
2	1969 09 26 23 40 39.00	Teramano	97	5	4.39
3	1971 04 02 01 43 54.00	Valnerina	68	6	4.5
6	1979 09 19 21 35 37.00	Valnerina	694	8-9	5.83
4-5	1984 05 07 17 50	Monti della Meta	911	8	5.86
4-5	1984 05 11 10 41 49.27	Monti della Meta	342	7	5.47
4	1985 05 20 10 00 28.35	Aquilano	29	5-6	4.51
3	1986 10 13 05 10 00.31	Monti Sibillini	322	5-6	4.46
3	1989 12 22 06 48 13.91	Valle Umbra	114	5	4.44
NF	1992 08 25 02 25 48.38	Aquilano	63	5	4.11
2	1992 10 24 18 44 48.60	Monti della Laga	32	5	4.08
NF	1993 06 05 19 16 17.02	Valle del Topino	326	6	4.72
NF	1994 01 05 08 49 28.40	Monti della Laga	23	4-5	3.47
4	1994 06 02 16 41 23.61	Aquilano	60	4-5	3.99
3-4	1994 06 02 17 38 13.82	Aquilano	106	5	4.21
3-4	1996 10 20 19 06 55.57	Appennino laziale-abruzzese	100	5	4.36
5-6	1997 09 26 00 33 12.88	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
5-6	1997 09 26 09 40 26.60	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
5	1997 10 03 08 55 22.07	Appennino umbro-marchigiano	490		5.22
5	1997 10 06 23 24 53.29	Appennino umbro-marchigiano	437		5.47
5	1997 10 14 15 23 10.64	Valnerina	786		5.62

Effetti	In occasione del terremoto del:				
2-3	1997 11 09 19 07 33.27	Valnerina	180		4.87
5	1998 04 05 15 52 21.01	Appennino umbro-marchigiano	395		4.78
6	1998 08 15 05 18 08.89	Reatino	233	5-6	4.42
4	1999 10 10 15 35 51.91	Alto Reatino	79	4-5	4.21
NF	2000 03 11 10 35 27.49	Valle dell'Aniene	214	6	4.25
NF	2000 12 16 07 31 07.66	Ternano	129	5-6	4.29
NF	2004 12 09 02 44 25.29	Teramano	213	5	4.09
2-3	2005 12 15 13 28 39.59	Val Nerina	350	5	4.14
5	2009 04 06 01 32 40.40	Aquilano	316	9-10	6.29

Tabella 1 - Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Antrodoco (da Database Macrosismico Italiano, DBMI15). Legenda: I intensità al sito (MCS); Ax area epicentrale; NMDP numero di osservazioni macrosismiche del terremoto; Io intensità massima (MCS); Mw magnitudo momento.

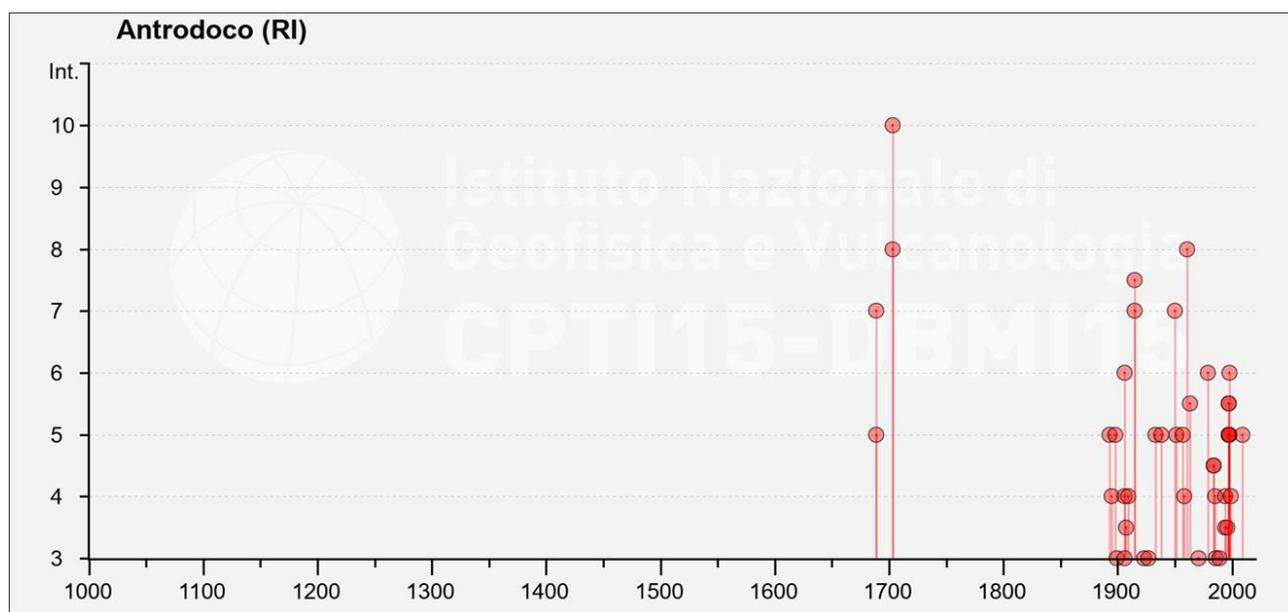


Figura 8- Grafico illustrante la storia sismica di Antrodoco. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

Secondo i dati a disposizione, risulta che i massimi risentimenti nell'area in studio sono stati dell'ordine del X grado MCS e si sono avuti in corrispondenza degli eventi sismici del 1703.

Tra gli anni 1991 e 1999 la Rete Sismica dell'Umbria (Re.Si.L.) ha registrato nell'area circa 200 scosse sismiche con magnitudo medie Richter variabili tra 2 e 3 e profondità ipocentrali medie tra 6 e 8 km, con alcuni eventi più profondi (Damiani 2011). La zona appenninica centrale che si estende dalla città de L'Aquila fino a Città di Castello e Sansepolcro è stata anche nel 2014 l'area con il maggior tasso di sismicità di tutto il territorio nazionale (come numero di eventi). In questo settore sono state registrate le due sequenze italiane più durevoli nel tempo e più numerose di eventi per anno, quella di Pietralunga (con 1078 terremoti e quasi 4 mesi di durata) e quella di Gubbio (con

	<p style="text-align: center;">PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA PER LA SISTEMAZIONE DI FOSSO MENDUCCIA E LA MESSA IN SICUREZZA S.C. RAPELLE</p> <p style="text-align: center;">Sistemazione idraulica e forestale della viabilità comunale e di alcune frazioni del comune di Antrodoco e dei fossi Cerdolimiti, Mentuccia e Accicciari che drenano le acque nel Fiume Velino e dei fossi Pinconella, Catena, Madonna delle grotte e Viperelle affluenti del fosso Rapelle</p>	

636 terremoti e oltre 7 mesi di durata).

Infine, per quanto riguarda l'attuale Zonazione sismogenetica del territorio nazionale ZS9, il settore di studio ricade nella Zona 923 "Appennino Abruzzese". Sulla base degli studi sismologici più aggiornati, in tale zona sono attesi terremoti di medio-elevata profondità ($P = 8-12$ km) e di elevata magnitudo ($M_{max} = 7.06$), riconducibili a meccanismi di fagliazione prevalentemente normale.

	<p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA PER LA SISTEMAZIONE DI FOSSO MENDUCCIA E LA MESSA IN SICUREZZA S.C. RAPELLE</p> <p>Sistemazione idraulica e forestale della viabilità comunale e di alcune frazioni del comune di Antrodoco e dei fossi Cerdolimiti, Mentuccia e Accicciari che drenano le acque nel Fiume Velino e dei fossi Pinconella, Catena, Madonna delle grotte e Viperelle affluenti del fosso Rapelle</p>	
---	---	---

5 ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO LOCALE

I rilievi di campo eseguiti e all'analisi dei dati disponibili, hanno permesso di configurare un primo quadro di conoscenze relativamente allo schema litostratigrafico delle aree di interesse progettuale. Tale schema, nelle fasi progettuali che seguiranno, dovrà accompagnata dalla realizzazione di una specifica campagna di indagini geologiche e geotecniche, opportunamente progettate in relazione alle opere in progetto, sia per definire le caratteristiche fisiche e meccaniche dei terreni presenti nel sito di progetto prescelto, sia per valutare gli effettivi spessori ascrivibili alle diverse unità litotecniche che si definiranno. Ovviamente, i parametri riportati sono indicativi del comportamento medio di ogni singola unità e, pertanto, non tengono conto di eventuali anisotropie o disomogeneità presenti all'interno dei terreni in esame.

5.1 SITO STRADA COMUNALE RAPELLE

In relazione con quanto emerso dallo studio condotto, è stato possibile suddividere il sottosuolo dell'area della Strada comunale Rapelle in due unità litotecniche, omogenee dal punto di vista litologico e geotecnico. Di seguito viene fornita una dettagliata caratterizzazione litologica nonché la descrizione delle principali proprietà fisico-meccaniche dei termini ascritti alle diverse unità individuate.

- **Depositi di copertura grossolani:** sono formate da alluvioni ciottolose terrazzate, coni di deiezione antichi e depositi ciottolosi di colmata di bacini lacustri. L'unità in oggetto presenta una marcata eterogeneità dal punto di vista litologico e granulometrico, che determina una forte variabilità delle caratteristiche fisiche e meccaniche. I parametri fisico-meccanici rappresentativi del comportamento geotecnico medio dell'unità possono essere riassunti come segue:

▫ Peso per unità di volume naturale	γ_n	19.5÷21.0	kN/m ³
▫ Densità relativa	D_R	40÷70	%
▫ Coesione efficace	c'	0÷10	kPa
▫ Angolo di resistenza al taglio efficace	φ'	32÷38	°
- **Substrato calcareo-dolomitico:** è formato da dolomie e calcari dolomitici bianchi, in strati o in banchi, sovente farinosi o brecciati per cause tettoniche. I parametri fisico-meccanici rappresentativi del comportamento geotecnico medio dell'unità possono essere riassunti come segue:

▫ Peso per unità di volume naturale	γ_n	24.5÷26.0	kN/m ³
▫ Coesione efficace	c'	180÷280	kPa
▫ Angolo di resistenza al taglio efficace	φ'	40÷45	°
▫ Geological Strength Index	GSI	35÷60	

5.2 SITO STRADA STATALE 17 FOSSO MENDUCCIA

In relazione con quanto emerso dallo studio condotto, è stato possibile raggruppare il sottosuolo dell'area del Fosso Menduccia in una sola unità litotecnica. Di seguito viene fornita una dettagliata caratterizzazione litologica nonché la descrizione delle principali proprietà fisico-meccaniche dei termini ascritti a tale unità.

- **Substrato dolomitico:** è formato da dolomie brune, grigie o giallastre, stratificate e talvolta

	<p style="text-align: center;">PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA PER LA SISTEMAZIONE DI FOSSO MENDUCCIA E LA MESSA IN SICUREZZA S.C. RAPELLE</p> <p style="text-align: center;">Sistemazione idraulica e forestale della viabilità comunale e di alcune frazioni del comune di Antrodoco e dei fossi Cerdolimiti, Mentuccia e Accicciari che drenano le acque nel Fiume Velino e dei fossi Pinconella, Catena, Madonna delle grotte e Viperelle affluenti del fosso Rapelle</p>	
---	---	---

laminata. I parametri fisico-meccanici rappresentativi del comportamento geotecnico medio dell'unità possono essere riassunti come segue:

□ Peso per unità di volume naturale	γ_n	24.0÷25.5	kN/m ³
□ Coesione efficace	c'	160÷250	kPa
□ Angolo di resistenza al taglio efficace	φ'	40÷44	°
□ Geological Strenght Index	GSI	35÷55	

	<p style="text-align: center;">PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA PER LA SISTEMAZIONE DI FOSSO MENDUCCIA E LA MESSA IN SICUREZZA S.C. RAPELLE</p> <p style="text-align: center;">Sistemazione idraulica e forestale della viabilità comunale e di alcune frazioni del comune di Antrodoco e dei fossi Cerdolimiti, Mentuccia e Accicciari che drenano le acque nel Fiume Velino e dei fossi Pinconella, Catena, Madonna delle grotte e Viperelle affluenti del fosso Rapelle</p>	
---	---	---

6 RISPOSTA SISMICA DEL SITO

La pericolosità sismica di un territorio è funzione di un complesso insieme di parametri naturali e rappresenta la probabilità che un evento sismico di data intensità si manifesti in una certa area ed in un determinato intervallo di tempo. Diverso è, invece, il concetto di rischio sismico che è il risultato catastrofico dell'evento naturale sul sistema antropico.

Affinché si abbia rischio è necessario che uno o più degli elementi antropici esposti (vite umane, attività, beni, etc.) possieda un carattere di vulnerabilità tale da determinarne la perdita parziale o totale. La vulnerabilità, in tale accezione, è l'entità della perdita attesa derivante dal manifestarsi di un evento di data intensità nell'area in esame. Non potendo intervenire sulla pericolosità, che dipende esclusivamente da dinamiche naturali, si può intervenire sulla vulnerabilità degli elementi esposti al rischio e, quindi, sul rischio totale.

Oltre alla conoscenza della probabilità di accadimento di un evento sismico, delle caratteristiche della sorgente sismogenetica e delle modalità di propagazione della perturbazione, è necessario analizzare le caratteristiche locali del sito di studio. Queste, infatti, condizionano la reazione del terreno all'*input* sismico in termini di variazione del contenuto in frequenza del segnale, amplificazione/smorzamento dell'onda e perdita o modificazione delle sue caratteristiche di resistenza e deformabilità.

All'indomani della riclassificazione sismica del territorio nazionale scaturita dal progetto S1 dell'INGV-DPC¹, si dispone di parametri sismici di riferimento aggiornati e di maggior dettaglio rispetto alla classificazione macrosismica nazionale cui faceva riferimento il D.M. LL.PP. 16 gennaio 1996 (Norme Tecniche per le Costruzioni in zone sismiche).

Di seguito vengono descritti i termini della problematica sismica nel processo di progettazione e fornite utili indicazioni al Progettista strutturale per la predisposizione dei calcoli di propria competenza.

6.1 CARATTERISTICHE SISMICHE DEL SITO

Con riferimento al D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018, sono stati determinati i parametri sismici di progetto per la realizzazione delle opere previste. In particolare, sulla base delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 e dei dati relativi al progetto S1 dell'INGV-DPC, sono stati determinati i valori reticolari dei parametri di riferimento relativamente ad un suolo rigido, per un tempo di ritorno T_r pari a 475.

¹ Progetto per il completamento e la gestione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 e progettazione di ulteriori sviluppi.



Figura 9 – Griglia di riferimento per il settore oggetto di studio, con individuazione del lotto in esame (in magenta) e dei punti del grigliato scelti (in rosso).

Per i valori di a_g , F_0 e T_c^* , necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008 (come previsto dalle NTC 2018 cfr. paragr. 3.2). I parametri forniti possono essere direttamente utilizzati per la ricostruzione degli spettri di risposta del sito e, quindi, per la progettazione di tutte le opere previste in conformità con le vigenti normative a livello nazionale

ID	longitudine	latitudine	a_g	F_0	T_c
26079	13.084	42.434	0.255	2.360	0.340
26080	13.151	42.434	0.261	2.360	0.340
26301	13.084	42.384	0.248	2.360	0.330
26302	13.152	42.384	0.258	2.360	0.340

Tabella 2 - Parametri di riferimento del moto sismico su suolo rigido per un periodo di ritorno T_r pari a 475 anni, le coordinate sono espresse in gradi decimali (EPSG:4230).

6.2 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

La normativa citata relativamente alla caratterizzazione sismica di un sito (D.M. 17/01/2018 – G.U. Serie Generale n. 42 del 20-2-2018), prevede la determinazione dei valori della velocità equivalente

	<p style="text-align: center;">PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA PER LA SISTEMAZIONE DI FOSSO MENDUCCIA E LA MESSA IN SICUREZZA S.C. RAPELLE</p> <p style="text-align: center;">Sistemazione idraulica e forestale della viabilità comunale e di alcune frazioni del comune di Antrodoco e dei fossi Cerdolimiti, Mentuccia e Accicciari che drenano le acque nel Fiume Velino e dei fossi Pinconella, Catena, Madonna delle grotte e Viperelle affluenti del fosso Rapelle</p>	

di propagazione delle onde di taglio $V_{s,eq}$ (in m/s). Nel caso di depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m la velocità equivalente $V_{s,eq}$ corrisponde al parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

I valori di V_s sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

Per l'area di interesse, la categoria di sottosuolo è stata quindi definita in funzione dell'assetto litostratigrafico locale, delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni affioranti e sub-affioranti e di tutti i dati geologici disponibili. In assenza di indagini dirette ed indirette specifiche, sulla scorta degli studi condotti e in relazione all'assetto litostratigrafico rilevato, si suggerisce l'adozione di una categoria di sottosuolo **B** (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*) e di una categoria topografica **T2** (*Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$*)

7 DESCRIZIONE DEI SITI DI INTERVENTO

I due siti di intervento ricadono in corrispondenza di Fosso Menduccia e della Strada Rapelle.

7.1 SITO STRADA COMUNALE RAPELLE

Il settore di studio in corrispondenza della Strada Rapelle interessa per tutto il suo sviluppo i termini delle **Alluvioni ciottolose (q2)** formate da alluvioni ciottolose, terrazzate. Coni di deiezione antichi. Depositi ciottolosi di colmata di bacini lacustri. Tali terreni risultano in appoggio sul substrato geologico di riferimento formato dalle **Dolomie e calcari dolomitici (I1-d)** formate da dolomie e calcari dolomitici bianchi, in strati o in banchi, sovente farinosi o brecciati per cause tettoniche.

Intervento	Tipologia	Obiettivi
<ul style="list-style-type: none"> • muro di sottoscarpa in cls; • reti di protezione miste per intercettare sia detrito che massi; • consolidamento e rivestimento corticale mediante tecniche di soil nailing, che integrano il rivestimento corticale con tecniche di stabilizzazione mediante chiodatura; • disagggio/rimozione blocchi instabili; • manutenzione straordinaria delle opere idrauliche (tombini, cunette, ecc.); 		<p>Mitigazione delle condizioni di pericolosità e rischio lungo le scarpate che bordano lato monte la SC Rapelle, attraverso il raggiungimento dei seguenti obiettivi prioritari:</p> <ul style="list-style-type: none"> • protezione delle scarpate in roccia esposte, attualmente non protette; • rimozione degli elementi e blocchi di roccia instabili e direttamente incombenti sul santuario; • protezione del settore di viabilità adiacente al santuario mediante opere di ritenuta che consentano di evitare l'arrivo di detriti e blocchi sulla sede stradale; • Ripristino e completamento degli interventi già esistenti.





7.2 SITO STRADA STATALE 17 FOSSO MENDUCCIA

Il settore di studio in corrispondenza di Fosso Menduccia interessa per tutto il suo sviluppo i termini dalla **Dolomia (ts)** formata dolomia bruna o grigia o giallastra, stratificata e talvolta straterellata.

Intervento	Tipologia	Obiettivi
<ul style="list-style-type: none"> • briglie e soglie con tecniche di ingegneria naturalistica; • protezione e consolidamento delle sponde con gabbionate. 		<p>Mitigazione delle condizioni di pericolosità e rischio del fosso Menduccia sulla SS 17, attraverso il raggiungimento dei seguenti obiettivi prioritari:</p> <ul style="list-style-type: none"> • manutenzione straordinaria dell'opera di scavalco stradale, per rimuovere i detriti accumulati e ripristinare la linea di corrivazione; • stabilizzazione e protezione dall'erosione sia in alveo che spondale del fosso principale, in particolare immediatamente a valle della SS 17; • riduzione dell'energia di corrivazione.



**PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA
PER LA SISTEMAZIONE DI FOSSO MENDUCCIA
E LA MESSA IN SICUREZZA S.C. RAPELLE**

Sistemazione idraulica e forestale della viabilità comunale e di alcune frazioni del comune di Antrodoto e dei fossi Cerdolimiti, Mentuccia e Accicciari che drenano le acque nel Fiume Velino e dei fossi Pinconella, Catena, Madonna delle grotte e Viperelle affluenti del fosso Rapelle



GEOSERVIZI



	<p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA PER LA SISTEMAZIONE DI FOSSO MENDUCCIA E LA MESSA IN SICUREZZA S.C. RAPELLE</p> <p>Sistemazione idraulica e forestale della viabilità comunale e di alcune frazioni del comune di Antrodoco e dei fossi Cerdolimiti, Menduccia e Accicciari che drenano le acque nel Fiume Velino e dei fossi Pinconella, Catena, Madonna delle grotte e Viperelle affluenti del fosso Rapelle</p>	
---	---	---

8 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La presente relazione è stata redatta nell'ambito dello Studio di fattibilità del progetto di *Sistemazione idraulica e forestale della viabilità comunale e di alcune frazioni del comune di Antrodoco e dei fossi Cerdolimiti, Menduccia e Accicciari che drenano le acque nel Fiume Velino e dei fossi Pinconella, Catena, Madonna delle grotte e Viperelle affluenti del fosso Rapelle.*

Il settore di studio in corrispondenza della Strada Rapelle, dal punto di vista morfologico, impegna la piana del Torrente Rapelle tra Monte Gianò e Monte Morrone, in località Gole di Antrodoco. Tale settore si colloca a quote variabili tra i 620 ed i 740 m circa s.l.m..

Il settore di studio in corrispondenza di Fosso Menduccia, invece, interessa i versanti occidentali di Monte Gianò, subito ad est del centro abitato di Antrodoco. Questo settore si colloca a quote variabili tra i 480 ed i 580 m circa s.l.m..

I principali corsi d'acqua dell'area sono rappresentati dal Fiume Velino e dal Rio Rapelle/Fosso di Corno, che scorre inizialmente in direzione circa E-W e in seguito S-N. Ad esso si aggiungono una serie di corsi d'acqua secondari, come il Fosso Menduccia, numerosi canali in roccia e solchi da erosione concentrata, attivi solo in concomitanza con eventi meteorici particolarmente intensi.

Gli approfondimenti condotti hanno consentito di definire i principali aspetti geologici, geomorfologici e idrogeologici dell'area, nonché lo schema litostratigrafico locale dei terreni interessati dalle opere in progetto, il tutto in misura commisurata alla loro incidenza specifica sul terreno e sul contesto ambientale complessivo.

Nel presente capitolo vengono riassunti gli aspetti ritenuti di maggiore rilievo sotto il profilo geologico-applicativo, con particolare riferimento alla definizione delle pericolosità geologiche dell'area e alla caratterizzazione litotecnica dei terreni presenti.

8.1 PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE

In relazione con gli esiti dello studio condotto, tutta l'area oggetto di risulta caratterizzata da diversi dissesti e fenomeni gravitativi. Questi fenomeni sono rappresentati da prevalenti colate detritiche che si sviluppano lungo i canali in roccia che tagliano il substrato carbonatico. Ad essi si aggiungono locali fenomeni franosi in corrispondenza delle coperture detritiche e diffusi crolli in roccia in corrispondenza delle scarpate e pareti rocciose più acclivi.

Dal punto di vista sismico, invece, il livello di pericolosità presente nell'area è significativo ed è connesso con l'attività tettonica delle numerose strutture attive presenti lungo l'arco appenninico e, principalmente, con quelle relative al settore appenninico.

8.2 CRITICITÀ LITOTECNICHE

La ricostruzione geometrica dei corpi geologici ha consentito di suddividere il sottosuolo dell'area in progetto in diverse unità litotecniche, omogenee dal punto di vista litologico e delle caratteristiche geotecniche. Per ognuna di queste unità sono stati stimati gli intervalli di riferimento per i parametri fisici e meccanici più importanti dal punto di vista applicativo, sempre in relazione con le opere in progetto. Tale schematizzazione rappresenta un utile riferimento per il Progettista nella definizione del modello geotecnico utilizzato per la verifica delle opere.

	<p style="text-align: center;">PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA PER LA SISTEMAZIONE DI FOSSO MENDUCCIA E LA MESSA IN SICUREZZA S.C. RAPELLE</p> <p style="text-align: center;">Sistemazione idraulica e forestale della viabilità comunale e di alcune frazioni del comune di Antrodoco e dei fossi Cerdolimiti, Mentuccia e Accicciari che drenano le acque nel Fiume Velino e dei fossi Pinconella, Catena, Madonna delle grotte e Viperelle affluenti del fosso Rapelle</p>	
---	---	---

Particolare attenzione dovrà essere prestata ai terreni afferenti all'unità litotecnica dei terreni di copertura. I parametri litotecnici attribuiti alle suddette unità, infatti, sono caratteristici di un comportamento meccanico generalmente scadente, fortemente eterogeneo e di certa inaffidabilità geotecnica. Se ne sconsiglia pertanto l'impegno diretto e se ne suggerisce la bonifica preventiva finalizzata all'individuazione del piano di posa delle fondazioni e alla realizzazione delle opere minori.

La presenza di terreni con caratteristiche litotecniche scadenti o al più mediocri suggerisce, quindi, di porre la massima attenzione durante la realizzazione degli scavi. Tali unità, infatti, presentano un comportamento litotecnico tale da non garantire la stabilità dei fronti di scavo né nel breve né nel lungo periodo, ancor più se soggetta a processi di alterazione o se in presenza di una significativa circolazione idrica sotterranea.

Pertanto, dovranno essere adottate tutte le opportune opere di protezione, provvisoria o definitiva, atte a garantire la stabilità degli scavi sia nel breve che nel lungo periodo, opportunamente dimensionate sulla base di verifiche analitiche

8.3 FATTIBILITÀ DELL'OPERA

Gli studi specialistici condotti hanno permesso di delineare lo scenario naturale in cui si collocano le opere di progetto e di determinare le principali criticità geologiche e geologico-applicative ad esse connesse.

In relazione con quanto emerso dagli studi condotti, il settore di interesse progettuale risulta privo di elementi di pericolosità geologica *s.l.*, in atto o potenziali, tali da pregiudicare la realizzazione dell'intervento di progetto che, pertanto, risulta pienamente compatibile con il contesto naturale destinato ad accoglierlo.

Alla luce delle considerazioni espresse, qualsiasi intervento dovrà contemplare una fase di studio e di indagine geologica, geognostica e geotecnica preliminare ed integrata con la progettazione degli interventi stessi. In particolare, le indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche dovranno essere finalizzate alla dettagliata ricostruzione dell'assetto litostratigrafico locale ed alla definizione puntuale e dettagliata delle caratteristiche fisico-meccaniche e sismostratigrafiche dei terreni impegnati dalle opere in progetto.

Ripalimosani (CB), giugno 2020

Il Geologo

Dott. Pierfederico DE PARI

9 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Alberti A., Bertini M., Del Bono G.I. Nappi G., Salvati L., 1970. Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100000, Foglio 136-142 Tuscania-Vivitavecchia.
- Ambrosetti P., Carraro F., Deiana G., Dramis F., 1982. Il sollevamento dell'Italia centrale tra il Pleistocene inferiore e il Pleistocene medio. In: CNR - Progetto finalizzato alla "Geodinamica" - Contr. Concl. Carta Neotettonica d'Italia 2: 219-223.
- Annunziatellis A., Ciotoli G., Guarino P.M., Nisio S., 2009. Nuovi dati sui sinkhole del Bacino delle Acque Albule (Tivoli, Roma). Atti del 2° Workshop Internazionale "I sinkholes. Gli sprofondamenti catastrofici nell'ambiente naturale ed in quello antropizzato". ISPRA, Roma, 3-4.
- Autorità di Bacino del Fiume Tevere, 2012. Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Fiume Tevere.
- Bergamin L., Carboni M.G., Di Bella L., Marra F., Palagi I., 2000. Stratigraphical and paleoenvironmental features of the Pleistocene sediments of M. Mario (Rome). *Eclogae Geologicae Helvetiae* 93: 265-275.
- Bigazzi G., Bonadonna F.P., Iaccarino S., 1973. Geochronological hypothesis on Plio-Pleistocene boundary in Latium Region (Italy). *Bollettino della Società Geologica Italiana* 92: 391-422.
- Bigi S., Cosentino D., Parotto M., Sartori R., Scandone P., 1992. Structural model of Italy. Scale 1:500000 (fogli 1-6). CNR - Progetto Finalizzato Geodinamica 114.
- Billi A., De Filippis L., Poncia P.P., Sella P., Faccenna C., 2016. Hidden sinkholes and karst cavities in the travertine plateau of a highly-populated geothermal seismic territory (Tivoli, central Italy). *Geomorphology* 255: 63-80.
- Billi A., Valle A., Brillì M., Faccenna C., Funicello R., 2007. Fracture-controlled fluid circulation and dissolutional weathering in sinkhole prone-carbonate rocks from central Italy. *Journal of Structural Geology* 29: 385-395.
- Boni C., Bono P., Capelli G., 1986. Schema idrogeologico dell'Italia centrale. *Memorie della Società geologica Italiana* 35: 991-1012.
- Boschi E., Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Valensise L., Gasperini P., 2000. Catalogue of strong Italian Earthquakes from 461 B.C. to 1997. *Annali di Geofisica* 43: 609-868.
- Bosellini A., Mutti E., Ricci Lucchi F., 1989. Rocce e successioni sedimentarie. Unione Tipografico-Editrice Torinese, Torino.
- Bozzano F., Esposito C., Franchi S., Mazzanti P., Perissin D., Rocca A., Romano E., 2015. Understanding the subsidence process of a quaternary plain by combining geological and hydrogeological modelling with satellite InSAR data: The Acque Albule Plain Case Study. *Remote Sensing of Environment* 168: 219-238.
- Brunetti E., Jones J.P., Petitta M., Rudolph D.L., 2013. Assessing the impact of large-scale dewatering on fault-controlled aquifer systems: a case study in the Acque Albule Basin (Tivoli, central Italy). *Hydrogeology Journal* 21: 401-423.
- Butler B.C.M., Bell J.D., 1996. Lettura e interpretazione delle carte geologiche. Zanichelli Editore, Bologna.
- Capelli G., Cosentino D., Messina P., Raffi R., Ventura G., 1987. Modalità di ricarica e assetto strutturale dell'acquifero delle sorgenti Capore-S. Angelo (Monti Lucretili-Sabina Meridionale). *Geologica Romana* 26: 419-447.
- Caramanna G., Nisio S., Vita L., 2004. Fenomeni di annegamento dei sinkholes: casi di studio su alcuni laghetti di origine incerta. Atti del Convegno sullo Stato dell'arte sullo studio dei fenomeni di sinkholes e ruolo delle amministrazioni statali e locali nel governo del territorio. Roma 20-21 maggio, 229-248.
- Carboni M.G., Iorio D., 1997. Nuovi dati sul Plio-Pleistocene marino del sottosuolo di Roma. *Bollettino della Società Geologica Italiana* 116: 435-451.
- Carraro F., 2012. Geologia del Quaternario. L'evoluzione geologica degli ambienti superficiali. Dario Flaccovio Editore, Palermo.

	<p style="text-align: center;">PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA PER LA SISTEMAZIONE DI FOSSO MENDUCCIA E LA MESSA IN SICUREZZA S.C. RAPELLE</p> <p style="text-align: center;">Sistemazione idraulica e forestale della viabilità comunale e di alcune frazioni del comune di Antrodoco e dei fossi Cerdolimiti, Mentuccia e Accicciari che drenano le acque nel Fiume Velino e dei fossi Pinconella, Catena, Madonna delle grotte e Viperelle affluenti del fosso Rapelle</p>	
---	---	---

Carucci V., Petitta M., Aravena R., 2012. Interaction between shallow and deep aquifers in the Tivoli Plain (Central Italy) enhanced by groundwater extraction: a multiisotope approach and geochemical modeling. *Applied Geochemistry* 27; 266-280.

Casadio M., Elmi C., 1999. *Il manuale del geologo*. Pitagora Editrice, Bologna.

Casati P., 1991. *Scienze della terra*. Città Studi Edizioni.

Castiglioni G.B., 1991. *Geomorfologia* (seconda edizione). Unione Tipografico-Editrice Torinese, Torino.

Cesi C., Eulilli V., 2008. *Carta gravimetrica d'Italia alla scala 1:50000 – Foglio 374 – Roma*. Servizio Geologico Dipartimento Difesa del Suolo, APAT, Roma.

CNR-PFG, 1985. *Catalogo dei terremoti italiani dall'anno 1000 al 1980*. In: Postpischl D. (ed), CNR-PFG V. 2B, Bologna.

Colombi A., Capelli G., Di Loreto E., Herring J.G., Nolasco F., Salvati R., 2001. The purposes of the main sinkhole project in the Latium region of central Italy. *Proceedings of Multidisciplinary Conference on Sinkholes and the Engineering and Environmental Impacts of Karsts*, vol. 8, Rotterdam, Balkema.

Conte G., Martarelli L., Monti G.M., Motteran G., Scalise A.R., Serafini R., Silvi A., 2018. Caratteristiche idrogeologiche del Foglio n. 348 Antrodoco della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50000. *Memorie descrittive della Carta geologica d'Italia* 103, 7-60.

Cosentino D., Parotto M., Praturlon A., 1993. *Guide geologiche regionali: Lazio*. Società Geologica Italiana, Roma.

Cremonini G., 1994. *Rilevamento geologico. Realizzazione e interpretazione delle carte geologiche*. Pitagora Editrice, Bologna.

Damiani A.V., Chiocchini M., Colacicchi R., Mariotti G., Parotto M., Passeri L., Praturlon A., 1992. *Elementi litostratigrafici per una sintesi delle facies carbonatiche meso-cenozoiche dell'Appennino centrale*. Studi Geologici Camerti vol.spec. 1991/2: 187-213.

De Filippis L., Anzalone E., Billi A., Faccenna C., Poncia P.P., Sella P., 2013. The origin and growth of a recently-active fissure ridge travertine over a seismic fault, Tivoli, Italy. *Geomorphology* 195: 13-26.

De Rita D., Di Filippo M., Rosa C., 1996. Structural evolution of the Bracciano volcano-tectonic depression, Sabatini volcanic complex, Italy. In: Mc Guire W.J., Jones A.P., Neuberg A. (eds), *Volcano Instability on the Earth and Other Planets*, Geological Society of London, spec. publ. 110: 225-236.

Di Filippo M., Favali P., Scalera G.C., Toro B., 1986. Lazio: studio delle strutture tettoniche profonde e superficiali mediante il confronto di dati gravimetrici e sismologici. *Memorie della Società Geologica Italiana* 35: 459-467.

Di Filippo M., Toro B., 1995. Gravimetry in the Volcano of the Alban Hills. In: Trigila R. (ed), *Tipografia SGS*, Roma, 213-219.

Di Salvo C., Mazza R., Capelli G., 2013. Gli acquiferi in travertino del Lazio: schemi idrogeologici e caratteristiche chimico-fisiche. *Rendiconti online della Società Geologica Italiana* 27: 54-76.

DISS Working Group, 2018. *Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.1: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas*. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Dramis F., Bisci C., 1997. *Cartografia geomorfologica*. Pitagora Editrice, Bologna.

Faccenna C., Funicello R., Montone P., Parotto M., Voltaggio M., 1994. Tettonica trascorrente del pleistocene superiore nel bacino delle Acque Albule (Tivoli, Lazio). *Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia* 49: 37-50.

Faccenna C., Soligo M., Billi A., De Filippis L., Funicello R., Rossetti C., Tuccimei P., 2008. Late Pleistocene depositional cycles of the Lapis Tiburtinus travertine (Tivoli, Central Italy): Possible influence of climate and fault activity. *Global and Planetary Change* 60: 299-308.

	<p style="text-align: center;">PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA PER LA SISTEMAZIONE DI FOSSO MENDUCCIA E LA MESSA IN SICUREZZA S.C. RAPELLE</p> <p style="text-align: center;">Sistemazione idraulica e forestale della viabilità comunale e di alcune frazioni del comune di Antrodoco e dei fossi Cerdolimiti, Mentuccia e Accicciari che drenano le acque nel Fiume Velino e dei fossi Pinconella, Catena, Madonna delle grotte e Viperelle affluenti del fosso Rapelle</p>	
---	---	---

Ferretti A., Prati C., Rocca F., 2001. Permanent scatterers in SAR Interferometry. IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing 39: 1.

Floris M., Bozzano F., Strappaveccia C., Baiocchi V., Prestininzi A., 2014. Qualitative and quantitative evaluation of the influence of anthropic pressure on subsidence in a sedimentary basin near Rome. Environmental Earth Sciences 72: 4223-4236.

Funiciello R., 1995. La geologia di Roma. Il centro storico. Memorie della Società Geologica Italiana 50, 550p.

Funiciello R., Giordano G., 2008. Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50000. Foglio 374, Roma. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Roma.

Funiciello R., Parotto M., 1978. Il substrato sedimentario nell'area dei Colli Albani: considerazioni geodinamiche e paleogeografiche sul margine tirrenico dell'Appennino centrale. Geologia Romana 17: 233-287.

Gasparini C., Pirro M., Marchetti A., Pagliuca M.N., 2002. Analisi del periodo sismico avvenuto nel territorio di Guidonia Montecelio nel giugno 2001. Atti XX GNGTS, 9.

Giordano G., De Benedetti A.A., Diana A., Diano G., Gaudio F., Marasco F., Miceli M., Mollo S., Cas R.A.F., Funiciello R., 2006. The Colli Albani caldera (Roma, Italy): stratigraphy, structure and petrology. In: Cas R.A.F., Giordano G. (eds) Explosive Mafic Volcanism. Journal of Volcanology and Geothermal Research, spec. vol. 155.

Hallam A., 1985. Interpretazione delle facies e stratigrafia. Pitagora Editrice, Bologna.

ISPRA, 2008. Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50000. Foglio 374, Roma. Servizio Geologico d'Italia, Roma.

ISPRA, 2017. Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50000. Foglio 375, Tivoli. Servizio Geologico d'Italia, Roma.

ITHACA Working Group, 2019. ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faulting), A database of active capable faults of the Italian territory. Version December 2019. Web Portal <http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/Mappatura.aspx>. ISPRA Geological Survey of Italy.

La Vigna F., Mazza R., Capelli G., 2012. Detecting the flow relationships between deep and shallow aquifers in an exploited groundwater system, using long-term monitoring data and quantitative hydrogeology: the Acque Albule basin case (Rome, Italy). Hydrogeological Processes DOI:10.1002/hyp.9494.

La Vigna F., Mazza R., Capelli G., 2013. Detecting the flow relationships between deep and shallow aquifers in an exploited groundwater system, using long-term monitoring data and quantitative hydrogeology: the Acque Albule basin case (Rome, Italy). Hydrogeological Processes 27: 3159-3173.

Lanzini M., Di Girolamo M., Liperi L., Meloni F., Zizzari P., Menichelli R., Gualdi M., 2009. Studi geologici ed indagini geognostiche per la valutazione del rischio sinkholes, per il progetto di raddoppio della linea ferroviaria Roma-Pescara (tratto Lunghezza-Guidonia). Atti del 2° Workshop Internazionale "I sinkholes. Gli sprofondamenti catastrofici nell'ambiente naturale ed in quello antropizzato". ISPRA, Roma, 3-4.

Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico, Antonucci A., 2019. Database Macrosismico Italiano (DBMI15), versione 2.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

Marra F., Florindo F., Karner D.B., 1998. Paleomagnetism and geochronology of early Middle Pleistocene depositional sequence near Rome: comparison with the deep-sea $d^{18}O$ record. Earth and Planetary Science Letters 159: 147-164.

Marra F., Freda C., Scarlato P., Taddeucci J., Karner D.B., Renne P.R., Gaeta M., Palladino D.M., Trigila R., Cavarretta G., 2003. Post-caldera activity in the Alban Hills volcanic district (Italy): $^{40}Ar/^{39}Ar$ geochronology and insights into magma evolution. Bulletin of Volcanology 65: 227-247.

Mattei M., Montone P., Salvini F., 1986. Analisi strutturale dei rilievi di margine appenninico intorno a Tivoli (Roma). Memorie della Società Geologica Italiana 35: 579-589.

Meletti C., Montaldo V., 2007. Stime di pericolosità sismica per diverse probabilità di superamento in 50 anni: valori di ag. Progetto DPC-INGV S1.

	<p style="text-align: center;">PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA PER LA SISTEMAZIONE DI FOSSO MENDUCCIA E LA MESSA IN SICUREZZA S.C. RAPELLE</p> <p style="text-align: center;">Sistemazione idraulica e forestale della viabilità comunale e di alcune frazioni del comune di Antrodoto e dei fossi Cerdolimiti, Mentuccia e Accicciari che drenano le acque nel Fiume Velino e dei fossi Pinconella, Catena, Madonna delle grotte e Viperelle affluenti del fosso Rapelle</p>	
---	---	---

Meletti C., Valensise G., 2004. Zonazione sismogenetica ZS9 - App.2 al Rapporto Conclusivo. Gruppo di Lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Nisio S., 2008. I fenomeni naturali di sinkhole nelle aree di pianura italiane. Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia, 85, 475 pp.

Nisio S., 2008. I sinkholes del Lazio. Memorie della Società Astronomica Italiana 85: 33-148.

Pasquarè G., Abbate E., Castiglioni G.B., Merenda M., Mutti E., Ortolani F., Parotto M., Pignone R., Polino R., Sassi F.P., 1992. Carta geologica d'Italia 1:50000, Guida al Rilevamento. Quaderni serie III 1: 203.

Patacca E., Sartori R., Scandone P., 1992. Tyrrhenian Basin and Apenninic arcs: kinematic relations since Late Tortonian times. Memorie della Società Geologica Italiana 45: 425-451.

Rauch A.F., 1998. Evaluating Cyclic Liquefaction Potential Using Cone Penetration Test. Canadian Geotechnical Journal 35: 442-459.

Ricci Lucchi F., 1980. Sedimentologia. Cooperativa Libreria Universitaria Editrice, Bologna.

Riga G., 2007. La liquefazione dei terreni. Analisi, valutazione, calcolo. Dario Flaccovio Editore, Palermo.

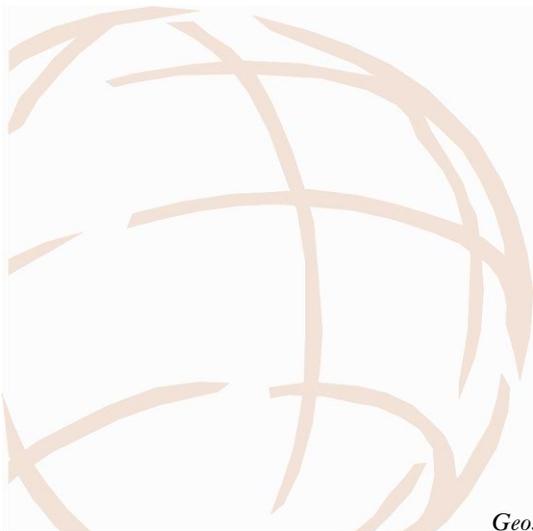
Roberts G.P., Michetti A.M., Cowie P., Morewood N.C., Papanikolaou I., 2002. Fault slip-rate variations during crustal-scale strain localisation, central Italy. Geophysical Research letters 9(1-4): 29.

Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P., 2019. Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 2.0. <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.2>. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

Salvi S., Pirro M., Stramondo S., Pagliuca N.M., Atzori S., Colini L., Tolomei C., Doumaz F., Gasparini C., Petitta M., 2005. Analisi multi-disciplinare applicato allo studio del fenomeno di subsidenza relativo al bacino delle Acque Albule (Lazio): confronto di dati provenienti da tecniche satellitari, di campagna, del sottosuolo e geofisici. GNGTS Atti del 23° Convegno Nazionale.

Servizio geologico d'Italia, 1970. Carta geologica d'Italia, in scala 1:100000. Foglio 139, Antrodoto.

Ventriglia U., 1990. Idrogeologia della Provincia di Roma. Provincia di Roma, Assessorato LL.PP., Viabilità e Trasporti, Roma.



APPENDICE

SISTEMAZIONE IDRAULICA E FORESTALE DELLA VIABILITÀ COMUNALE E DI ALCUNE FRAZIONI DEL COMUNE DI ANTRODOCO E DEI FOSSI CERDOLIMITI, MENDUCCIA E

*ACCICCIARI CHE DRENANO LE AC-
QUE NEL FIUME VELINO E DEI
FOSSI PINCONELLA, CATENA, MA-
DONNA DELLE GROTTI E VIPE-
RELLE AFFLUENTI DEL FOSSO RA-
PELLE*

RELAZIONE GEOLOGICA

GSnnnn nL LLLL nnnn | giugno 2020



INTERCALARE 1

INTERCALARE 2

INTERCALARE 3