



ALLEGATO I

**Studio geologico, geomorfologico e
idrogeologico dell'areale compreso tra il pozzo
GG3 e il Centro Olio Tempa Rossa, Basilicata**

Fase II

Gennaio 2024



**Studio geologico, geomorfologico e
idrogeologico dell'areale compreso tra il pozzo
GG3 e il Centro Olio Tempa Rossa, Basilicata**

Fase II

Gennaio 2024

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE.....	3
2	GEOLOGIA.....	6
2.1	INTRODUZIONE	6
2.2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	11
2.3	ANALISI STRATIGRAFICA	15
2.3.1	LITOFACIES A (PELITICO-ARENACEA)	17
2.3.2	LITOFACIES B (ARENACEO-PELITICA)	18
2.4	ANALISI STRUTTURALE.....	26
3	GEOMORFOLOGIA	38
3.1	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	38
3.2	INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO E CARTOGRAFIA DI RIFERIMENTO	39
3.3	STUDIO GEOMORFOLOGICO FINALIZZATO ALLA REDAZIONE DELLA CARTA GEOMORFOLOGICA DI DETTAGLIO.....	42
3.3.1	ASPETTI FISIOGRAFICI	42
3.3.2	METODI.....	42
3.3.3	FORME ELEMENTARI ED ANALISI DEL PAESAGGIO.....	43
3.3.4	GEOMORFOLOGIA DI DETTAGLIO DELL'AREA POZZO GG3	47
3.4	CARTA INVENTARIO FRANE.....	63
3.4.1	METODI.....	63
3.4.2	CLASSIFICAZIONE DELLE FRANE UTILIZZATA, STATO DI ATTIVITÀ, TIPOLOGIE ED ESEMPI APPLICATIVI	65
3.4.3	DATI STATISTICI GENERALI.....	70
3.4.4	SOVRAPPOSIZIONE TRA CARTA INVENTARIO FRANE, PAI E BANCA DATI IFFI.....	77
4	IDROGEOLOGIA	80
4.1	RILIEVO IDROGEOLOGICO DELL'AREA DI PROGETTO: PRIMI DATI INERENTI L'ATTIVITÀ DI CENSIMENTO DEI PUNTI D'ACQUA E RICOSTRUZIONE DELLA SUPERFICIE PIEZOMETRICA (GENNAIO 2024) 80	
4.2	CARTA IDROGEOLOGICA: PREMessa ED ANALISI IDRODINAMICA ATTRAVERSO L'INTERPRETAZIONE DEL PANNELLO PIEZOMETRICO NELL'AREA GG3	86
5	BIBLIOGRAFIA	89
6	ELENCO ALLEGATI.....	94

1 INTRODUZIONE

La presente relazione raccoglie i dati acquisiti nell'ambito dello "Studio geologico, geomorfologico e idrogeologico dell'areale compreso tra il pozzo GG3 e il Centro Olio Tempa Rossa, Basilicata", eseguito su commissione della società TotalEnergies EP Italia. I dati consistono nei risultati dell'analisi geologica, stratigrafica, strutturale e geomorfologica eseguita nell'area di studio ubicata all'interno della Concessione Gorgoglione, specificatamente nei territori comunali di Corleto Perticara (PZ) e Guardia Perticara (PZ). Tale studio contiene, inoltre, i dati provenienti dal monitoraggio idrogeologico eseguito nel medesimo arco temporale all'interno della suddetta area di studio.

I dati acquisiti permettono di definire in dettaglio l'assetto geologico e geomorfologico dell'area e, al contempo, caratterizzare lo stato di fratturazione delle porzioni arenacee e classificare le frane attive e quiescenti. Inoltre, attraverso l'analisi della bibliografia vigente e l'interpretazione dei nuovi dati idrogeologici (freatimetrici), è stata ricostruita la superficie piezometrica della falda idrica sotterranea nelle vicinanze del sito previsto per il pozzo GG3 e lungo il tracciato della *flowline* di collegamento con il Centro Olio di Tempa Rossa.

Nei mesi Dicembre 2023 – Gennaio 2024 Geosmart Italia s.r.l.s. ha eseguito uno studio geologico, geomorfologico ed idrogeologico nell'area compresa tra il pozzo GG3 e il Centro Olio Tempa Rossa, Basilicata (Figura 1.1). All'interno dell'areale di circa 6 km² sono state eseguite analisi di campo e raccolti campioni di roccia e di acque sorgive per successive analisi laboratoriali. I risultati ottenuti sono riportati all'interno della presente relazione. Specificatamente, vengono qui riportati i risultati delle analisi geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche.

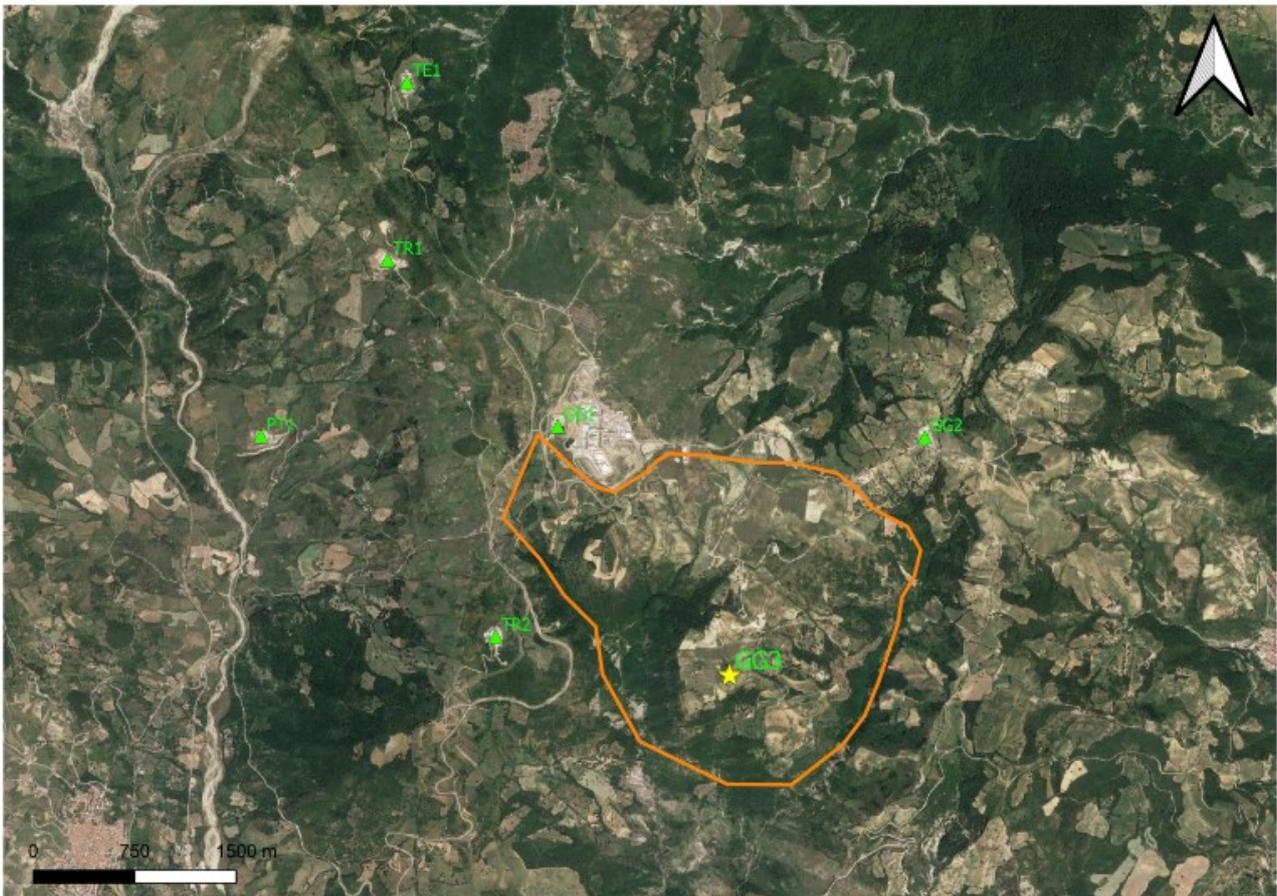


Figura 1.1 – Ubicazione dei pozzi presenti nell'area Tempa Rossa e ubicazione del pozzo GG3. In arancione è evidenziato il perimetro dell'area di studio.

L'analisi geologica è stata effettuata eseguendo le seguenti attività:

- Rilievo geologico di dettaglio (scala 1:2.000);
- Analisi degli affioramenti presenti;
- Costruzione di log stratigrafici in corrispondenza dei principali siti d'interesse (cave e tagli stradali);
- Redazione Carta Geologica a scala nominale 1:5.000 (da rilievo condotto a scala 1:2000);
- Costruzione Sezioni Geologiche a scala 1:5.000;
- Analisi strutturale degli affioramenti idonei per caratterizzare lo stato di fratturazione all'interno della porzione arenacea.

L'analisi geomorfologica finalizzata alla caratterizzazione dettagliata della franosità dell'area è stata svolta eseguendo le seguenti attività:

- Rilievo foto-interpretativo (foto aeree IGM degli anni 1990 in b&n a scala media 1:33.000 e foto a colori di Geocart-AdB-Basilicata a scala media 1:25.000 degli anni 2000) dell'area nell'intorno del pozzo GG3;
- Rilevamento geomorfologico in sito finalizzato all'inventario e cartografazione delle frane e di eventuali dissesti idrogeologico-gravitativi nell'area;
- Redazione Carta Geomorfologica in scala nominale 1:5.000 (da rilievo condotto a scala 1:2000);
- Redazione Carta Inventario fenomeni franosi in scala nominale 1:5.000 (da rilievo condotto a scala 1:2000).

Infine, per quanto riguarda l'analisi idrogeologica dell'area, le prime attività hanno previsto:

- Rilievo idrogeologico dell'area di interesse e dell'area estesa (censimento e georeferenziazione dei punti d'acqua, raccolta dati di portata e freaticometrici della rete di punti d'acqua censita);
- Redazione della Carta Idrogeologica dell'area nell'intorno del pozzo GG3 con piezometria riferita a Gennaio 2024 (scala nominale 1:5.000 dal rilievo condotto a scala 1:2000).

2 GEOLOGIA

2.1 INTRODUZIONE

Il lavoro di rilevamento geologico, analisi stratigrafica e strutturale è stato svolto all'interno di un'areale di circa 6 km² affiorante ad ovest del paese di Gorgoglione (MT). In dettaglio, tale area comprende la porzione di territorio a sud del Centro Olio Tempa Rossa, dove affiora estesamente la Formazione del Flysch di Gorgoglione (Giannandrea et al., 2009). Tale formazione è stata distinta in 2 litofacies principali, distinte tra loro sulla base del rapporto tra arenarie e peliti. Le litofacies sono state distinte grazie allo studio di 49 affioramenti (figura 2.1.1) ubicati in corrispondenza di tagli stradali, cave dismesse ed incisioni naturali (ALLEGATO I – Schede Affioramenti).

Le schede degli affioramenti studiati contengono i seguenti dati:

- coordinate geografiche
- quota sul livello del mare
- altezza affioramento
- litologia affiorante
- rapporto spessore cumulati strati arenacei e pelitici (a:p)
- granulometria litotipi
- giacitura strati (direzione d'immersione/inclinazione, *dip azimuth direction/dip*, riportata con l'acronimo DAD)
- giacitura fronte (direzione d'immersione/inclinazione, *dip azimuth direction/dip*, riportata con l'acronimo DAD)
- geometria degli strati arenacei
- Litofacies prevalente
- subfacies (per la Litofacies A)
- eventuali note

Le analisi stratigrafiche sono state eseguite in corrispondenza di siti rappresentativi delle litofacies affioranti all'interno dell'area di studio. La prima litofacies, denominata pelitico-arenacea (A), è caratterizzata da una prevalenza di siltiti e peliti. Essa è contraddistinta da marcate variazioni modali che hanno permesso la suddivisione interna della Litofacies A in due diverse subfacies. La

prima, denominata A1, è caratterizzata da un rapporto arenarie:peliti (p:a) minore o uguale (\leq) a 1:3, la seconda, denominata A2, da un rapporto $1:3 \leq a:p \leq 1:1$. La seconda litofacies, denominata arenaceo-pelitica (B), consiste in corpi lenticolari arenacei potenti fino a ca. 2,4 m e intercalazione siltoso-argillose. All'interno della Litofacies B, lo spessore degli strati arenacei è generalmente superiore a quello che si riscontra all'interno della Litofacies A ($a:p < 1:1$). I dati raccolti sul campo sono stati elaborati per compilare log stratigrafici di dettaglio, redigere la Carta Geologica dell'areale compreso tra il pozzo GG3 e il Centro Olio Tempa Rossa, Basilicata e cinque profili geologici orientati (ALLEGATO II - Carta Geologica dell'areale compreso tra il pozzo GG3 e il Centro Olio Tempa Rossa, Basilicata).

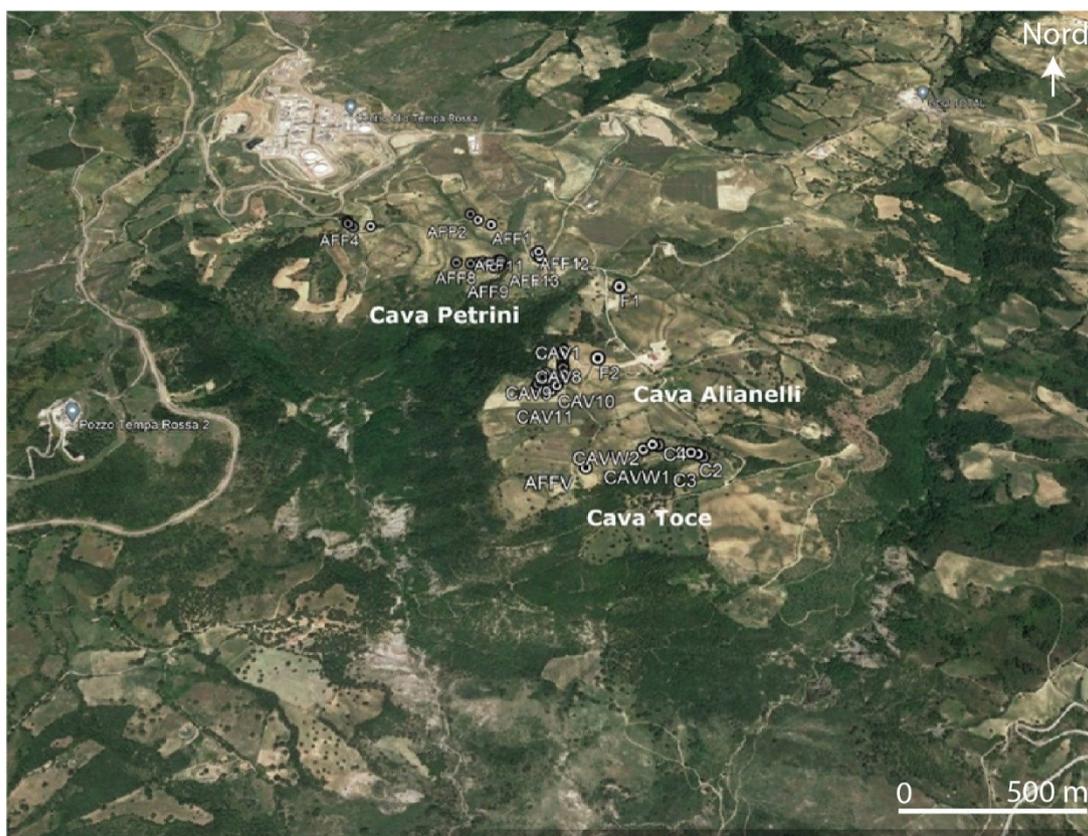


Fig. 2.1.1 – Ubicazione degli affioramenti studiati all'interno dell'area di studio. Le tre cave presenti, rispettivamente denominate Petrini, Allianelli e Toce, sono evidenziate.

Per quanto riguarda i due fossi lungo i quali coincidono i limiti orientali e occidentali dell'area di studio, essendo praticamente inaccessibili per le ispezioni dirette, si è proceduto con la raccolta di dati fotografici degli affioramenti per un'interpretazione dell'assetto geologico. Questo ha permesso di riconoscere, in modo quindi indiretto, le litologie affioranti, la giacitura degli strati, la direzione e

inclinazione delle zone di faglia ad alto angolo e, con una precisione dell'ordine del metro, la quantità di rigetto apparente verticale associata alle suddette faglie (ALLEGATO II).

L'ubicazione degli affioramenti presenti nel settore a NO dell'area di studio è riportata in figura 2.1.2, quella inerente gli affioramenti presenti nell'area di cava Petrini in figura 2.1.3, nell'area della cava Alianelli in figura 2.1.4 e, infine, nell'area della cava Toce in figura 2.1.5.

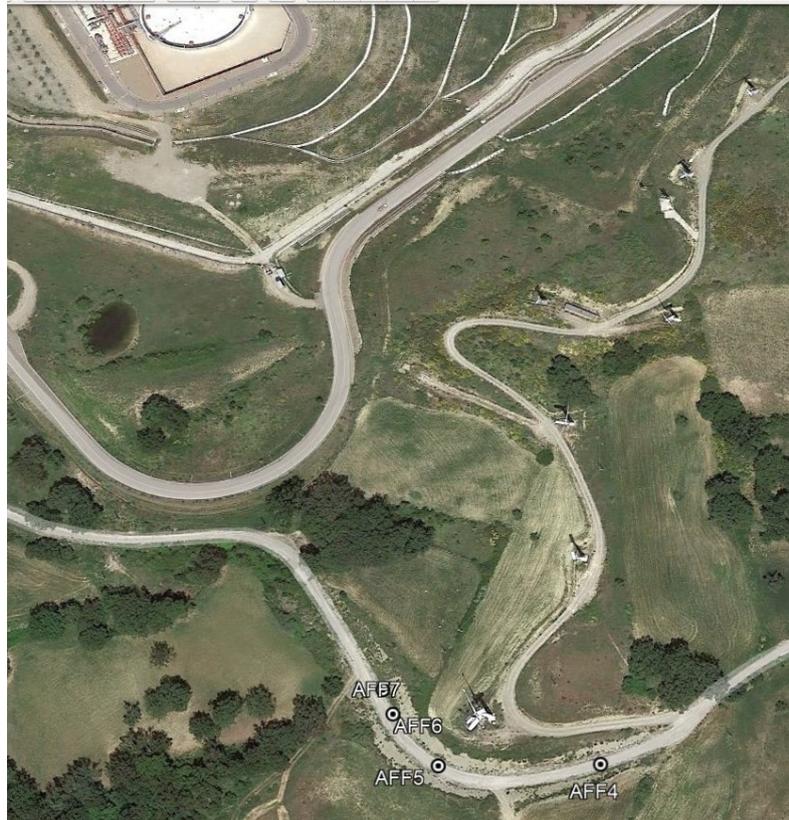


Fig. 2.1.2 – Ubicazione degli affioramenti studiati lungo la strada a sud del centro olio Tempa Rossa (vedi fig. 2.1.1).



Fig. 2.1.3 – Ubicazione degli affioramenti studiati lin località cava Petrini e aree circostanti (fig. 2.1.1).

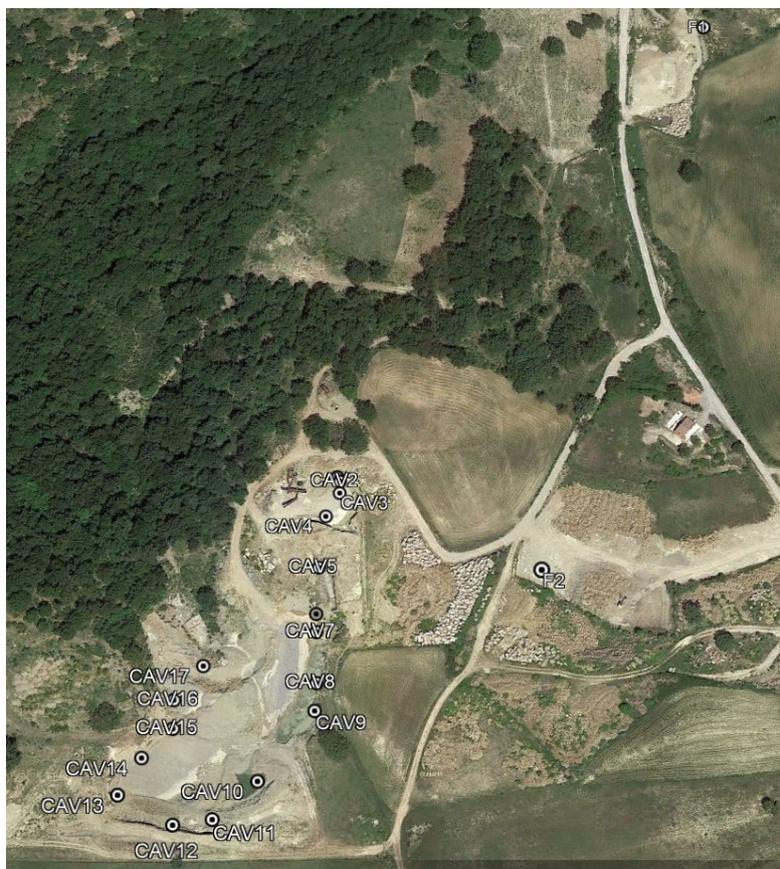


Fig. 2.1.3 – Ubicazione degli affioramenti studiati nell’area della Cava Alianelli (vedi fig. 2.1.1).



Fig. 2.1.4– Ubicazione degli affioramenti studiati nell’area della Cava Toce (vedi fig. 2.1.1).

Nell’area di studio sono presenti le argille varicolori inferiori del Cretaceo inferiore (Ogniben, 1969), lungo il settore meridionale dell’area, e diffuse coperture antropiche probabilmente associate alla coltivazione della cave presenti, allo scavo dei saggi di cava e alla realizzazione della rete stradale e degli impianti industriali. Tali coperture, denominate come “terreno di riporto” non sono state cartografate nella carta geologica (ALLEGATO II), in quanto poco significative per la caratterizzazione degli assetti stratigrafici e strutturali dell’area di studio. Differentemente, queste sono cartografate e descritte nella Relazione Geomorfologica e relativi allegati.

Infine, nel corso del presente studio, sono state effettuate 14 stazioni di misura strutturale focalizzate all’analisi quantitativa della fratturazione (ALLEGATO III – Schede Strutturali) e, ove possibile, alla raccolta di dati giaciture e cinematici delle zone di faglia affioranti. Questo ha permesso di analizzare con metodi statistici i parametri principali delle fratture affioranti quali giacitura delle principali famiglie, valori di intensità di frattura monodimensionale, P10, e bidimensionale, P21, valori di densità di frattura bidimensionale, P20, e lunghezza caratteristica in corrispondenza delle singole stazioni di misura.

2.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area di studio ricade nella Basilicata centro-meridionale, pochi chilometri a nord-ovest dell'abitato di Gorgoglione (MT), tra le valli del fiume Agri e del fiume Cavone. La superficie di rilevamento si estende lungo una fascia di circa 6 kmq, orientata all'incirca N-S, e comprende il settore a sud del Centro Olio Tempa Rossa nell'intorno del pozzo GG3 (fig. 2.2.1) in un intervallo altimetrico compreso tra circa 597 m e circa 1083 m (si rimanda alla Carta Geologica, ALLEGATO II). Per il rilevamento geologico, come base topografica è stata utilizzata la Cartografia Tecnica Regionale (CTR) della Basilicata (<https://rsdi.regione.basilicata.it/dbgt-ctr/>).

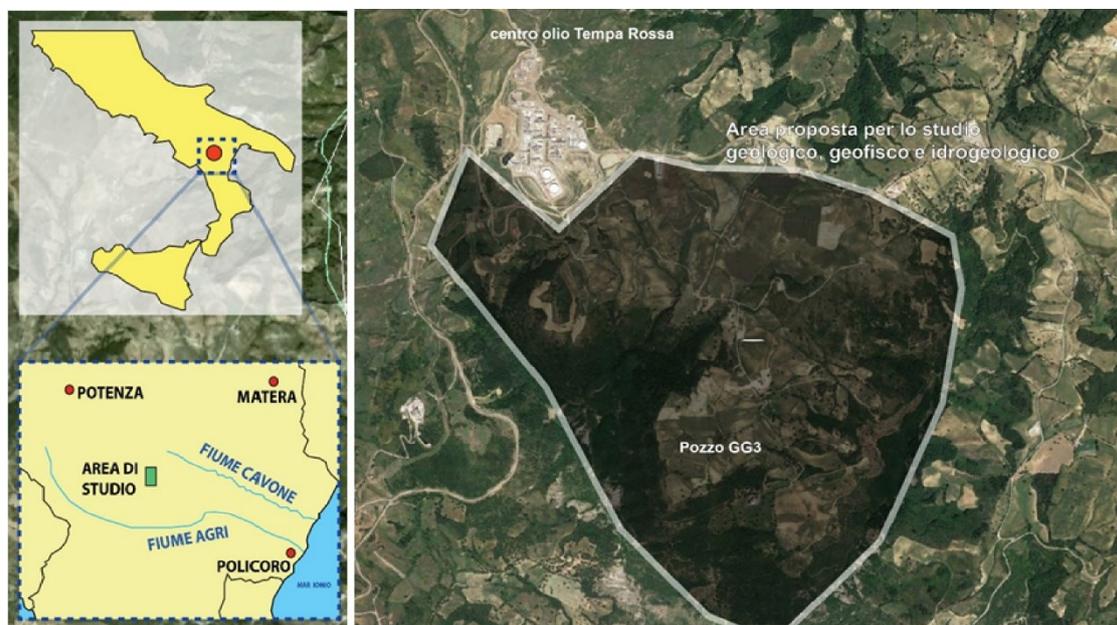


Fig. 2.2.1 – Inquadramento geografico e area di rilevamento (delimitata dalla linea bianca sull'immagine di Google Earth) corrispondente a quella indicata nella proposta progettuale per lo studio geologico, geofisico e idrogeologico.

Geologicamente, l'area di studio è ubicata nel settore esterno dell'Appennino meridionale (fig. 2.2.2), la quale consiste in una catena a pieghe e sovrascorrimenti, con direzione di trasporto NE, strutturata nell'arco temporale compreso tra l'Oligocene sup. – Miocene inf. e il Pleistocene (Scandone, 1972; Mostardini & Merlini, 1987; Bonardi et al., 1988; Piedilato & Prosser, 2005; Patacca & Scandone, 2007; Vezzani et al., 2010).

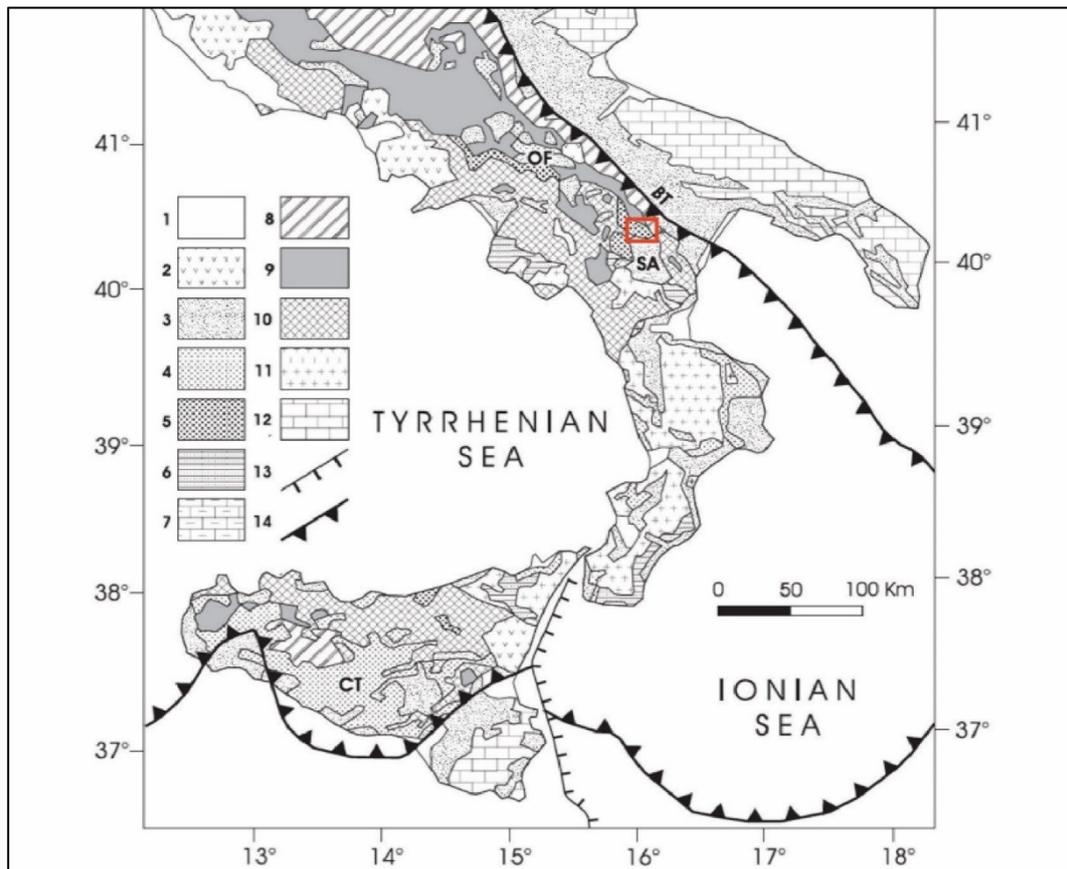


Fig 2.2.2 – Carta geologica schematica dell'Appennino meridionale, modificata da Patacca & Scandone (2004).

Di seguito si riporta la didascalia originale:

1 Lagonegro Continental and subordinate shallow-marine deposits (upper Pleistocene-Holocene). 2 Volcanites and volcanoclastites (Middle Pleistocene-Holocene). 3-6 Upper Oligocene to Pleistocene thrust-top deposits, Plio-Pleistocene deposits and subordinate volcanites: 3 Plio-Pleistocene; 4 Upper Tortonian lower Pliocene; 5 Langhian-Tortonian; 6 Upper Oligocene-lower Miocene. 7-11 Tectonic units of the Southern Apenninic Arc, arranged according to the time of incorporation in the mountain chain: 7 Plio-Pleistocene units; 8 Messinian units; 9 Tortonian units; 10 Burdigalian-Langhian units; 11 Cretaceous-Paleogene units; 12 Pre-Pliocene carbonates in the Apulia and South-Sicily foreland areas. 13 Major extensional features in the Eastern Sicily offshore. 14 Quaternary thrust front in the Apennines, Calabrian Arc and Sicily. BT: Bradano Trough. CT: Caltanissetta Trough. OF, Sa Ofanto and Sant'Arcangelo synforms.

L'Appennino meridionale è composto da unità stratigrafico-strutturali provenienti dalla chiusura di un paleo-oceano Meso-Cenozoico, il bacino tetideo, all'interno del quale si alternavano piattaforme carbonatiche e bacini di mare profondo. Il quadro paleogeografico precedente alla deformazione oligocenica comprendeva, da ovest verso est, la presenza dei seguenti domini: (i) Bacino Liguride, (ii) Piattaforma Campano-Lucana, (iii) Bacino Lagonegrese e (iv) Piattaforma Apula (Patacca & Scandone, 2007). Durante l'evoluzione tettonica della catena appenninica, la sedimentazione sin-orogena è avvenuta all'interno di diversi bacini sedimentari coinvolti successivamente nella deformazione contrazionale.

I terreni affioranti nell'area di studio appartengono, perlopiù, alla formazione torbiditica arenaceo-pelitica e pelitico-arenacea nota in letteratura come Flysch di Gorgoglione (Langhiano-Tortoniano) (Vezzani, 1968; Boenzi & Ciaranfi, 1970; Ciaranfi, 1970; 1972). Il paleo-dominio deposizionale del Flysch di Gorgoglione era collocato all'interno di uno dei bacini sedimentari formati durante un'importante fase tettogenetica langhiana. Tali bacini, complessivamente raggruppati con il nome di Bacino Irpino (Cocco et al., 1972; Pescatore, 1978), erano caratterizzati dai seguenti elementi distintivi quali la forma ellittica, con assi maggiori orientati circa NO-SE, l'evoluzione regressiva delle successioni sedimentarie presenti al loro interno e la eterogeneità del bedrock (roccia alla base delle successione sedimentaria) che tali successioni ricoprivano. Infatti, i bacini sedimentari più interni, posti a occidente, erano di tipo *thrust-top*, comprendevano cioè le unità tettoniche mesozoiche come substrato. Le successioni sedimentarie più interne, occidentali, hanno, quindi, ricoperto i terreni alloctoni coinvolti nella tettogenesi appenninica. Differentemente, i bacini sedimentari esterni, ubicati al fronte della catena, erano di tipo *foredeep*, avanfossa. Le successioni sedimentarie deposte al loro interno poggiano sui calcari della Piattaforma Apula inarcati. Infine, altri bacini più esterni, ad est dei calcari apuli inarcati, denominati di tipo *foreland*, avampaese, hanno ricoperto i calcari della Piattaforma Apula poco deformati (Pescatore & Senatore, 1986; Pescatore, 1992). I bacini di *foredeep*, avanfossa, profondi con depocentri localizzati lungo i margini occidentali, hanno dato luogo alla formazione di potenti successioni sedimentarie, mentre i bacini di *foreland*, avampaese, erano caratterizzati da profondità esigue e, quindi, hanno permesso la deposizione di successioni poco potenti. Nel, tempo, l'intero sistema di bacini di *thrust-top*, *foredeep* e *foreland* è migrato verso est congruamente con la migrazione della Catena Appenninica e, quindi, con la direzione di trasporto tettonico delle falde orogeniche.

Per quanto riguarda il Flysch di Gorgoglione, come già detto affiorante diffusamente all'interno dell'area di studio, essendo nota la discordanza con le unità strutturali poste al letto, più antiche e già deformate al momento della sua deposizione, viene interpretato come il riempimento di un bacino di *thrust-top* (Pescatore & Senatore, 1986; Pescatore, 1992). La successione del Flysch di Gorgoglione è stata deposta dopo che le sottostanti coltri alloctone avevano già incluso la Piattaforma Campano-Lucana e il margine occidentale del Bacino di Lagonegro all'interno della catena a pieghe e sovrascorrimenti. Questo ha dato luogo alla formazione del bacino di sedimentazione miocenica. La sedimentazione nell'intero Bacino Irpino è poi terminata definitivamente nel Tortoniano inferiore a causa di una nuova fase tettonica (Pescatore, 1978).

Successive fasi deformative contrazionali hanno infine trasportato le coltri sedimentarie del Bacino Irpino – e, quindi, quelle inerenti il Flysch di Gorgoglione – nella attuale collocazione geografica.

Durante la deposizione, il bacino sedimentario era suddiviso in due depocentri principali, i quali erano probabilmente separati da una dorsale strutturale orientata in direzione NO-SE (Loiacono, 1983). I depositi del depocentro nord-orientale, quello più estesi e che comprendono l'area di studio, oggi affiorano nelle aree di Albano (PZ), Castelmezzano (PZ) e Trivigno (PZ) fino a sud-est dell'abitato di Gorgoglione (MT). I depositi del depocentro sud-occidentale, più limitati arealmente, sono oggi affioranti in un'area compresa tra il comune di Viggiano (PZ) e il comune di Armento (PZ).

Si nota come nella porzione meridionale dell'area di studio, al tetto della faglia trastensiva con direzione ONO-ESE (Caputo & Salviulo, 2005), affiorano le argille varicolori inferiori di derivazione Sicilide. Trattasi di argille e argille marnose di colore rosso, verde e verde scuro intensamente tettonizzate. All'interno di queste argille si rinvengono spesso intercalazioni di calcilutiti, calcari marnosi, siltiti e, raramente, arenarie fini formanti interstrati di spessore centimetrico. L'età delle argille varicolori è stata attribuita al Cretaceo inferiore (Ogniben, 1969). Come riportato nella Carta Geologica del Flysch di Gorgoglione (Giannandrea et al., 2009) e nella Carta Geologica d'Italia 1:50.000 (<https://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/>), le argille varicolori inferiori sono ricoperte stratigraficamente dalla Formazione di Monte Sant'Arcangelo del Cretaceo superiore-Eocene (Selli, 1962).

2.3 ANALISI STRATIGRAFICA

Seppure con variazioni modali, la successione del Flysch di Gorgoglione è caratterizzata dall'alternanza di arenarie (talvolta conglomerati) e peliti. Sensus Mutti & Normark (1987), l'intero corpo sedimentario è da considerarsi un complesso torbidityco ("turbidite complex"), il quale raggiunge lo spessore di circa 1200 m in corrispondenza dei principali depocentri (Loiacono, 1993). Alla luce dei caratteri sedimentologici e stratigrafici, la frazione più grossolana (arenarie/conglomerati), a composizione arcossico-litica, è facilmente attribuibile a processi di natura gravitativa (Vezzani, 1968; Ciaranfi, 1970; Loiacono, 1981; 1993). Allo stesso modo, anche la frazione pelitica può essere riferibile a correnti torbidityche che hanno coinvolto materiale più fine come desunto sulla base della loro composizione, tessitura e granulometria (Pescatore et al., 1980a, 1980b; Dell'Anna et al., 1988). Le peliti consistono in silt argillosi (Shepard, 1954) e, perlopiù, contengono minerali argillosi quali illite, smectite e clorite (Cavalcante et al., 2015).

Studi precedenti inerenti la direzione delle paleo-correnti (Loiacono, 1975) hanno messo in evidenza un flusso per la maggior parte orientato in direzione NO-SE, parallelo quindi all'asse maggiore dell'ellisse rappresentante il bacino sedimentario e alla dorsale che separava i due principali depocentri sedimentari. Flussi minori provenienti da ovest sono stati anche documentati dal medesimo autore. Tale modalità di circolazione interna ha quindi determinato una distribuzione delle facies sedimentarie così suddivisa per il depocentro nord-orientale: facies arenacee dominanti nelle aree settentrionali, facies pelitiche dominanti in quelle meridionali, inclusa quindi l'area oggetto del presente studio.

Per quanto riguarda le sequenze deposizionali, cioè le successioni di strati sedimentari, Ciaranfi (1970) ne ha riconosciuto 3 diverse di seguito riassunte:

- **(a) Sequenza arenaceo-conglomeratica:** banchi di arenarie da 2 m a 20 m di spessore, con sottili intervalli (massimo di 15 cm) di marne siltose. Talvolta le arenarie sono intercalate a livelli di conglomerati poligenici.
- **(b) Sequenza arenaceo-marnosa:** alternanza di strati arenacei (spessore da 20 cm a massimo 150 cm) e pelitici. Alla base degli strati arenacei più spessi, a luoghi si rinvencono orizzonti conglomeratici.

- (c) *Sequenza siltoso-marnoso-arenacea*: fitta alternanza di strati sottili, di spessore variabile da 2 a 20 cm, di arenarie, siltiti, marne e argille, con separazione netta tra gli orizzonti e senza strutture sedimentarie.

In particolare, studiando una sezione di circa 1200 m di lunghezza ubicata ad est dell'area di rilevamento (procedendo dalla Fiumara di Gorgoglione in direzione Tempa Aria la Croce), il suddetto autore ha riconosciuto dal basso verso l'alto la seguente disposizione delle sequenze (a), (b) e (c):

(c) 503 m

(b) 398 m

(a) 43 m

(b) 123 m

(a) 118 m

Secondo il medesimo autore, dunque, nella zona del paese di Gorgoglione (MT) e nelle aree circostanti la porzione superiore della formazione, è composta dalla sequenza (c), caratterizzata da una stratificazione molto sottile. Successivamente, un altro autore ha proposto uno schema stratigrafico di dettaglio dell'intera successione del Flysch di Gorgoglione (Loiacono, 1993).

In tale schema, i due principali stadi deposizionali sono stati descritti come segue:

- a) *STADIO INFERIORE*: arenarie e conglomerati lateralmente discontinui, a geometria lenticolare, i quali ricoprono in discordanza il substrato alloctono. Tali successioni sono interpretabili come riempimento di irregolarità, probabilmente strutturali, dell'antico fondo del bacino. La tendenza complessiva è di tipo *fining upward*, caratterizzata, quindi, da una riduzione della granulometria verso l'alto della successione. Lo stadio inferiore termina, verso l'alto, con un corpo tabulare arenaceo-conglomeratico continuo lateralmente per oltre 25 km. Nell'area del paese di Gorgoglione (MT), tale strato ha uno spessore di circa 20 m, è caratterizzato da una base erosiva e, verso l'alto, passa gradualmente a facies caratterizzate da strati sottili con grana fine.
- b) *STADIO SUPERIORE*: alla base è caratterizzato da una successione di strati sottili, lateralmente continua, la quale nella zona del paese di Gorgoglione (MT) e nelle aree circostanti ha una granulometria pelitico-arenacea. Talvolta, si ha la presenza di slump.

Procedendo stratigraficamente verso l'alto, in corrispondenza degli abitati di Pietrapertosa (PZ) e Castelmezzano (PZ), un potente corpo arenaceo poggia sul riempimento associato alla precedente facies. Lo spessore di queste arenarie diminuisce verso sud, fino a chiudersi lateralmente. Al di sopra di queste si rinvengono facies eterolitiche formate da pacchi di strati sottili arenacei e pelitici, arenarie medie e grossolane di spessore metrico, gradate e laminate, strati lenticolari arenaceo-conglomeratici con spessore massimo di 5 m e, infine, intervalli caotici slumpizzati affioranti lungo la parte meridionale del bacino. Le suddette facies eterolitiche affiorano estesamente all'interno dell'area di studio.

Le descrizioni appena citate risultano utili per identificare i principali litosomi della formazione, ma il dettaglio a cui è stato condotto il rilevamento per il presente lavoro ha richiesto una classificazione delle facies più aderente al contesto locale. Si è infatti notata una fitta variabilità verticale nello spessore e nel rapporto tra strati pelitici e arenacei. Sulla base delle osservazioni di campo, si è quindi proceduto con la seguente classificazione dei litotipi affioranti (si rimanda alla Carta Geologica, ALLEGATO II):

2.3.1 LITOFACIES A (PELITICO-ARENACEA)

La maggior parte delle rocce affioranti e del substrato, nell'area di studio, appartengono a questa Litofacies. È costituita da alternanze di strati pelitici e arenacei di spessore variabile da 1 cm a 20 cm (più raramente è possibile incontrare strati arenacei di qualche decimetro). Gli strati pelitici sono in gran parte siltosi, spesso hanno struttura a scaglie e, più raramente, scistosa. Il colore varia da verde sbiadito ad azzurro opaco. Questi strati vengono facilmente dilavati e tendono quindi a ricoprire quelli arenacei, rendendone talvolta impegnativa la misura degli spessori dei singoli strati. Gli strati arenacei sono di color grigio scuro al taglio fresco, ma appaiono sempre in alterazione con tonalità variabili dal beige all'ocra. La granulometria varia perlopiù da fine a media. Tra le strutture sedimentarie, sono presenti laminazioni parallele e incrociate a basso e ad alto angolo, al tetto si riconoscono a volte increspature a morfologia concavo-convessa, mentre alla base sono spesso presenti impronte erosive di fondo quali *flute cast* e *groove cast*.

La *Litofacies A* viene divisa in due subfacies, in base alle abbondanze relative di arenaria e pelite:

- *Subfacies A1* (fig. 2.3.1.1): proporzioni arenaria:pelite (a:p) \leq 1:3; affiora in versanti spesso caratterizzati da protocalanchi siltoso-argillosi. Questa subfacies risulta essere affiorante

lungo tutto il settore settentrionale dell'area di studio. E' caratterizzata da variazioni verticali significative del rapporto a:p (vedi schede affioramento), mostra un blando piegamento con asse sub-orizzontale ca. NE-SO (vedi fig. 2.4.2) e, spesso, è caratterizzata da silt e argilla dilavata che ricopre gli interstrati arenacei.

- *Subfacies A2* (fig. 2.3.1.2): proporzioni arenaria:pelite (a:p) variabili da 1:1 a 1:3; questa si riconosce lungo il taglio stradale ubicato a sud del Centro Olio Tempa Rossa e in orizzonti metrici non riportati nella carta geologica (ALLEGATO II). Infatti, la subfacies A2 affiora in corrispondenza di alcuni fossi in erosione dove, spesso, forma fasce acclivi con stratificazione netta e distinguibile anche da remoto. Per dettagli, consultare le schede affioramento (ALLEGATO I).

La subfacies A1 risulta essere largamente diffusa all'interno dell'area di studio. Essa è affiorante sia nel settore settentrionale che in quello meridionale. In quest'ultimo, la subfacies A1 affiora al letto della faglia trastensiva con direzione ONO-ESE che la mette in contatto con le argille varicolori inferiori di pertinenza Sicilide. Differentemente, come già detto, la subfacies A2 affiora principalmente nel settore NO dell'area, a sud del Centro Olio Tempa Rossa, dove forma una lente di spessore decametrico (ALLEGATO II).



Fig. 2.3.1.1 – Litofacies A, subfacies A1.



Fig. 2.3.1.2 – Litofacies A, subfacies A2.

2.3.2 LITOFACIES B (ARENACEO-PELITICA)

La Litofacies B è caratterizzata da un rapporto tra arenaria:pelite (a:p) > 1:1 (fig. 2.3.2.1). Gli strati arenacei hanno colori che vanno dall'ocra al grigiastro, sono ben distinti da quelli pelitici mediante

superficie basale erosiva. La Litofacies B forma una moderata discordanza angolare con la Litofacies A al tetto (fig. 2.3.2.2) e al letto. Le arenarie della Litofacies B hanno uno spessore variabile da qualche decimetro a circa 2,4 metri. Queste rocce possono contenere, in corrispondenza della porzione basale dei singoli strati, *rip-up clasts* dovuti ad erosione dei livelli pelitici sottostanti. Gli strati sono, per lo più, normalmente gradati. Tra le strutture sedimentarie si riconoscono inoltre laminazioni piano parallele e incrociate, *flute cast* (fig. 2.3.2.3), *groove cast* e tracce di bioturbazione come *Paleodictyon*, tubi di organismi fossori ed altre impronte di pascolo (fig. 2.3.2.4). Gli strati pelitici sono di solito verdastri, scagliettati o laminati e non più spessi di una decina di centimetri. Talora, come riportato nei log stratigrafici e nelle schede dei singoli affioramenti, all'interno di questa Litofacies si rinvengono intervalli metrici pelitico-arenacei (Litofacies A) appartenenti, perlopiù, alla subfacies A1. In virtù dei suddetti spessori e, al contempo, non essendo possibile documentare in campagna la continuità laterale di tali intervalli, essi non sono riportati nella carta geologica (vedi ALLEGATO II).

Geometricamente, i corpi arenacei risultano essere poco estesi lateralmente, mentre il loro contatto basale è generalmente erosivo. Come già riportato nel testo, in campagna sono documentate le discordanze angolari (ca. 10-15 gradi) che le arenarie della Litofacies B formano con la Litofacies A (pelitico-arenacea). La geometria lenticolare concavo-piana dei corpi arenacei può essere osservata in varie sezioni. Queste indicazioni mostrano chiaramente la natura lenticolare della Litofacies B, che può quindi essere interpretata come insieme di canali poco profondi e lateralmente poco estesi, i quali risultano essere presenti, a più altezze, all'interno della sequenza pelitico arenacea.



Fig. 2.3.2.1 – Litofacies B.



Fig. 2.3.2.2 – Contatto discordante tra Litofacies B e Litofacies A (sopra).



Fig. 2.3.2.3 – Flute cast, docce di erosione sul letto dello strato.



Fig. 2.3.2.4 – Paleodictyon, impronte fossili sul letto dello strato.

Le sezioni stratigrafiche sono state eseguite in corrispondenza delle tre cave presenti all'interno dell'area di studio (vedi fig. 2.1.1) e di affioramenti ubicati a sud del Centro Olio Tempa Rossa (vedi fig. 2.1.2) e a nord della Cava Petrini (vedi fig. 2.1.3). Gli affioramenti in cava hanno permesso di studiare l'architettura stratigrafica di porzioni inerenti la Litofacies B (arenaceo-pelitica), mentre gli altri sono stati selezionati per documentare la stratigrafia delle subfacies A1 e A2. I log stratigrafici realizzati attraverso la dettagliata analisi di campagna sono riportati nelle sottostanti figure (2.3.2.5 – 2.3.2.9).

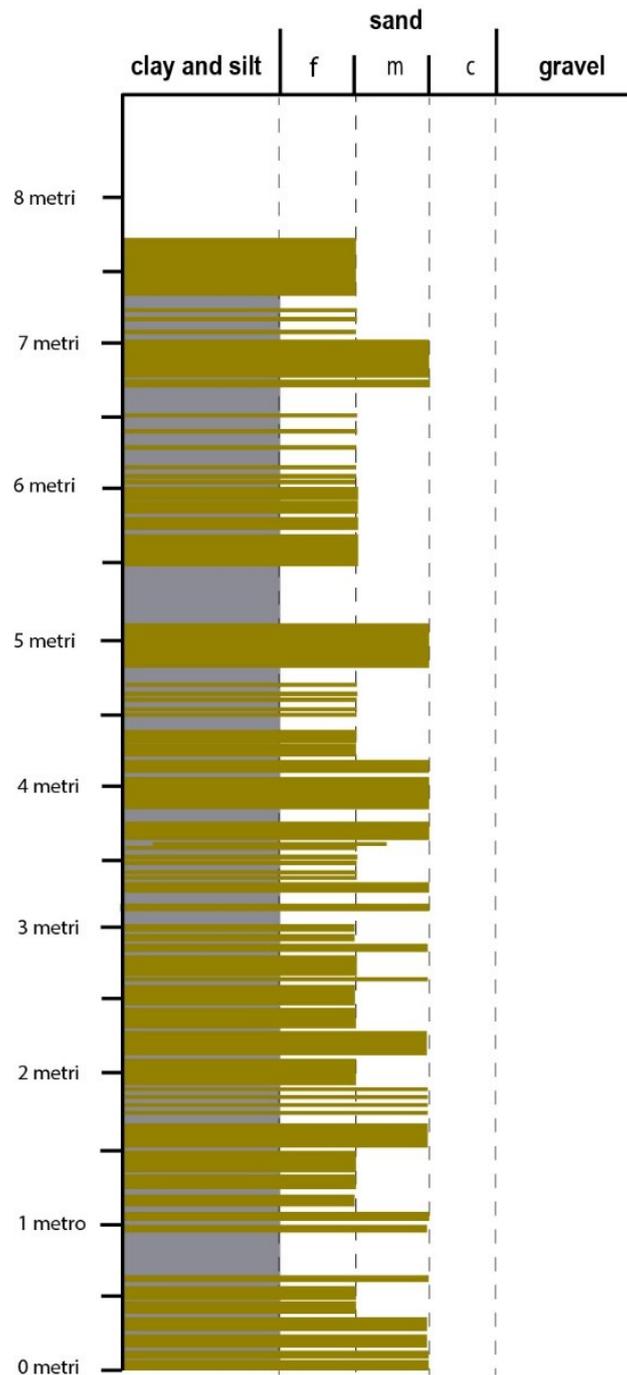


Fig. 2.3.2.5 – Log stratigrafico della litofacies B affiorante all’interno della porzione sommitale della Cava Toce (vedi fig. 2.1.1.1). In legenda, la granulometria inerente le sabbie è suddivisa in fine (*fine*, f), media (*medium*, m) e grossolana (*coarse*, c).

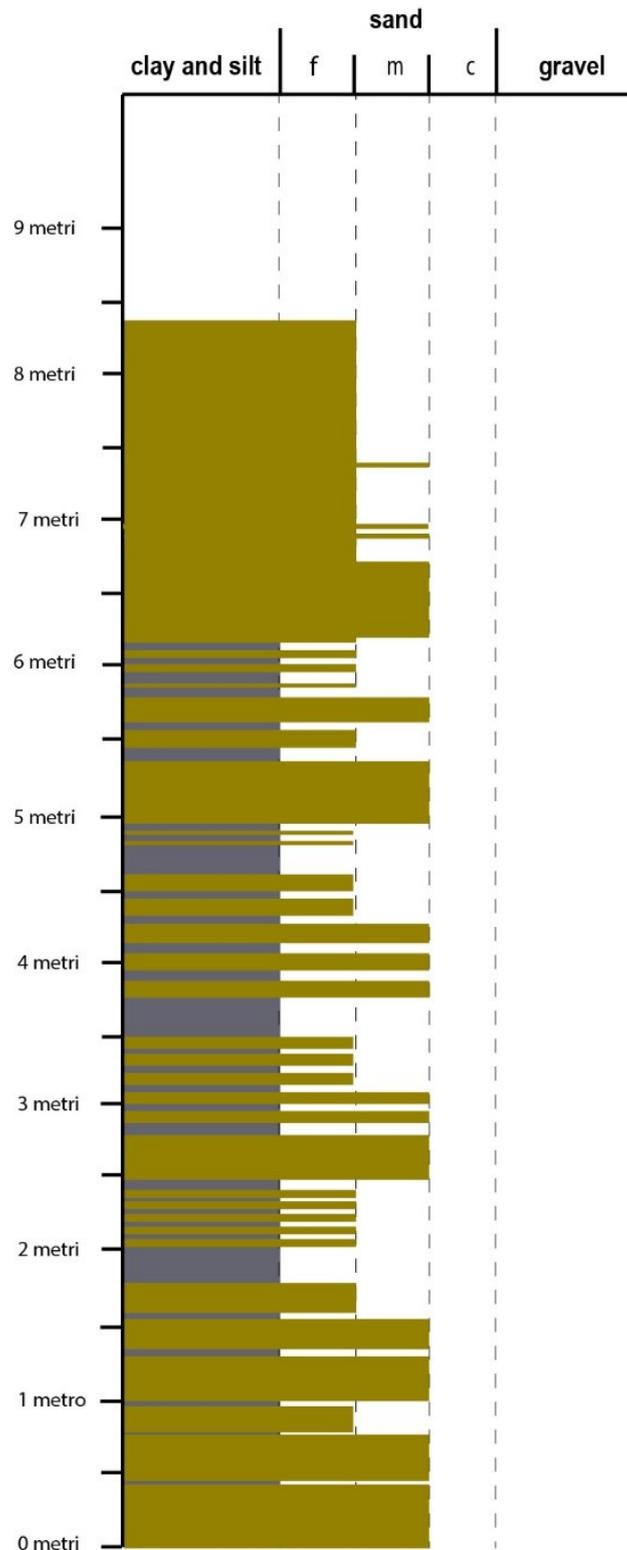


Fig. 2.3.2.6 – Log stratigrafico della litofacies B affiorante all’interno della porzione sommitale della Cava Alianelli (vedi fig. 2.1.1.1). In legenda, la granulometria inerente le sabbie è suddivisa in fine (*fine*, f), media (*medium*, m) e grossolana (*coarse*, c).

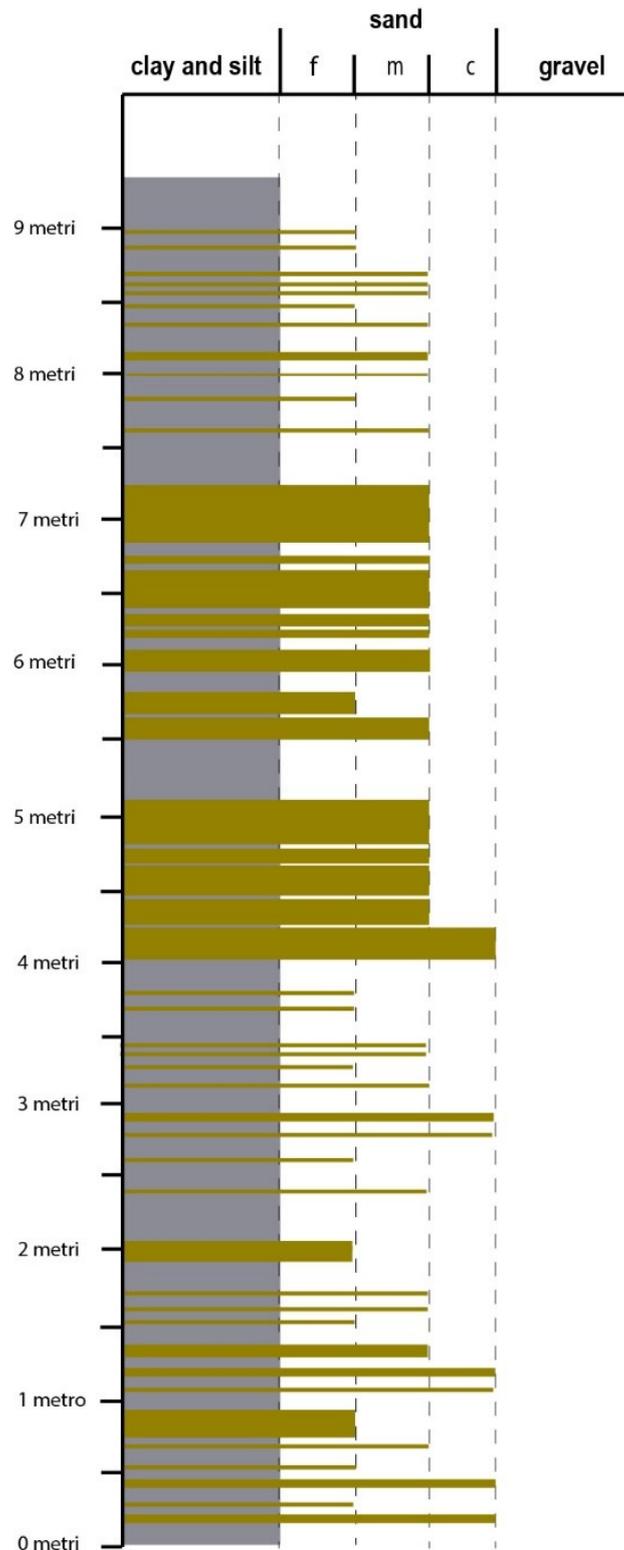


Fig. 2.3.2.7 – Log stratigrafico della litofacies B affiorante all’interno della porzione sommitale della Cava Petrini (vedi fig. 2.1.1.1). Il log è stato eseguito in corrispondenza di alcune affioramenti dove si riscontra la presenza d’intercalazioni della litofacies A, subfacies A1. Queste sono riportate nella porzione basale e al top della successione analizzata. In legenda, la granulometria inerente le sabbie è suddivisa in fine (*fine*, f), media (*medium*, m) e grossolana (*coarse*, c).

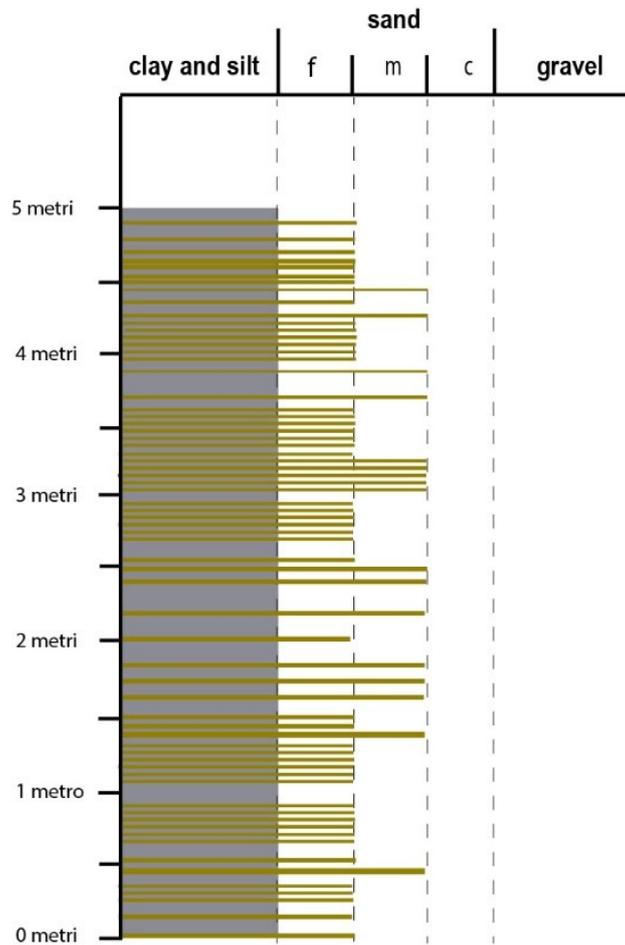


Fig. 2.3.2.8 – Log stratigrafico della litofacies A, subfacies A1, affiorante lungo il taglio stradale ubicato a nord di cava Petrini (vedi figg. 2.1.1.1 e 2.1.1.2). In legenda, la granulometria inerente le sabbie è suddivisa in fine (*fine*, f), media (*medium*, m) e grossolana (*coarse*, c).

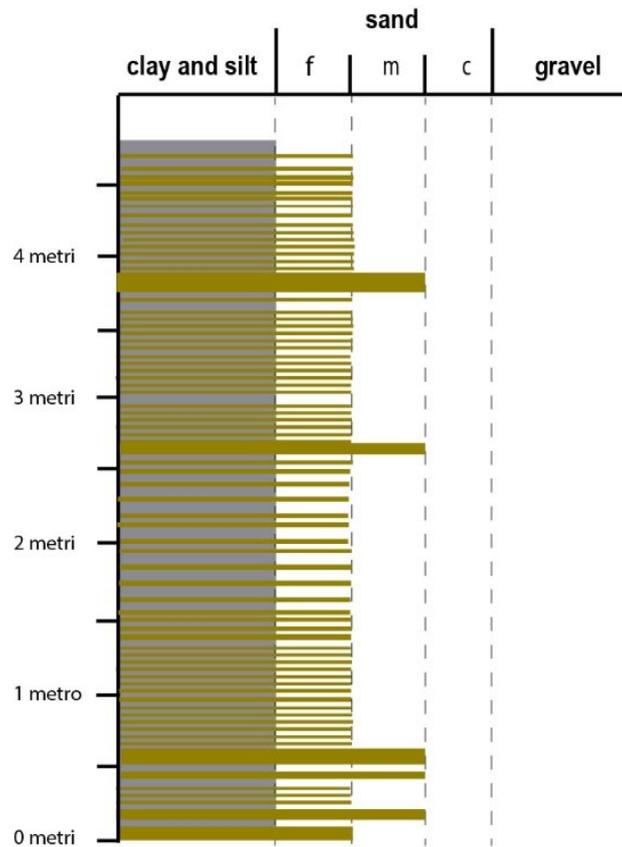


Fig. 2.3.2.9 – Log stratigrafico della litofacies A, subfacies A2, affiorante lungo il taglio stradale ubicato a sud del Centro Olio Tempa Rossa (vedi figg. 2.1.1.1 e 2.1.1.2). In legenda, la granulometria inerente le sabbie è suddivisa in fine (*fine*, f), media (*medium*, m) e grossolana (*coarse*, c).

2.4 ANALISI STRUTTURALE

Le successioni affioranti del Flysch di Gorgoglione sono state messe in posto durante una fase deposizionale associata alla tettonogenesi appenninica. A scala regionale, il Flysch di Gorgoglione è ripiegato, in modo blando, a scala da una sinforme sinclinale asimmetrica avente un'asse con direzione appenninica (NO-SE) ed un fianco sud-occidentale maggiormente inclinato (Piedilato & Prosser 2005; fig. 2.4.1). Tale asimmetria è il risultato della vergenza orientale dei thrust, che hanno inarcato il bacino lungo il suo margine occidentale (Giannandrea et al., 2009).

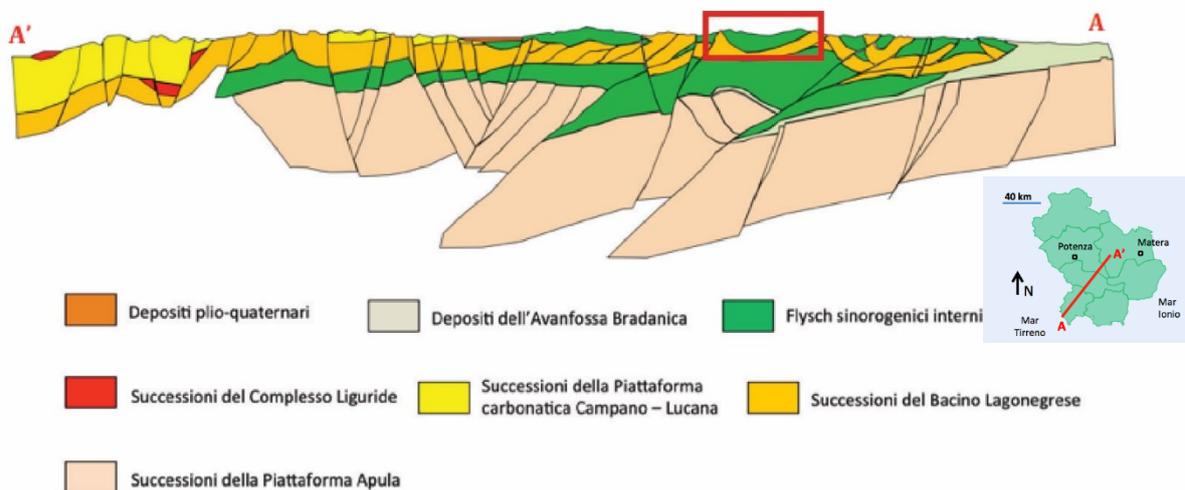


Fig. 2.4.1– Profilo geologico schematico orientato SW-NE (A'-A), passante a nord dell'abitato di Gorgoglione, dove vengono riportate le principali strutture geologiche dell'Appennino meridionale (modificata da Piedilato & Prosser, 2005). La scala orizzontale e quella verticale sono identiche (2 centimetri pari a circa 10 chilometri).

Nell'area di studio, alla macroscale, non si evidenziano zone di faglia di grandi dimensioni se non quelle affioranti lungo il fosso occidentale bordante l'area di studio. Tali faglie, con direzione ca. NE-SO e E-O, hanno un alto angolo d'inclinazione e mostrano rigetti apparenti di tipo estensionale. I siti dove affiorano tali strutture tettoniche sono inaccessibili. A tal riguardo, come riportato nel primo capitolo del presente lavoro, si è proceduto con la raccolta di dati fotografici per riconoscere, in modo indiretto, direzione e inclinazione delle zone di faglia e le componenti di rigetto apparente verticale. Differentemente, a scala dei singoli affioramenti, sono state documentate numerose faglie che ritagliano la Litofacies A (pelitico-arenaceo) oppure la Litofacies B (arenaceo-pelitica). I dettagli sono riportati sulle singole schede di affioramento (vedi ALLEGATO I). Sulla base

dell'analisi delle sezioni geologiche allegate, è stato possibile ricostruire la geometria di una struttura plicativa antiforme anticlinale a scala chilometrica, caratterizzate da angoli d'interlemba di circa 150° e una direzione degli assi di piega con direzione ca. NO-SE (ALLEGATO II). Si rinvennero altresì strutture plicative a scala di affioramento, le quali hanno assi orientati di piega immergenti verso N220E (*trend*) con angoli molto bassi di circa 10° (*plunge*); gli angoli d'interlemba sono superiori a 120° , i piani assiali sub-verticali (Fig. 2.4.2). Non sussistono altre osservazioni, ad esempio sulla simmetria delle pieghe documentate, in grado di associare le pieghe mesoscopiche con quelle a più grande scala (vedi Giannandrea et al., 2009).

Le suddette strutture plicative sono dissecate da set di fratture pervasive con direzione ca. N60E, N120E e N150E e da piccole faglie dirette con direzione ca. N90E, trassensive destre con direzione ca. N60E e trassensive sinistre con direzione ca. N120E. Le faglie, pur avendo rigetti apparenti verticali centimetrici o, talora, decimetrici, contengono al loro interno un cemento di probabile natura quarzosa (fig. 2.4.3). Anche le fratture ad alto angolo rispetto agli strati hanno subito circolazione dei fluidi, come si deduce dagli aloni di alterazione visibili ai bordi delle fessure lungo le superfici di strato.



Fig. 2.4.2 – Piega antiforme anticlinale con asse 220 (plunge) / 10 (trend) affiorante a nord della Cava Petrini.



Fig. 2.4.3 – Faglia trassensiva destra con rigetto decimetrico contenente mineralizzazioni (quarzo?).

Tutte le unità litologiche affioranti nell'area presentano una regolare fratturazione di fondo, costituita da joint (Pollard & Aydin, 1988) e fratture di taglio orientati ad alto angolo rispetto agli strati e compartimentalizzati, perlopiù, all'interno degli strati arenacei. Sulla base delle loro orientazioni, questi sono organizzati in 3 set principali (fig. 2.4.4) orientati rispettivamente ca. ONO-ESE (direzione ca. N120E, best fit 30/81 in DAD), ca. NNO-SSE (direzione ca. N150E, best

fit 60/83 in DAD) e ca. ENE-OSO (direzione ca. N60E, best fit 148/79 in DAD). Spesso, i joint mostrano delle evidenti strutture piumose (figs. 2.4.5 e 2.4.6) e aloni di alterazione associati alla circolazione di fluidi all'interno del mezzo fratturato.

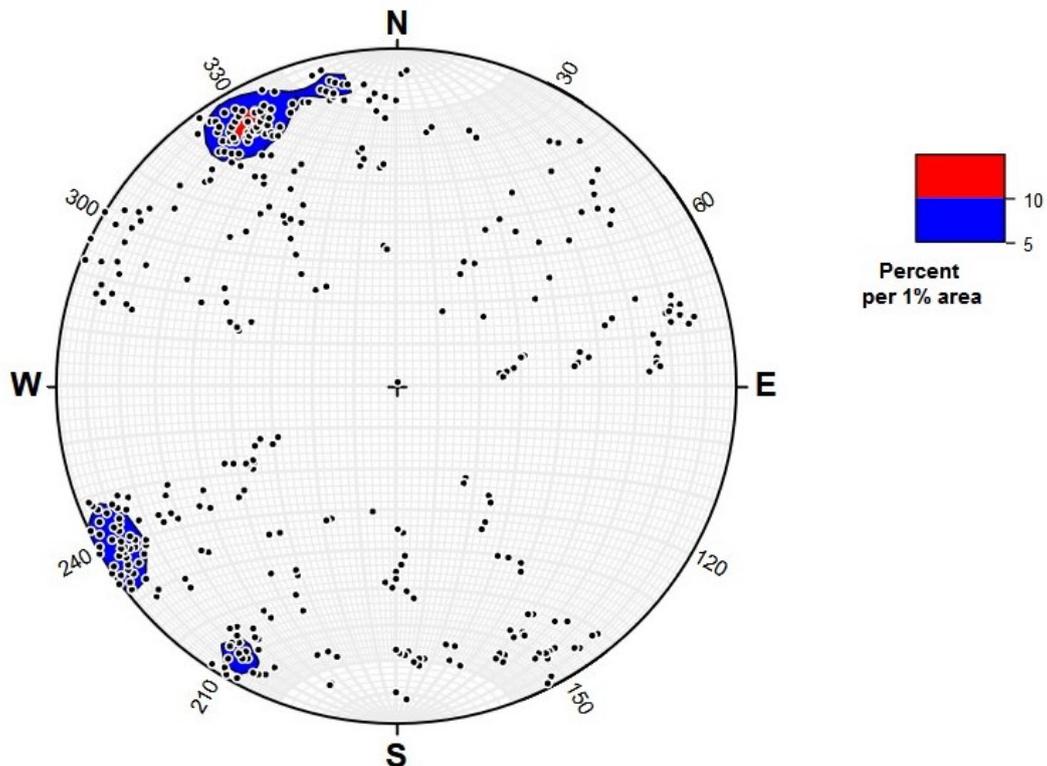


Fig. 2.4.4 – Stereoplot (emisfero inferiore) della densità della distribuzione dei poli dei piani di frattura (n=383) misurati in campagna in corrispondenza degli affioramenti studiati. Il colore blu denota le aree con almeno il 5% di densità dei poli, il colore rosso quelle con almeno il 10% di densità dei poli. Veddi testo per maggiori informazioni.



Fig. 2.4.5– Struttura a piuma osservata in arenarie.



Fig. 2.4.6 – Orlo (*fringe*) di una struttura piumosa in arenarie.

Per quanto concerne lo studio della fratturazione, durante la fase di campagna, è stata misurata l'orientazione delle principali fratture affioranti in corrispondenza di 14 stazioni strutturali di dettaglio (ALLEGATO III). In totale, sono stati acquisiti i parametri principali di 383 fratture ad alto angolo rispetto agli strati mediante la tecnica delle *scan line* lineari (Ortega et al., 2006). Il metodo si basa sulla misura dei seguenti parametri (giacitura, distanza dall'origine, apertura, riempimento ecc.) lungo una cordella metrica stesa parallelamente agli strati (fig. 2.4.7). Poiché i set di fratture paralleli o formanti un basso angolo con la cordella di misura non possono essere scansionati, la scelta degli affioramenti è stata fatta per variare il più possibile l'orientazione dei fronti. Si nota come le misure, tuttavia, sono state rese difficili dalle cattive condizioni di affioramento, legate al dilavamento delle peliti e siltiti, all'alterazione superficiale e alla persistenza millimetrica delle fratture presenti all'interno di queste rocce a grana molto fine.

L'analisi quantitativa della fratturazione è stata inoltre svolta attraverso l'utilizzo del metodo delle scanline circolari, originariamente proposto da Mauldon (1999a, 199b) e, successivamente, modificato da Mauldon et al. (2001) e Rohrbaugh et al. (2002). Tale metodo prevede il conteggio del numero di intersezioni (n) e di terminazioni (m) delle fratture con la circonferenza di un cerchio di raggio noto (fig. 2.4.7). I valori misurati di n e m sono utilizzati per il calcolo dei valori di densità di frattura, $P20$, e di intensità di frattura, $P21$ (ALLEGATO III). $P20$ è espresso in m^{-2} ed esprime, quindi, il numero di fratture presenti all'interno di un dato areale. $P20$ si calcola attraverso l'utilizzo della seguente equazione:

$$P20 = m/2\pi r^2 \quad (1)$$

dove m indica il numero di terminazioni delle fratture presenti all'interno del cerchio di misura e r il raggio del cerchio. $P21$ consiste nella sommatoria della lunghezza delle tracce di frattura all'interno del medesimo areale, si esprime in m^{-1} e, infine, si ottiene utilizzando la seguente equazione:

$$P21 = n/4r \quad (2)$$

dove n indica il numero di intersezioni delle fratture e r il raggio del cerchio. Affinché i valori di $P20$ and $P21$ abbiano un significato dal punto vista statistico, Rohrbaugh et al. (2002) hanno suggerito di utilizzare dei cerchi ampi abbastanza da contenere, almeno 30 terminazioni di frattura. Il raggio dei cerchi utilizzati in questo lavoro varia da 10 a 25 cm. Infine, la lunghezza media delle tracce di frattura misurate utilizzando il metodo delle scanline circolari, L , si calcola attraverso l'utilizzo della seguente equazione:

$$L = \left(\frac{n}{m}\right) * \left(\frac{\pi r}{2}\right) \quad (3)$$

dove n indica il numero di intersezioni delle fratture, m il numero di terminazioni e r il raggio del cerchio. Si nota come la traccia delle fratture misurate è maggiore di 1 centimetro, il quale rappresenta quindi limite di risoluzione delle analisi effettuate in campagna e attraverso l'analisi digitale degli affioramenti.

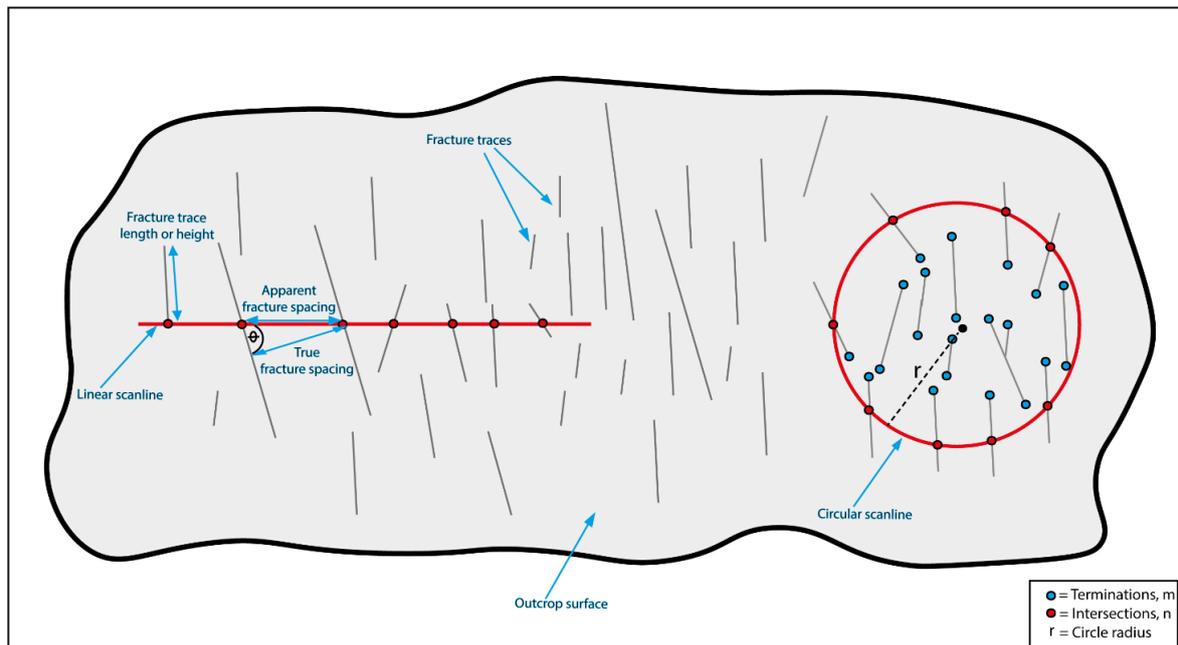


Fig. 2.4.7 – Quadro sinottico semplificato rappresentativo dei parametri misurati in affioramento attraverso le tecniche denominate scanline lineare e scanline circolare. Vedi testo per maggiori informazioni.

Delle 14 stazioni strutturali, 9 sono state eseguite nella facies pelitico-arenacea (Litofacies A), di cui 4 in corrispondenza della subfacies A1 e 5 della subfacies A2, e 5 in quella arenaceo-pelitica (Litofacies B). Per ogni stazione di misura è stata effettuata almeno 1 scanline circolare, e, ove possibile, almeno 1 scanline lineare al fine di caratterizzare ogni unità litostratigrafica in base alla fratturazione. Le schede di sintesi relative ad ogni stazione di misura (ALLEGATO III) riportano i seguenti dati:

- foto affioramento;
- giacitura affioramento;
- latitude e longitudine;
- foto scanline circolare;
- raggio scanline circolare (r);
- dati scanline circolare (n , m , $P20$, $P21$, L);
- foto scanline lineare (se presente);
- giacitura scanline lineare;
- lunghezza scanline lineare;
- spessore strato arenaceo (T);
- dati scanline lineare (N , $P10$).

Le foto delle scanline circolari e lineari riportano i punti delle intersezioni (n) e delle terminazioni (m) delle fratture. Le foto delle scanline lineari riportano invece la traccia delle fratture rilevate. Per quanto riguarda la stazione AFF14, si riportano inoltre i dati raccolti in campagna inerenti la spaziatura delle faglie affioranti.

In dettaglio, sono state eseguite:

- 24 scanline circolari. Di queste, 13 sono state eseguite in corrispondenza della Litofacies A (di cui 6 nella subfacies A1 e 7 nella subfacies A2) e 11 all'interno della Litofacies B.
- 20 scanline lineari in corrispondenza di strati arenacei. Di queste, 5 sono state eseguite all'interno della Litofacies A (di cui 2 nella subfacies A1 e 3 nella subfacies A2) e 15 all'interno della Litofacies B.

Per quanto riguarda i dati di intensità di frattura monodimensionale (P10), quelli raccolti attraverso l'esecuzione di scanline lineari orientate parallelamente agli strati arenacei, essi variano da $1,8 \text{ m}^{-1}$ a $29,1 \text{ m}^{-1}$. All'interno della Litofacies B (punti di colore rosso), i dati indicano una diminuzione dei valori calcolati di P10 con l'aumentare dello spessore degli strati, T (Bai et al., 2000). Infatti, plottando i valori calcolati (P10) e misurati (T), si evince il trend negativo per le misure raccolte lungo gli strati arenacei (fig. 2.4.8). La presenza di *outliers* (vedi aree evidenziate in giallo) determina il basso valore dell'indice di *fitting* dei dati (R^2), il quale è pari a circa 0,3. Differentemente, i dati d'intensità di frattura P10 elaborati per le arenarie presenti all'interno della Litofacies A (punti di colore blu) non mostrano alcuna relazione con lo spessore T degli strati. La fratturazione di quest'ultimi, quindi, non può essere messa in correlazione con i campi di sforzo propagatisi all'interno dei singoli strati arenacei (Bai et al., 2000), bensì con le modalità di deformazione che hanno caratterizzato gli strati pelitico-siltosi (Fossen, 2010).

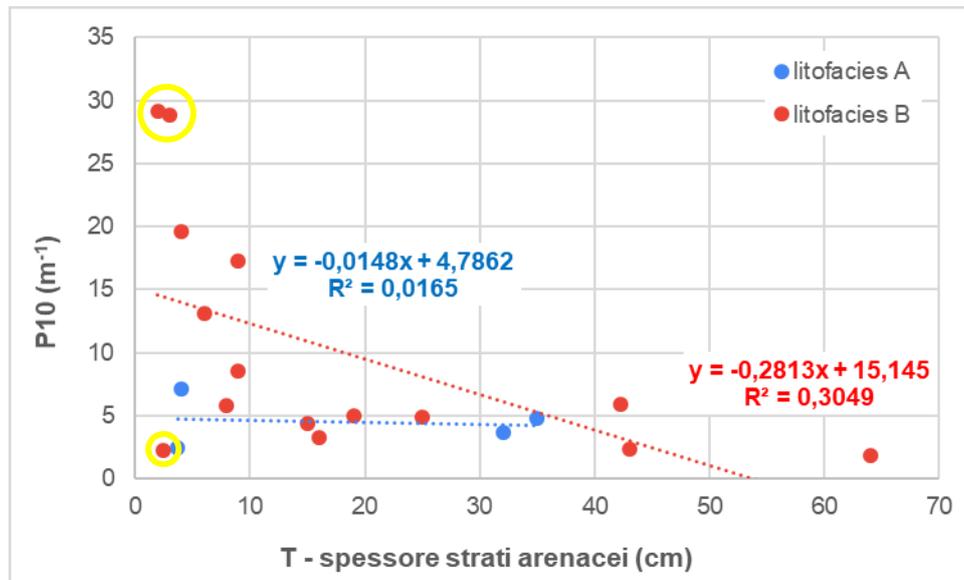


Fig. 2.4.8 – Intensità di frattura P10 vs. spessore degli strati arenacei, T. I dati elaborati per strati arenacei appartenenti alle due diverse litofacies sono distinti tra loro. Vedi testo per maggiori informazioni.

Focalizzando l'attenzione sui bassi valori di *fitting* ottenuti per la Litofacies B, questi non possono essere messi relazione all'orientazione delle scanline lineari eseguite. Infatti, al netto di quelle eseguite all'interno della Litofacies A (direzione N320E, N290E, N170E, N310E, N105E) la direzione (*trend*) delle scanline lineari è uniforme e copre l'intero *range* azimutale (fig. 2.4.9).

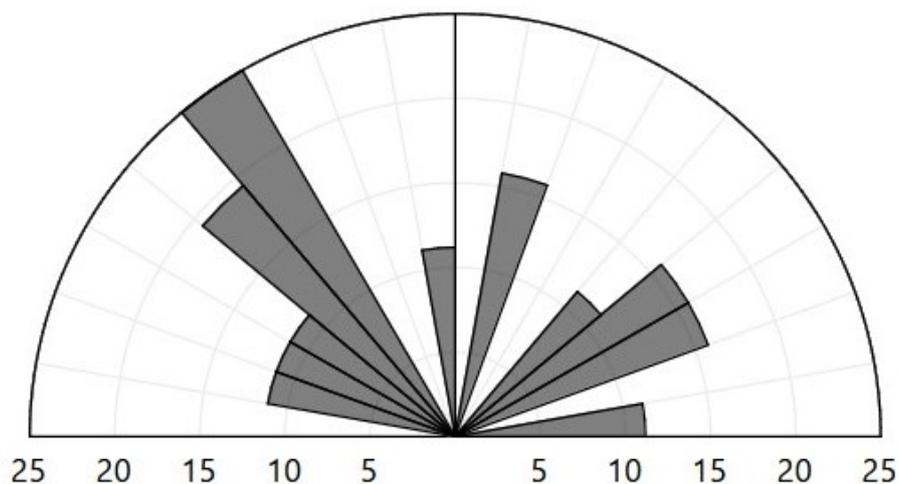


Fig. 2.4.9 – Diagramma a rosa inerente la direzione azimutale di tutte e scanline lineari eseguite nel corso del presente studio. I valori in ascissa sono in % rispetto al numero totale di dati (n=20).

Cionondimeno, considerando il fatto che i valori di P10 siano stati elaborati per tutte le fratture affioranti e non, quindi, specifici per i singoli set di frattura, possiamo dedurre che la distribuzione delle fratture all'interno degli strati arenacei della Litofacies B sia, in parte, attribuibile alla presenza di zone di faglia con rigetti verticali variabili da pochi centimetrici a meno di due metri (non riportate nella Carta Geologica, ALLEGATO II). Queste, infatti, possono aver dato luogo a volumi fratturati localizzati nell'intorno dei piani di taglio principali come, ad esempio, documentato per una faglia normale con direzione E-O affiorante lungo le pareti di Cava Alianelli (fig. 2.4.10).



Fig. 2.4.10 – Faglia con direzione N90E affiorante in cava Alianelli, rigetto verticale centimetrico. Si notano cluster di frattura nell'intorno dei piani di taglio (vedi frecce).

Per quanto riguarda i dati di densità, P20, e intensità, P21, bidimensionale delle fratture affioranti, elaborati, si nota come questi siano notevolmente maggiori in corrispondenza degli strati arenacei appartenenti alla Litofacies A (fig. 2.4.11 e 2.4.12). Anche in questo caso, come nel precedente (vedi fig. 2.4.8), il numero (P20) e la lunghezza complessiva (P21) delle fratture affioranti sono, perlopiù, controllate dai valori misurati in corrispondenza degli strati pelitico-siltosi.

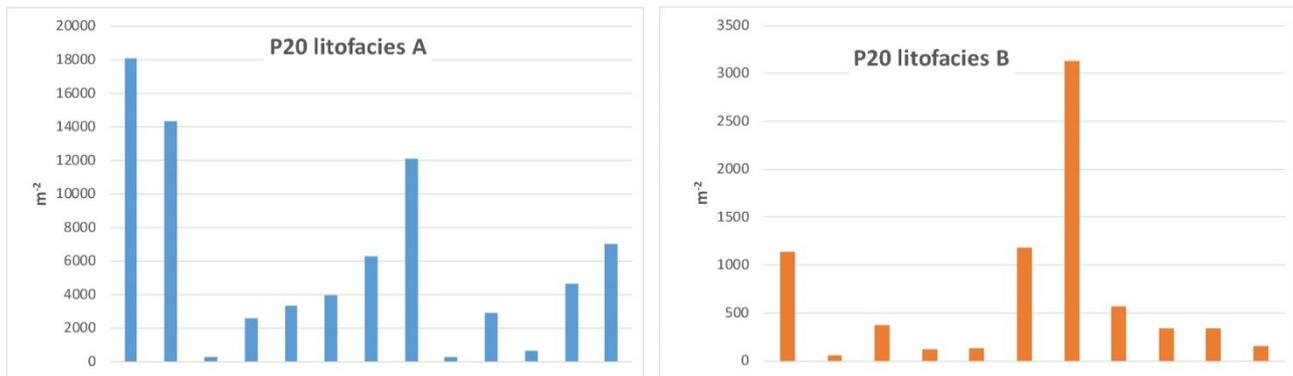


Fig. 2.4.11 – Dati di densità di frattura bidimensionale, P20, ottenuti applicando il metodo delle scanline circolari. Vedi testo per maggiori informazioni.

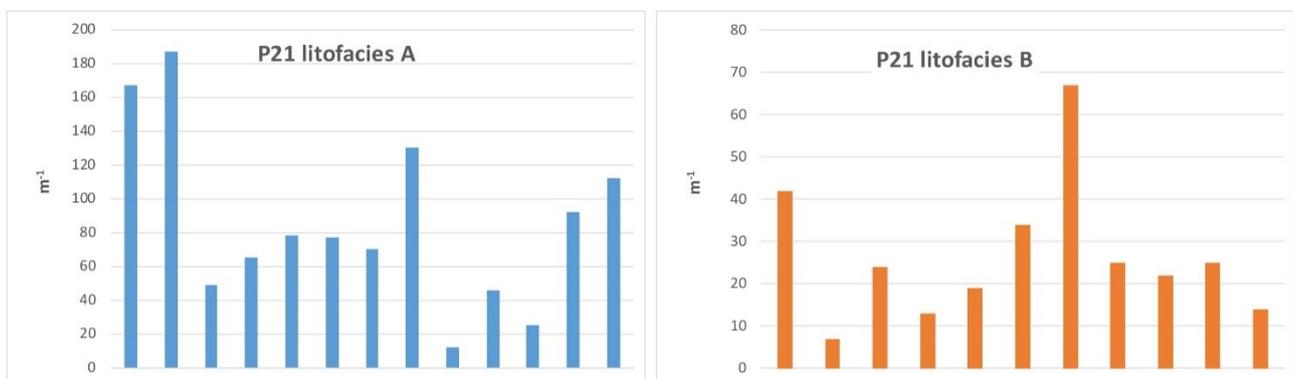


Fig. 2.4.12 – Dati d'intensità di frattura bidimensionale, P21, ottenuti applicando il metodo delle scanline circolari. Vedi testo per maggiori informazioni.

Infine, considerando i dati inerenti il numero d'intersezioni, n , e il numero di terminazioni, m , misurate applicando il metodo delle scanline circolari, la lunghezza caratteristica delle fratture affioranti varia in modo significativo tra le due Litofacies studiate (fig. 2.4.13). Il valore medio ottenuto per le fratture presenti nella Litofacies B (arenaceo-pelitica) è pari a 6,18 cm, mentre quello delle fratture che ritagliano la Litofacies A (pelitico-arenacea) è pari a 2,24 cm. Questo dato inerente la persistenza verticale delle fratture (fig. 2.4.13), unitamente a quelli sopra riportati che riguardano l'intensità monodimensionale delle fratture (P10, fig. 2.4.8), la densità bidimensionale delle fratture (P20, fig. 2.4.11) e l'intensità bidimensionale delle fratture (P21, fig. 2.4.12), permette

di caratterizzare quantitativamente il controllo esercitato dall'architettura stratigrafica delle successioni studiate (rapporto arenarie:peliti, a:p) sui processi di fratturazione associati all'evoluzione diagenetica e tettonica del Flysch di Gorgoglione.

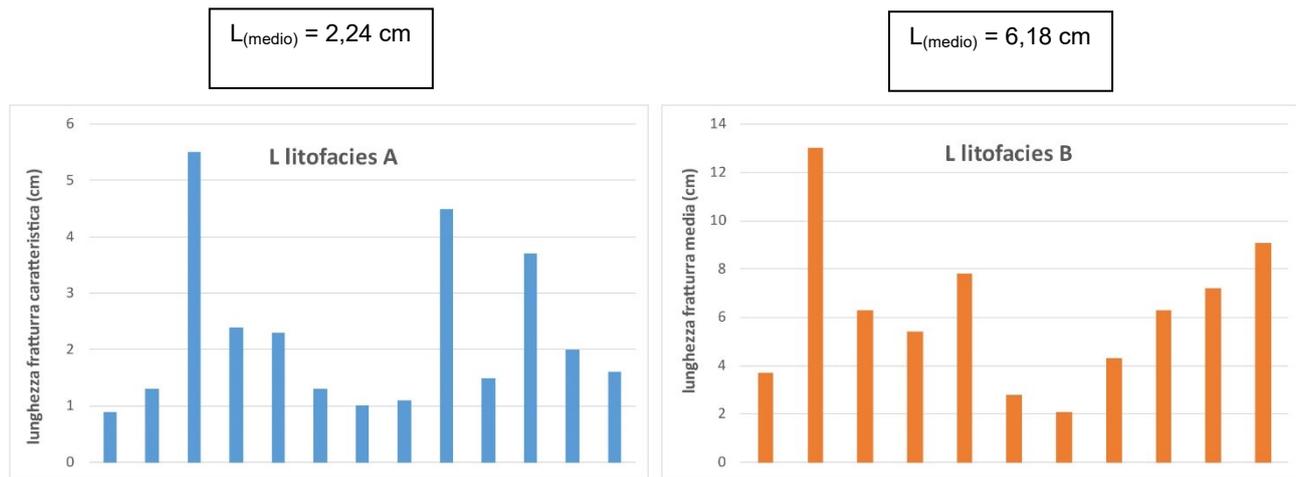


Fig. 2.4.13 – Dati di lunghezza delle fratture caratteristiche, L, ottenuti applicando il metodo delle scanline circolari. Vedi testo per maggiori informazioni.

3 GEOMORFOLOGIA

3.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'intera area in esame, comprendente l'area pozzo GG3 e dell'annessa flowline che lo collega al Centro Olio Tempa Rossa, ricade nel territorio comunale di Corleto Perticara (PZ) e Guardia Perticara (PZ). In particolare, essa è ubicata nella porzione orientale del territorio di Corleto Perticara, in quella settentrionale di Guardia Perticara e, per un breve tratto, confina con il bordo occidentale del territorio del comune di Gorgoglione (MT) (fig. 3.1.1). L'area pozzo GG3 dista circa 5 Km dal centro abitato di Corleto Perticara, circa 3,8 Km dal centro di Guardia Perticara e , infine, circa 4,2 Km dal centro di Gorgoglione. Nello specifico, l'area pozzo GG3 è sita in località "Piano dei Petrini", a circa 2 Km del Centro Olio Tempa Rossa.

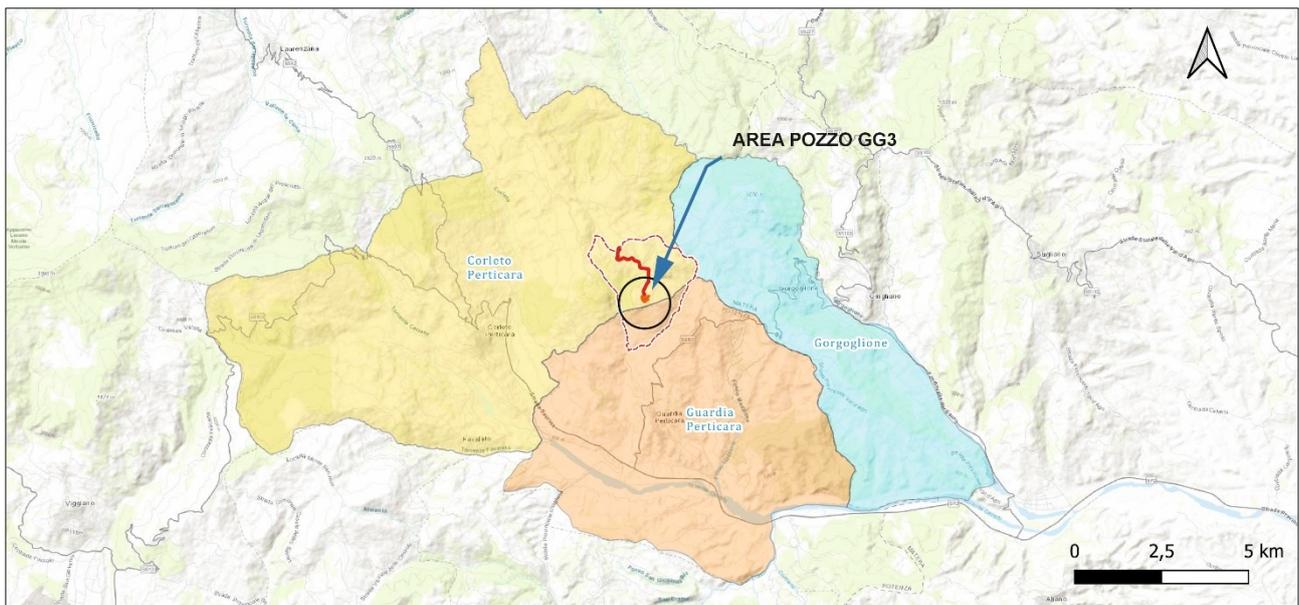


Figura 3.1.1 – Inquadramento territoriale con evidenziati i limiti amministrativi dei comuni che sottendono l'area di studio.

3.2 INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO E CARTOGRAFIA DI RIFERIMENTO

La topografia dell'area è visibile dal rendering ottenuto attraverso l'utilizzo di un'immagine 3D in cui con il poligono rosso, visibile sulla destra, è rappresentato l'areale del pozzo GG3 (fig. 3.2.1).

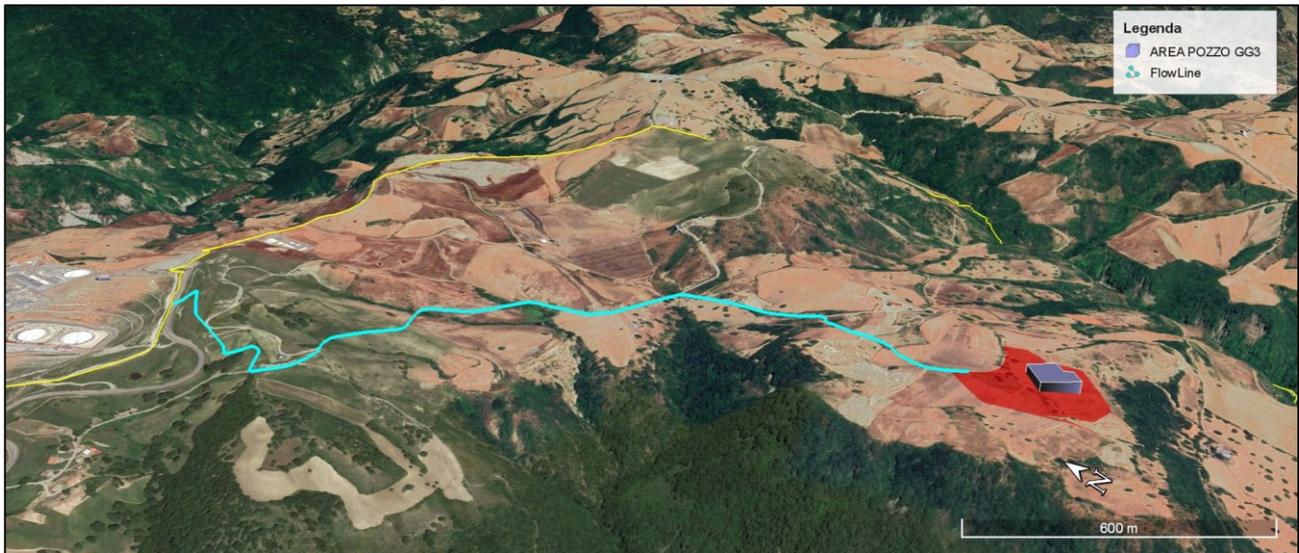


Figura 2.2.1 - Inquadramento territoriale generale, con indicazione della flowline e dell'area pozzo GG3 (ortofoto 3D Google Earth).

L'area di studio è riportata in figura 3.2.2, utilizzando la base cartografica dell'Istituto Geografico Militare (I.G.M.) in scala 1:25.000. Precisamente, essa ricade nei Fogli:

- 490 Stigliano (Sezione III, Accettura)
- 506 Sant'Arcangelo (Sezione IV, Corleto Perticara).

La medesima area è riportata sullo stralcio cartografico a scala 1:25.000 della cartografia I.G.M. (fig. 3.2.3).

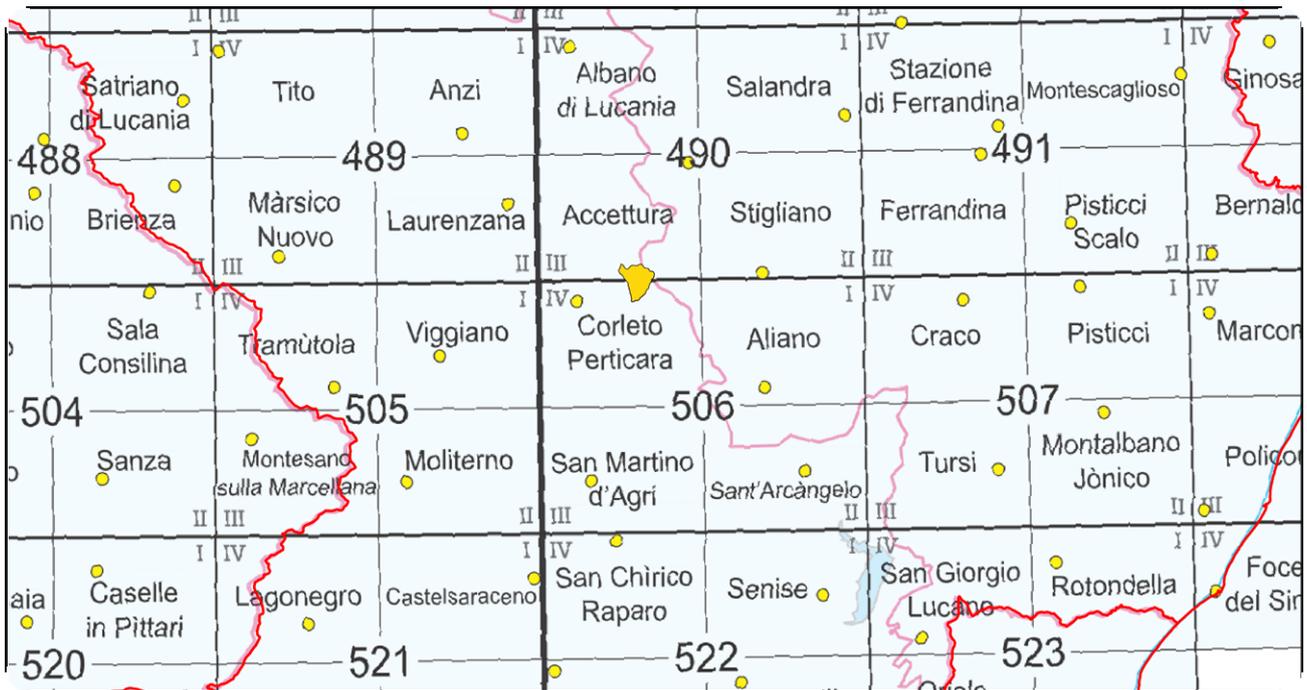


Figura 3.2.2 - Stralcio della cartografia IGM con ubicazione dell'area di studio (poligono in giallo).

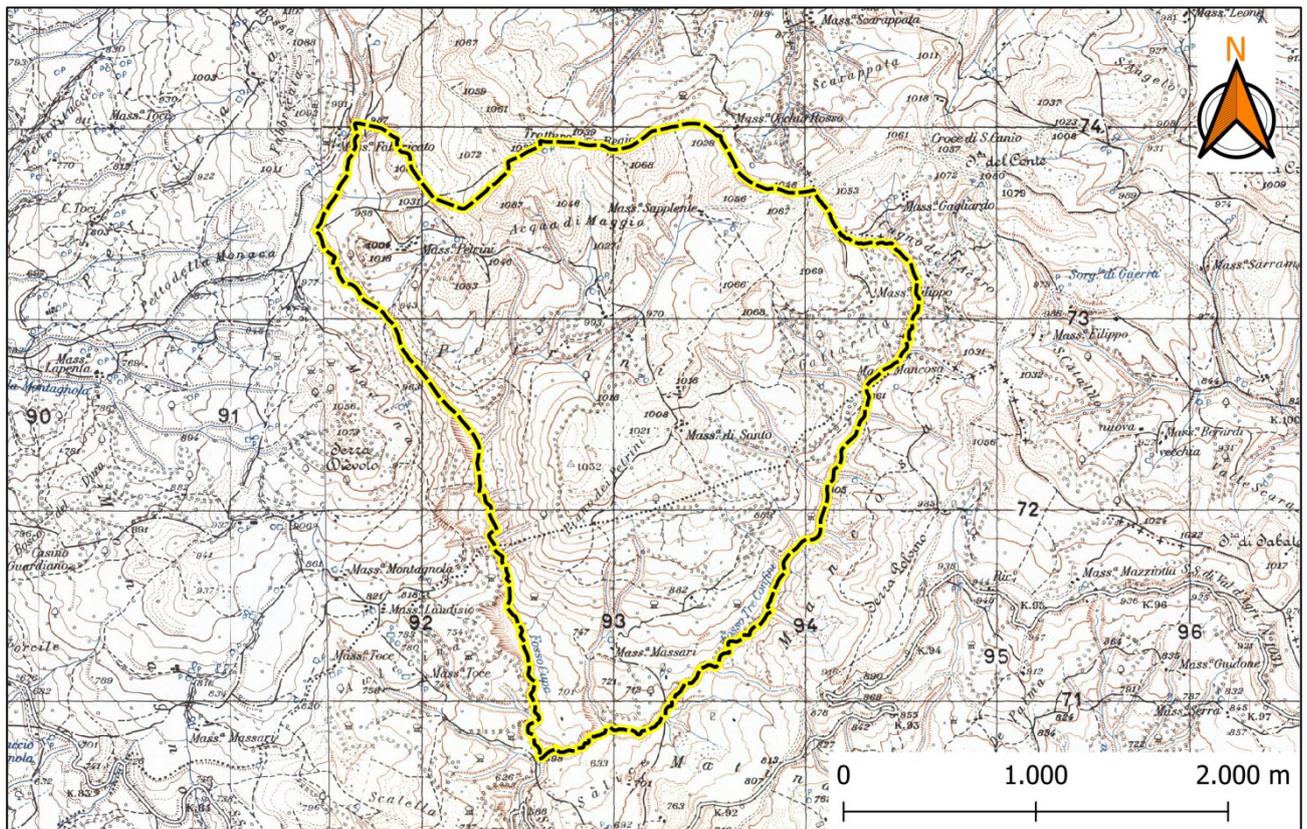


Figura 3.2.3 - Stralcio topografico IGM (1:25.000) con indicazione dell'area di studio (perimetro giallo).

Per redigere il seguente lavoro è stata utilizzata una base cartografica costituita dalla Carta Tecnica Regionale (CTR) a scala 1:5.000 della Regione Basilicata in formato vettoriale, la quale è scaricabile dal portale <https://rsdi.regione.basilicata.it/dbgt-ctr/>. Gli elementi cartografici presenti nella C.T.R. sono riportati in figura 3.2.4. Le coordinate geografiche dell'area pozzo GG3 (Sistema di riferimento WGS84) sono le seguenti: *Lat 40.393497° - Long 16.096217°*.

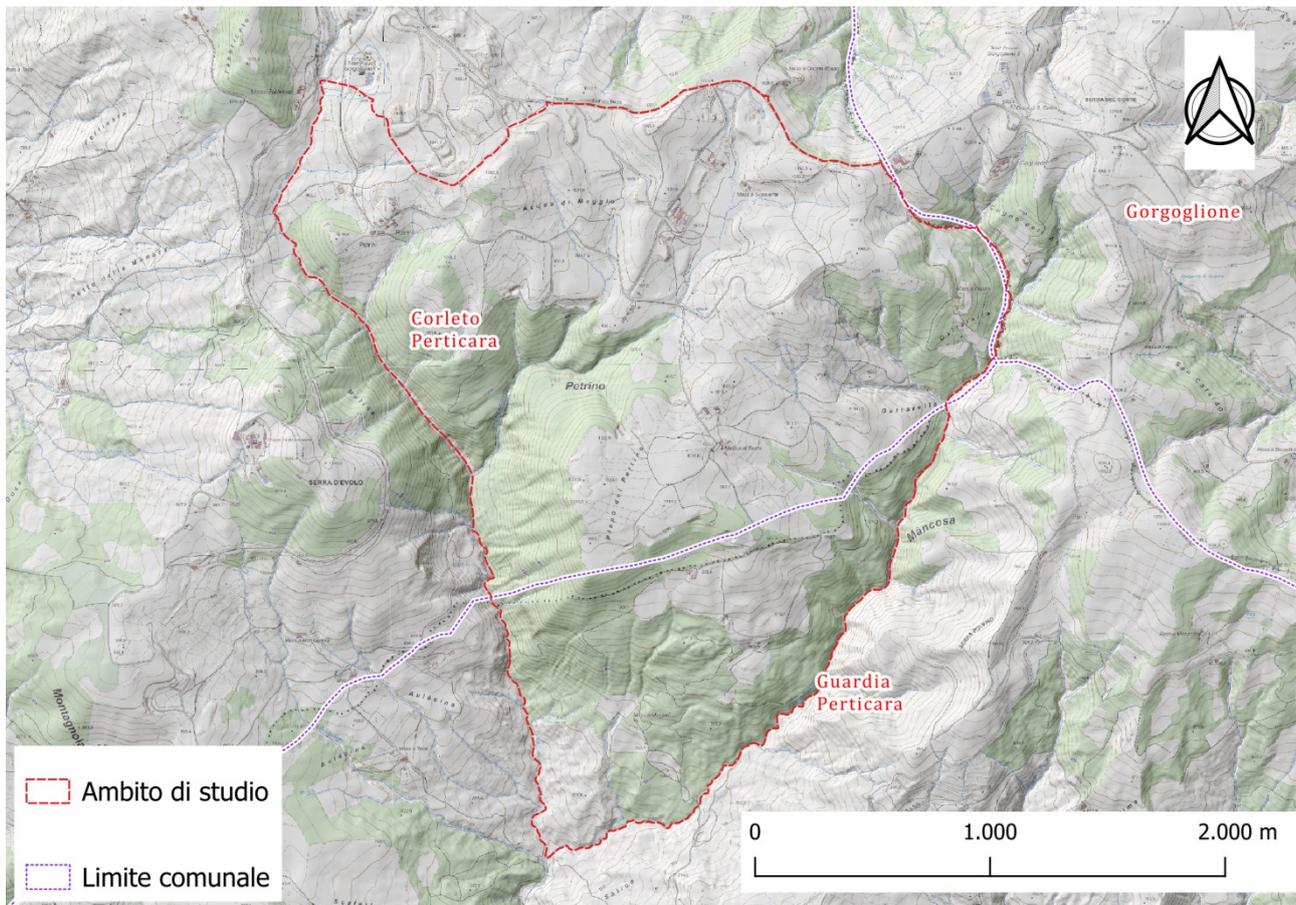


Figura 3.3.4 – Quadro unione area di studio.

3.3 STUDIO GEOMORFOLOGICO FINALIZZATO ALLA REDAZIONE DELLA CARTA GEOMORFOLOGICA DI DETTAGLIO

3.3.1 ASPETTI FISIOGRAFICI

L'area di studio è caratterizzata da un paesaggio prevalentemente montuoso. Soltanto la parte inferiore del bacino drenante rientra nella fascia altimetrica collinare. La sezione di chiusura del bacino idrografico è ubicata a sud del Centro Olio Tempa Rossa, precisamente in corrispondenza della confluenza dei fossi Cupo e Tre Confini. I rilievi principali ricadono nella porzione nord-orientale, Serra del Conte (1.080 m s.l.m.), ed occidentale, Serra d'Evo (1.073 m s.l.m.) dell'area di studio.

3.3.2 METODI

Il rilevamento geomorfologico è stato realizzato attraverso l'identificazione di tutte le componenti morfografiche e morfometriche del rilievo, le forme denudazionali erosionali e/o gravitative, quelle deposizionali associate alla recente evoluzione morfogenica del paesaggio e, quindi, ai processi che ne hanno determinato l'aspetto attuale. Sono state inoltre rilevate in campo, attraverso ispezione in loco, e successivamente riportate negli allegati cartografici, le aree di frana e/o modellate da frane e gli elementi morfologici connessi a fenomeni d'instabilità reale e potenziale. Infine, sono state cartografate le peculiarità geomorfologiche non strettamente connesse ai processi d'instabilità rappresentanti contatti stratigrafici e strutturali che possono condizionare la circolazione idrica superficiale e/o sotterranea, in modo tale, quindi, da poter delimitare gli ambiti morfologici significativi per una completa cartografia delle aree in frana.

La legenda adottata per il presente lavoro riporta il Sistema Morfologico utilizzato.

Il territorio in esame è stato suddiviso in unità morfologiche e morfotipi in base a parametri morfometrici e morfoevolutivi. In particolare, tale suddivisione ha permesso di redigere la Carta Geomorfologica per l'area di studio (Carta Geomorfologica dell'areale compreso tra il pozzo GG3 e il Centro Olio Tempa Rossa, Basilicata in scala 1:5.000 - ALLEGATO IV).

Tale carta consente di:

- evidenziare il carattere morfografico e morfometrico del paesaggio;
- rappresentare il carattere morfologico delle forme del rilievo in relazione al quadro geologico-

strutturale;

- rappresentare la morfogenesi antica in relazione ad associazioni di forme del rilievo riferibili a regimi morfoclimatici e geodinamici possibilmente diversi da quelli attuali;
- ricostruire la plausibile sequenza cronologica relativa e/o assoluta degli eventi morfogenetici nel contesto di un quadro definito di fasi morfogenetiche;
- individuare l'attuale tendenza evolutiva in relazione ai processi geodinamici in atto, quiescenti ed inattivi ed alle corrispondenti forme del rilievo;
- definire l'influenza che le condizioni geomorfologiche hanno sull'idrologia superficiale e sotterranea.

3.3.3 FORME ELEMENTARI ED ANALISI DEL PAESAGGIO

L'elaborazione della carta geomorfologica su base Digital Terrain Model (DTM) dei dati rilevati in sito permette la rappresentazione "oggettiva" delle forme elementari, le cui dimensioni, indipendentemente dal fatto che siano o meno riproducibili in carta come poligoni, possono essere trasferite nel database. In particolare, le forme morfologiche del paesaggio sono il risultato dell'influenza cumulativa di processi geomorfologici, geologici, idrologici, ecologici e di formazione del suolo che hanno agito nel corso del tempo. Più in generale, tutte le informazioni acquisite attraverso le analisi di campo o estratte attraverso l'analisi dei dati DTM con l'ausilio di specifici software GIS (caratteristiche morfometriche del rilievo quali acclività dei pendii, concavità e convessità verticali e orizzontali e dell'assetto geometrico del reticolo idrografico) sono inserite nel database e, ove possibile, riportate nella cartografia in allegato. Utilizzando il suddetto metodo, i tipi morfologici sono stati individuati attraverso una classificazione semi-automatica, basata sull'analisi DTM con risoluzione del pixel 5x5 m, come proposto da Weiss (2001) e successivamente modificato. L'utilizzo dell'algoritmo di elaborazione ha permesso la realizzazione di un elaborato utile per l'analisi geomorfometrica quantitativa delle classi morfologiche rilevate (fig. 3.3.3.1).

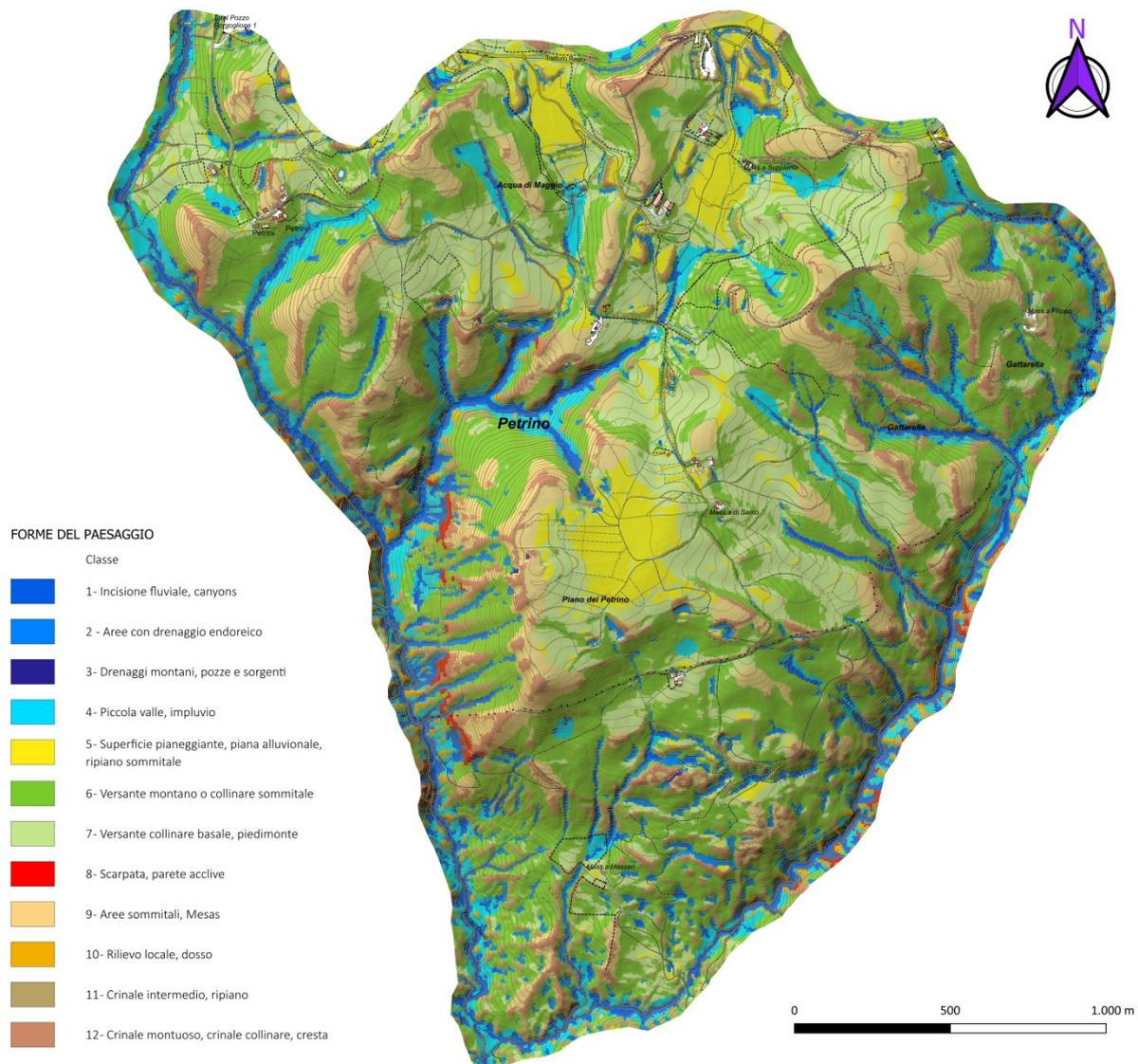


Figura 3.3.3.1 – Forme del paesaggio riportate in ambiente GIS attraverso l'uso del Topographic Position Index (TPI) - (Weiss 2001 – modificato). L'area di studio è stata suddivisa in 12 unità morfologiche facilmente distinguibili e rappresentate mediante software GIS con diverse colorazioni. Su ciascuna unità morfologica individuata sono state condotte analisi morfometriche.

In sintesi, l'Indice di Posizione Topografica (TPI) è definito come la differenza tra l'elevazione di una cella e l'elevazione media di una cella che la circonda entro un raggio prestabilito (Weiss, 2001). I valori di TPI superiori a zero indicano posizioni più elevate rispetto alla media della finestra locale, ad esempio le creste. Al contrario, i valori negativi del TPI rappresentano le aree depresse, come le valli. Infine, i valori di TPI prossimi allo zero rappresentano aree piatte (dove la pendenza è prossima allo zero) o aree a pendenza costante (dove la pendenza del punto è

significativamente maggiore di zero). I valori del TPI sono calcolati a partire da due finestre mobili (min e max) forniscono informazioni più dettagliate sulla forma generale del paesaggio identificando forme del territorio complesse (Tagil & Jenness, 2008).

Ai fini del presente studio, per la determinazione delle due finestre mobili sono stati utilizzati raggi di 25 e 100 metri. La taratura della dimensione della finestra mobile per l'implementazione dell'algoritmo su cui si basa il TPI è di estrema importanza, poiché diverse dimensioni rivelano diverse forme del territorio (Dragut & Eisank, 2012; Weiss, 2001).

L'analisi è stata condotta utilizzando come unico input DTM con risoluzione del pixel 5x5 (25 m²) tramite la procedura automatica (Jenness, 2006) implementata da SAGA GIS: "*Landforms - TPI based*".

La distribuzione in percentuale di ciascuna delle 12 classi morfologiche (landforms) sono riportate nella figura (fig. 3.3.3.2).

a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Valore	Legenda	Descrizione	Conteggio pixel	Area (m ²)	Percentuale
1		1 - Incisione fluviale, canyon	12841	321025	5,46%
2		2 - Aree con drenaggio endoreico	9554	238850	4,06%
3		3 - Drenaggi montani, pozze e sorgenti	75	1875	0,03%
4		4 - Piccola valle, impluvio	16527	413175	7,03%
5		5 - Superficie pianeggiante, piana alluvionale, ripiano sommitale	12904	322600	5,49%
6		6 - Versante montano o versante collinare	87533	2188325	37,24%
7		7 - Versante collinare basale, pedemontano, versante a debole pendenza	43951	1098775	18,70%
8		8 - Scarpata, parete acclive	569	14225	0,24%
9		9 - Aree sommitali, Mesa	27969	699225	11,90%
10		10 - Rilievo locale, dosso	2112	52800	0,90%
11		11 - Crinale intermedio, ripiano	10925	273125	4,65%
12		12 - Crinale montuoso, crinale collinare, cresta	10087	252175	4,29%
				5876175,0	100%

Figura 3.3.3.2 – Statistica descrittiva delle forme del paesaggio a) Codice univoco identificato assegnato dall'algoritmo; b) Colore assegnato alla Landform; c) Forma del paesaggio riconosciuta dall'algoritmo TPI - (Weiss 2001 – modificato); d) Numero dei pixel (DTM 5x5 metri) che identificano la Landform; e) Area totale di ogni singola Landform riconosciuta

dall'algoritmo (numero pixel x area singolo pixel (25 mq)); f) Valore percentuale delle forme del paesaggio presente all'interno dell'ambito geomorfologico oggetto di studio.

In particolare, i pendii aperti sono la classe dominante dell'area di studio (37,2%). I pendii superiori coprono un'area del 18,7%, seguito da aree sommitali e ripiani (17,4%) e dalle incisioni fluviale, drenaggi montani ed impluvi (16,6 %). Tutte le altre forme del terreno, compresi i crinali, sono calcolate tra il 6-8%, ad eccezione delle scarpate e pareti acclivi che coprono meno dell'1% dell'area totale.

3.3.4 GEOMORFOLOGIA DI DETTAGLIO DELL'AREA POZZO GG3

L'ambito geomorfologico dell'area di studio è compreso tra la strada denominata Tratturo Regio, a nord (Centro Olio Tempa Rossa), il Fosso Tre Confini, a est, il Fosso Cupo, ad ovest, e la confluenza dei fossi in località Salice a Sud.

Nelle seguenti figure si riporta l'elaborazione 3D dell'area di studio ottenuta in ambiente GIS rispettivamente vista dal versante meridionale (fig. 3.3.4.1) e occidentale (fig. 3.3.4.2).

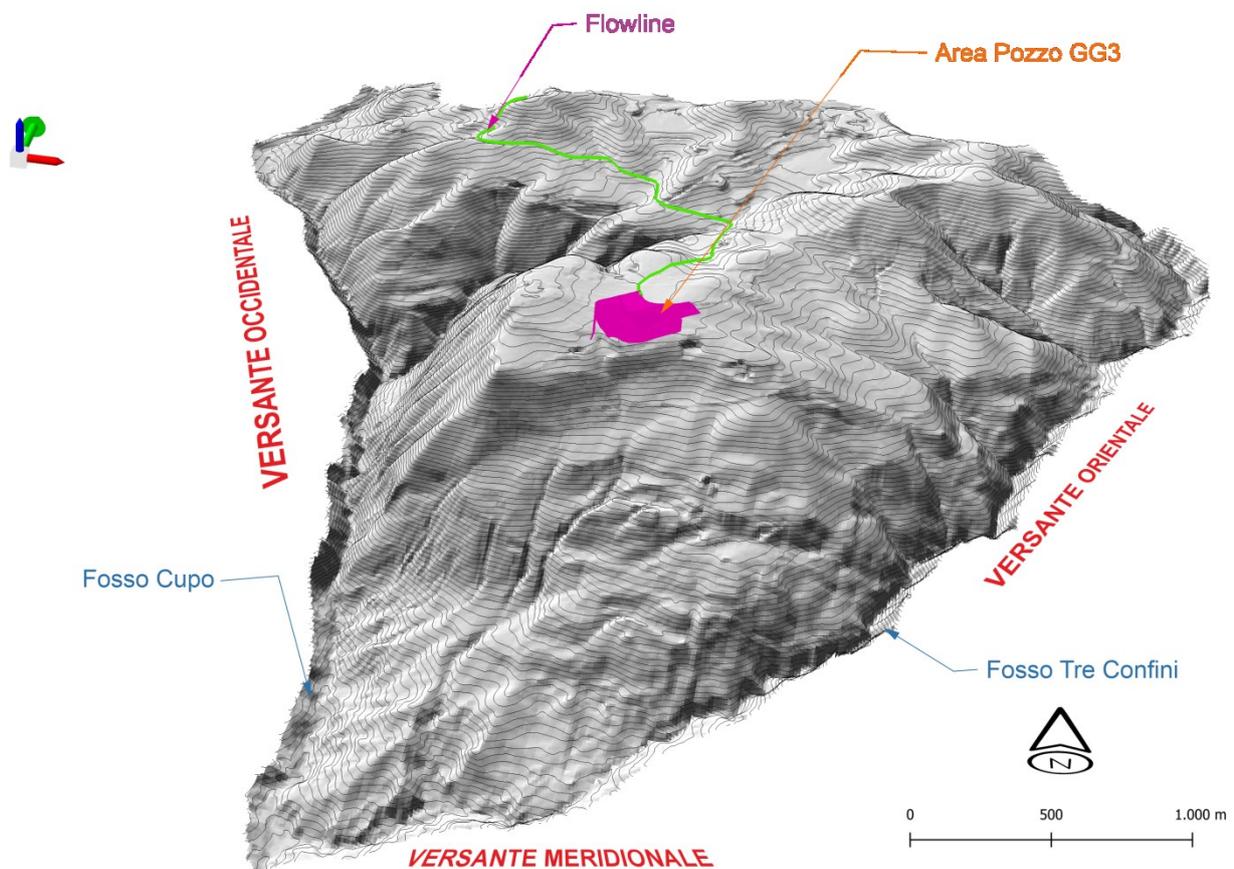


Figura 3.3.4.1 – Elaborazione 3D dell'area di studio (vista dal versante meridionale) con evidenza del pianoro sommitale dell'area pozzo GG3.

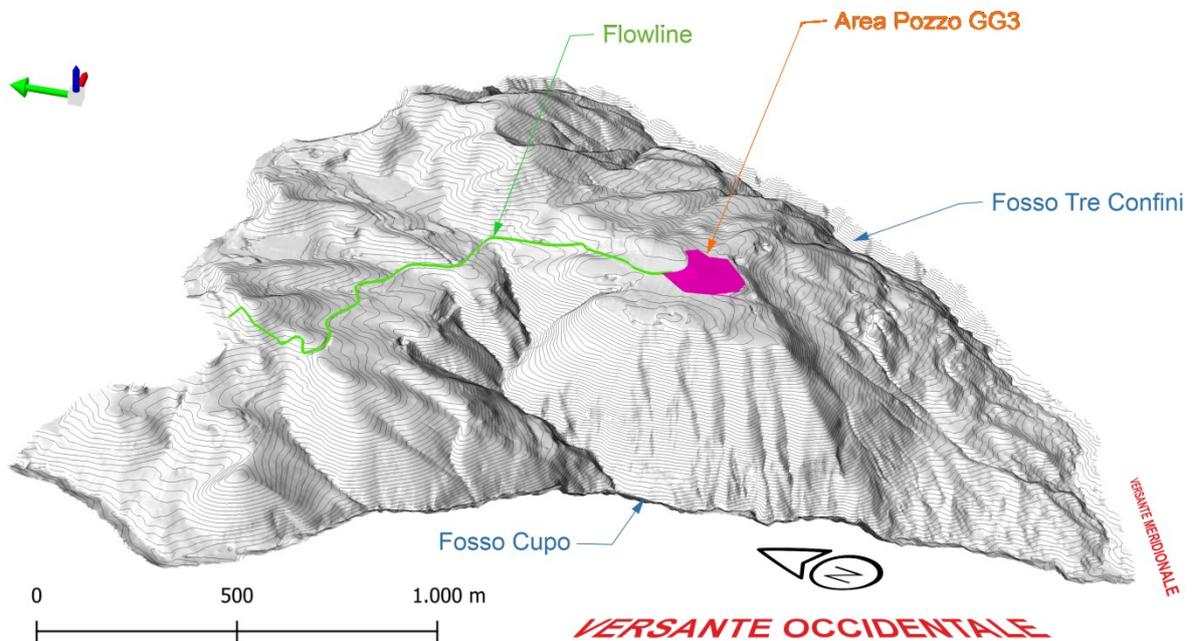


Figura 3.3.4.2 – Elaborazione 3D dell’area di studio (vista dal versante occidentale) con evidenza del pianoro sommitale dell’area pozzo GG3.

In particolare, l’area pozzo GG3 si sviluppa interamente lungo un pianoro sommitale, denominato Piano dei Petrini (fig. 3.3.4.1) il quale è percorso integralmente dal tracciato della *flowline*. La sommità del rilievo è compresa tra 1.083 m s.l.m, località Acqua di Maggio, e 973 m s.l.m, località Masseria Alianelli-Fosso Calabrese. I pochi crinali morfologici presenti fungono da spartiacque tra il Fosso Tre Confini, ad est, e il Fosso Cupo, a ovest. La ricostruzione delle pendenze dell’area è stata ottenuta mediante il DTM della Regione Basilicata a 5 m.

Si nota come l’area del pianoro sommitale, dove è ubicata la piazzola del pozzo GG3, sia caratterizzata da pendenze variabili tra 0° e circa 15°. I versanti che degradano verso Fosso Cupo, ad ovest, e verso il settore meridionale sono caratterizzati da pendenze più elevate, con valori compresi tra 45° e 60°. Meno acclivi risultano essere, invece, i versanti orientali.

Il **versante meridionale** della dorsale di Piano Petrino, lungo il quale affiorano le Argille Varicolori in contatto tettonico transtensivo con la litofacies pelitico-arenacea inferiore della Formazione di Gorgoglione, è caratterizzato da un’alternanza di fasce a diversa inclinazione, con

ripide scarpate che si alternano a zone a ridotta pendenza e, talora, in contropendenza. Tale configurazione è riconducibile all'effetto di dislocazioni di natura strutturale e di antichi movimenti gravitativi quiescenti. Si porta ad esempio la presenza della spessa coltre detritica che caratterizza gran parte del versante in sponda destra del Fosso Tre Confini. Il rilievo superiore, posto a ridosso del pozzo GG3, è contraddistinto da due ampie scarpate sommitali residuali obliterate, in parte, da riporti di cava, le quali testimoniano gli eventi gravitativi del passato e cioè paleofrane attive in tempi antichi in condizioni climatiche differenti da quelle attuali. Tali paleofrane non mostrano tracce di attività recente o attuale e sono da considerare, quindi, come quiescenti. Difatti, il settore sommitale è caratterizzato dall'affioramento della litofacies arenaceo-pelitica del Flysch di Gorgoglione, contraddistinta esclusivamente da processi deformativi estremamente lenti per soliflusso, i quali coinvolgono la coltre detritico colluviale. Diversamente, nel settore pedemontano la configurazione geologica determina un'erosione marcata lungo la sponda sinistra. Le acque scalzano il piede del versante, con il conseguente effetto di scalzamento e richiamo gravitativo, che è all'origine della riattivazione dei movimenti franosi localizzati all'interno della formazione delle Argille Varicolori. In direzione della valle si riscontra la presenza di un primo versante meno acclive, circa 11° , ubicato in corrispondenza di affioramenti prevalentemente argillosi, successivamente di terrazzi di frana e scarpate di frana e, infine, di un tratto finale dove affiorano nuovamente le argille varicolori che determinano pendenze maggiori con valori pari a circa $25-30^\circ$ fino alla base ubicata lungo il Torrente Cupo (ALLEGATO IV - Carta Geomorfologica dell'areale compreso tra il pozzo GG3 e il Centro Olio Tempa Rossa, Basilicata e ALLEGATO V - Carta inventario Frane dell'areale compreso tra il pozzo GG3 e il Centro Olio Tempa Rossa, Basilicata).

Nella figura 3.3.4.3 è riportato un Modello Digitale della Superficie (DSM - Digital Surface Model) del bordo meridionale del versante sommitale di Piano dei Petrini. Dal DSM e dalla successiva figura 3.3.4.4 è possibile osservare come la morfologia dell'area sia condizionata dalle attività antropiche di cava finalizzate all'estrazione di blocchi di arenaria.

Nella figura 3.3.4.5 invece è ben visibile la parte sommitale di Piano dei Petrini in corrispondenza del quale affiora la litofacies arenaceo-pelitica del Flysch di Gorgoglione. Infine, nella figura 3.3.4.6 è riportata un profilo morfologico che mostra l'andamento poco uniforme del versante meridionale dell'area di studio.

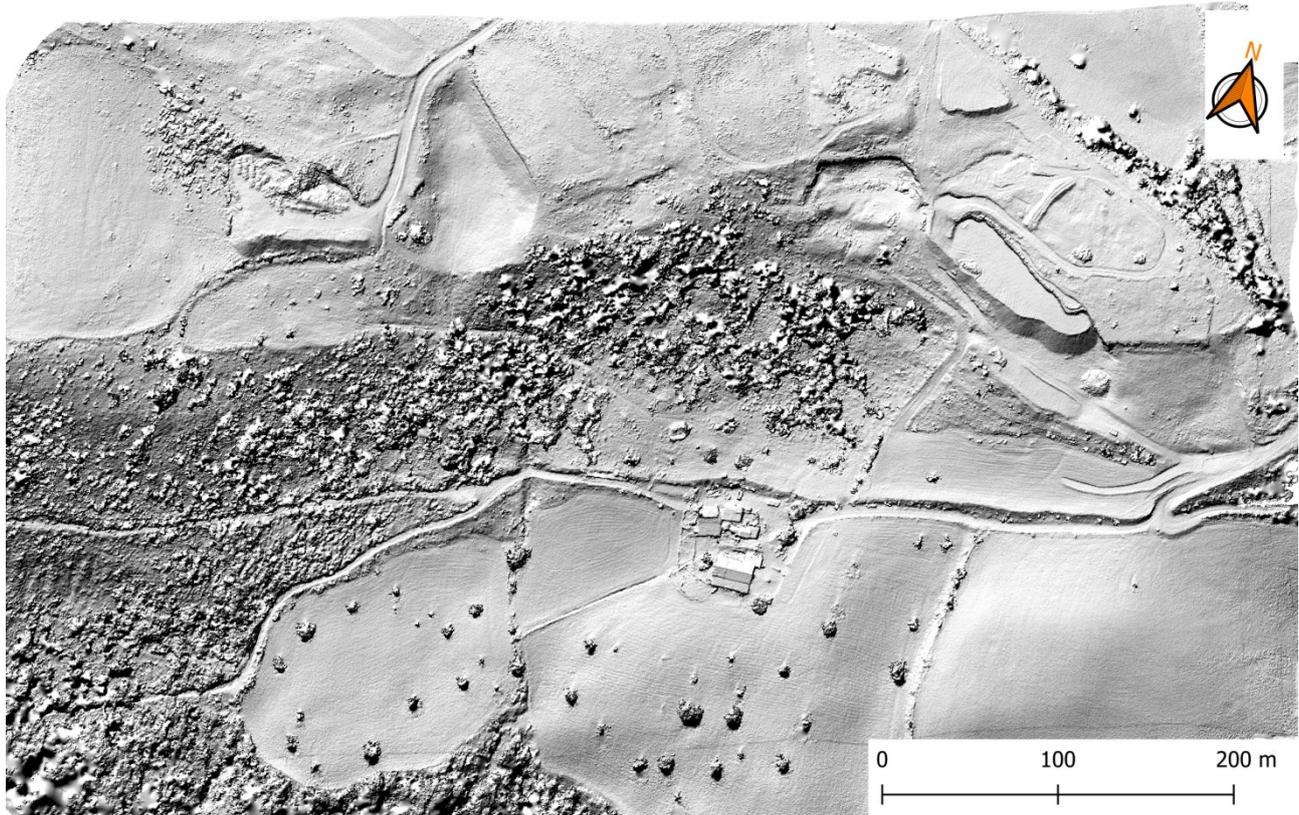


Figura 3.3.4.3 – Digitale Surface Model del bordo meridionale del versante sommitale di Piano dei Petrini. Nella figura è possibile osservare come la morfologia sia condizionata dalle attività antropiche di cava per l'estrazione dei blocchi di arenaria.



Figura 3.3.4.4 – Rappresentazione delle attività di cava mediante estrazione e riporti antropici presenti lungo il bordo sommitale di Piano dei Petrini. In basso a sinistra è riportato il riquadro mostrante il punto di osservazione.

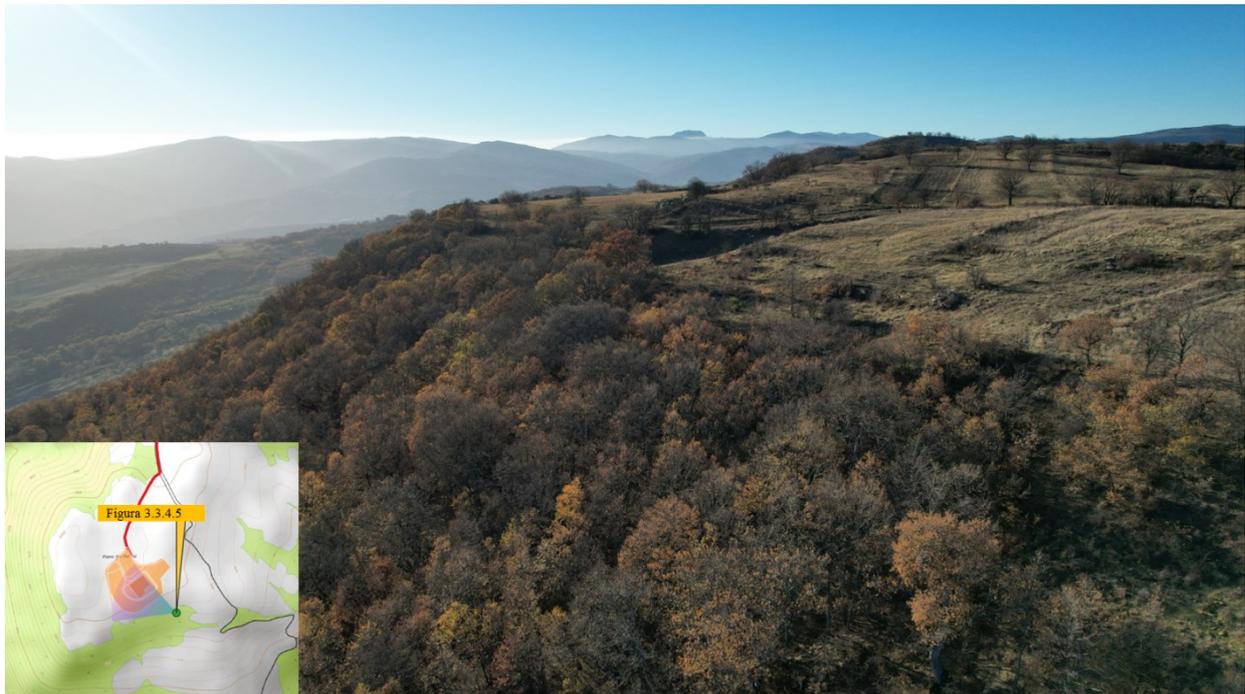
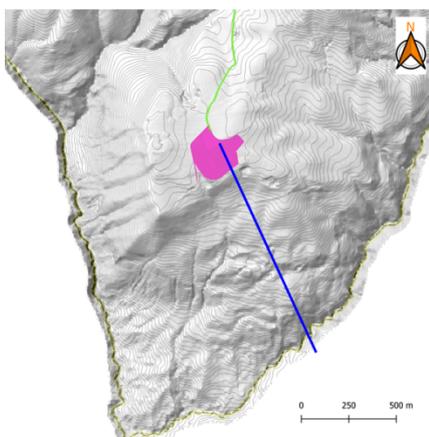
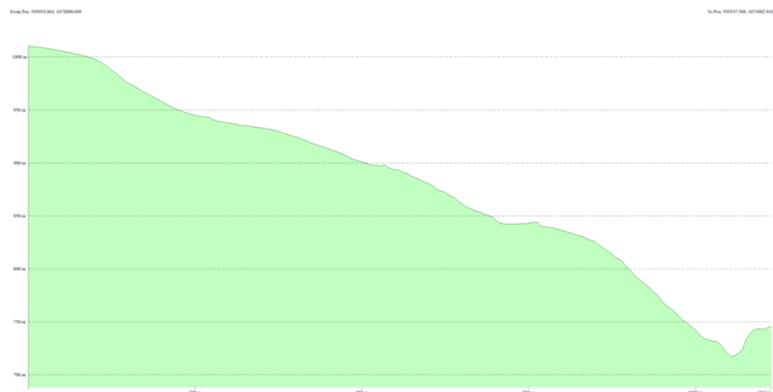


Figura 3.3.4.5 – Ripiano sommitale di Piano dei Petriani impostato sulla litofacies arenaceo-pellica del Flysch di Gorgoglione. In basso a sinistra è riportato il riquadro mostrante il punto di osservazione.



a



b

Figura 3.3.4.6 – a) Traccia della sezione NW-SE da Piano dei Petriani al Fosso Tre Confini; b) Profilo morfologico che mostra l'andamento poco uniforme del versante in quanto condizionato dalla litologia a monte e dai fenomeni gravitativi a valle.

Il **versante occidentale** (fig. 3.3.4.7) è caratterizzato da terreni con caratteri litologici e competenze diverse dai precedenti, i quali danno luogo a tratti più o meno acclivi. Il versante è profondamente inciso da un reticolo idrografico di tipo lineare, poco gerarchizzato. Il tratto sommitale comprende arenarie in banchi con intercalazioni di marne o argille a scaglie con una giacitura leggermente a reggipoggio. La pendenza è maggiore di 35°.



Figura 3.3.4.7 – Versante occidentale dell’area di studio e Fosso Cupo visto da Piano dei Petrini. Si può osservare come esso sia caratterizzato da eventi gravitativi all’interno della litofacies pelitico-arenacea. In particolare, sono presenti frane per colamento con processi di erosione calanchiva (rosso), colata rapida (arancione) e frane da crollo (verde). In alto a destra è riportato il riquadro mostrante il punto di osservazione.

La presenza di banconi arenacei più competenti blocca l’azione pseudo calanchiva delle acque di scorrimento superficiale e dà origine a scarpate sub-verticali le quali, per effetto dello scalzamento al piede, danno luogo a modesti movimenti gravitativi associati al crollo di blocchi e, talora, a debris avalanche (colate rapide di detrito). Il versante è in gran parte boscato, almeno lungo il settore meridionale, con tracce di movimenti gravitativi recenti di piccole dimensioni. Differentemente, il versante occidentale del settore meridionale, laddove affiorano le Argille Varicolori, è perlopiù interessato da movimenti gravitativi attuali e recenti (ALLEGATI IV & V).



Figura 3.3.4.8 – Contatto litofacies arenaceo - pelitica basale. Tracce di piccoli crolli che generano piccole colate di detrito. In basso a sinistra è riportato il riquadro mostrante il punto di osservazione.

Il settore a valle del contatto con la litofacies arenaceo-pelitica basale (fig.3.3.4.8) risente in modo determinante dallo scalzamento al piede del Torrente Cupo. Tale area è quindi caratterizzata da una franosità diffusa, la quale è spesso di tipo calanchivo (fig. 3.3.4.9). Il settore a monte del contatto sopraccitato risente localmente dalle incisioni calanchive in evoluzione, da cui ha origine una franosità di tipo colamento rapido la quale, però, non risulta attualmente attiva (copertura boschiva).



Figura 3.3.4.9 – Colamento con processi calanchivi prodotto dall'azione del dilavamento delle rocce pelitiche sul pendio acclive e con formazione di solchi divisi fra loro da creste rilevate. In basso a sinistra è riportato il riquadro mostrante il punto di osservazione.

Il **versante orientale** di Piano dei Petrini (fig. 3.3.4.10, 3.3.4.11, 3.3.4.12) è caratterizzato da pendenze mediamente più basse, variabili tra 10° e 15° nella parte sommitale, e pendenze maggiori comprese tra 15° e 30° verso valle (Fosso Tre Confini). La franosità è caratterizzata da processi gravitativi con cinematisimo lento-moderato e da uno stato deformativo del versante di tipo diffuso, come si evince per la totalità delle concavità morfologiche in cui è presente una copertura colluviale.



Figura 3.3.4.10 – Particolare morfologia del versante orientale in località Gattarella. In basso a sinistra è riportato il riquadro mostrante il punto di osservazione.



Figura 3.3.4.11 – Versante orientale caratterizzato da una franosità con cinematisimo lento e da aree soggette a deformazioni lente e diffuse. In basso a sinistra è riportato il riquadro mostrante il punto di osservazione.

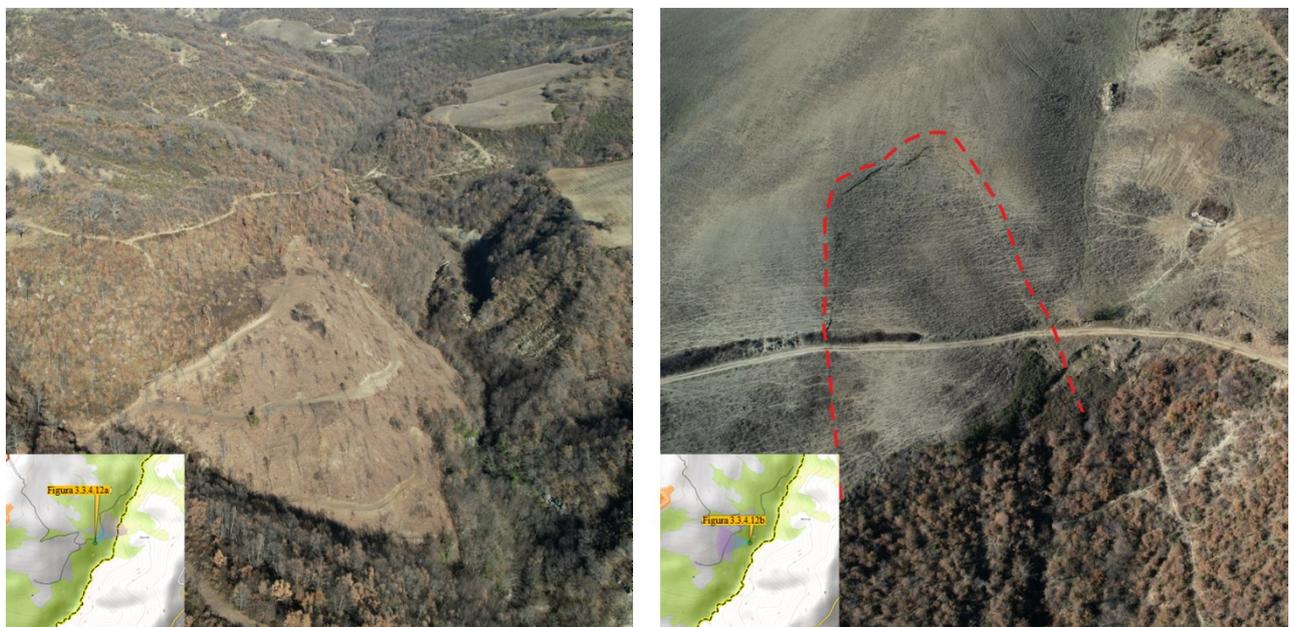


Figura 3.3.4.12 – Versante orientale a) Versante orientale con alla base l'incisione del Fosso Tre Confini; b) Frattura lungo il versante orientale di località Gattarella. In basso a sinistra è riportato il riquadro mostrante il punto di osservazione.

La copertura colluviale e/o detritico-colluviale e, ove presenti, i depositi di frana ricoprono in modo pressochè continuo la formazione pelito-arenacea sommitale del Flysch di Gorgoglione. Lo spessore è variabile, con valori compresi tra circa 1 metro e 10 metri (suggerito dai sondaggi

disponibili). Tale variazione è funzione dei caratteri litologici, strutturali e geomorfologici del sito. Diversamente, i cumuli di frana sono spesso presenti in corrispondenza delle depressioni morfologiche o delle zone di impluvio e sono funzione, perlopiù, dei caratteri litologico-stratigrafici e strutturali del substrato. In particolare, nel settore orientale i fenomeni di morfogenesi fluviale e torrentizia sono molto diffusi e danno luogo all'evoluzione dei versanti confluiscono nel Fosso Tre Confini una serie di impluvi secondari, i quali risultano essere più o meno incisi, con caratteri idraulici effimeri che incrementano i processi di erosione di tipo diffuso e concentrato tipo gully. I fenomeni di erosione in alveo, con successivo scalzamento al piede, costituiscono il fattore determinante all'innescio dei fenomeni gravitativi sviluppatisi a monte, con conseguente azione di richiamo regressiva che dal fondovalle si estendono verso monte.

Il **settore settentrionale** dell'ambito geomorfologico di studio è, invece, caratterizzato da un'orografia tipica di bassa montagna. Tale settore è mediamente ubicato sopra quota 1.000 m s.l.m, i rilievi hanno pendenza media e sono privi di cornici morfologiche. La presenza di ampi ripiani di morfoselezione ha favorito l'antropizzazione dell'area, che ha marcatamente modificato la morfologia dei versanti. Il ricorso alle immagini satellitari multitemporali (fig.3.3.4.13, 3.3.4.14, 3.3.4.15) ha consentito di ricostruire la nuova morfologia condizionata da un elevato spessore di riporti antropici stabilizzati con opere di ingegneria naturalistica derivanti dalle attività di scavo effettuate per la realizzazione degli impianti del Centro Olio Tempa Rossa.

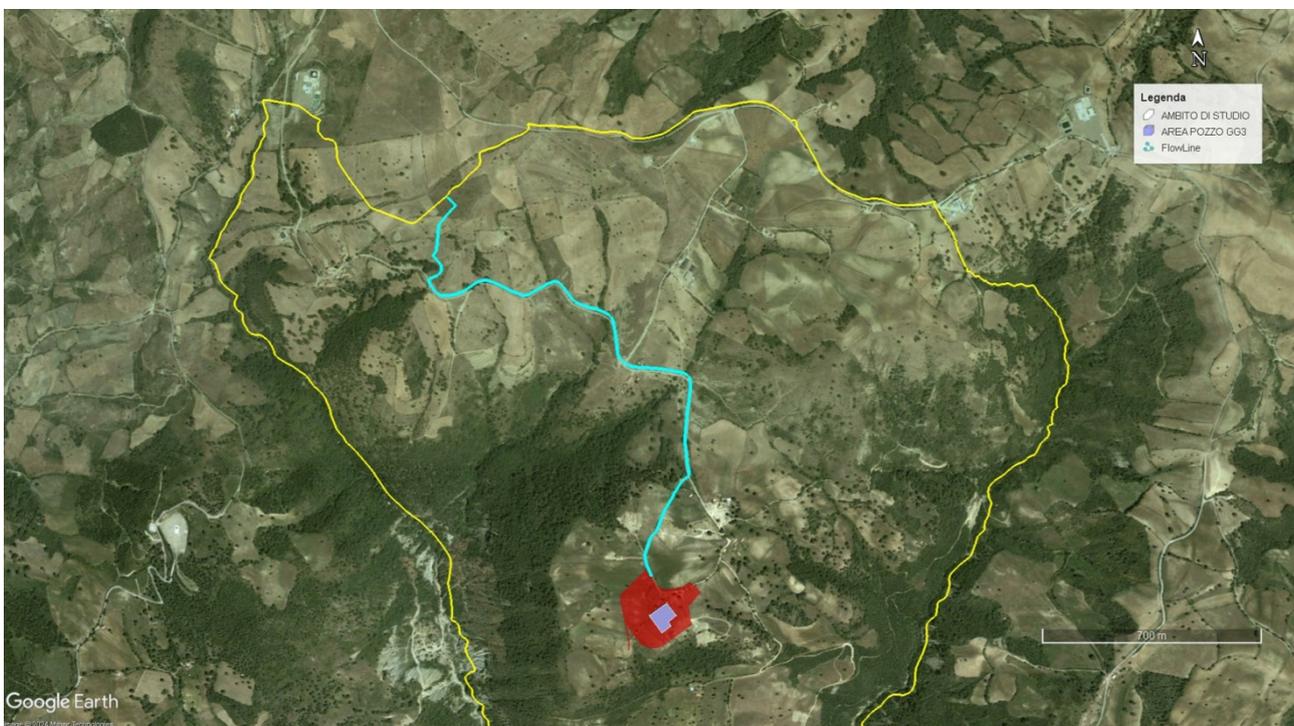


Figura 3.3.4.13 – Ortofoto da Google Earth (anno 2003) mostrante il settore settentrionale dell'area di studio.

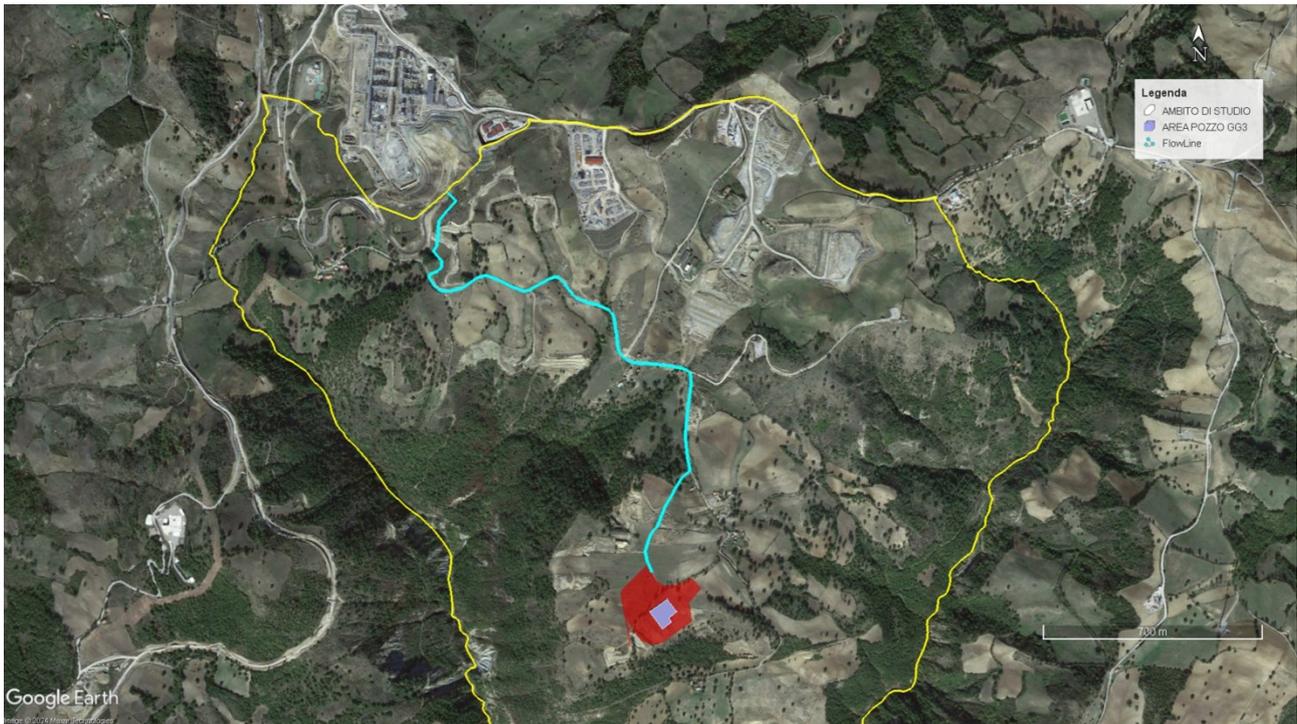


Figura 3.3.4.14 – Ortofoto da Google Earth (anno 2015) mostrante il settore settentrionale dell'area di studio, in cui risulta evidente il livello di antropizzazione dell'area.



Figura 3.3.4.15 – Ortofoto da Google Earth (anno 2022) le opere di ripristino ambientale dell'area hanno modificato la morfologia e il deflusso delle acque superficiali del settore settentrionale dell'area.

Il **pianoro sommitale** di Piano dei Petrini si colloca in un'area montana sub-pianeggiante compresa fra le quote 1.082 e 1.011 m s.l.m. e costituisce l'area di ingombro del piazzale del pozzo GG3. Il rilevamento geologico-geomorfologico ha evidenziato come l'intera area compresa tra Acqua di Maggio e Piano dei Petrini sia caratterizzata dalla presenza in affioramento del Flysch di Gorgoglione. In particolare, prevalgono livelli pelopiù pelitici e, subordinatamente, arenacei fratturati e alterati. La morfologia dell'area è strettamente influenzata dalla tenacità della componente terrigena prevalente. Poiché l'ossatura dei rilievi è formata da alternanze di terreni pelitici più teneri e, quindi esposti all'erosione, e con maggiore consistenza litoide, è facile imbattersi in piccoli dossi con scarpate, i quali interrompono la continuità laterale dei versanti caratterizzato da superfici topografiche blandamente ondulate. Il sito del piazzale del pozzo GG3 è sub pianeggiante. Le aree delle strade di accesso e della flowline hanno una pendenza medio-bassa. La presenza di una spessa coltre di copertura colmante le depressioni morfologiche delle piccole valli a fondo piatto favorisce l'instaurarsi di pozze d'acqua di origine piovana. La presenza di cave attive (Toce, Petrini e Alianelli), abbandonate, saggi di cava, pietraie, scarti di lavorazione e depositi di blocchi di arenaria ha modificato la morfologia dei luoghi nell'area centro-meridionale del ripiano morfologico. Le numerose depressioni morfologiche sono di origine antropica e vanno ricondotte alla presenza di saggi di cava e cave abbandonate e, talora, parzialmente colmate. Trattasi di aree che, nel tempo, sono state rivegetate. Soltanto un'attenta osservazione dei luoghi ha permesso di ricostruire la morfodinamica antropica (fig. 3.3.4.16, fig. 3.3.6.17, ALLEGATI IV & V).



Figura 3.3.4.16 - Foto della Cava Alianelli in località Piano dei Petriani. In basso a sinistra è riportato il riquadro mostrante il punto di osservazione.



Figura 3.3.4.17 - a) Cava Alianelli; b) Rilevato antropico costituito da scarti di cava parzialmente rivegetata posto a margine del versante occidentale con piccoli fenomeni di “soil slip”; c) Cava Toce; d) Pietraia con piazzale impostato su terreno di riporto. In basso a sinistra è riportato il riquadro mostrante il punto di osservazione.

Il rilevamento geomorfologico di dettaglio svolto nell'area di studio, i cui principali risultati sono stati sopra esposti hanno consentito di redigere la Carta Geomorfologica di dettaglio riportata nella figura 3.3.4.18 e nell'ALLEGATO IV.

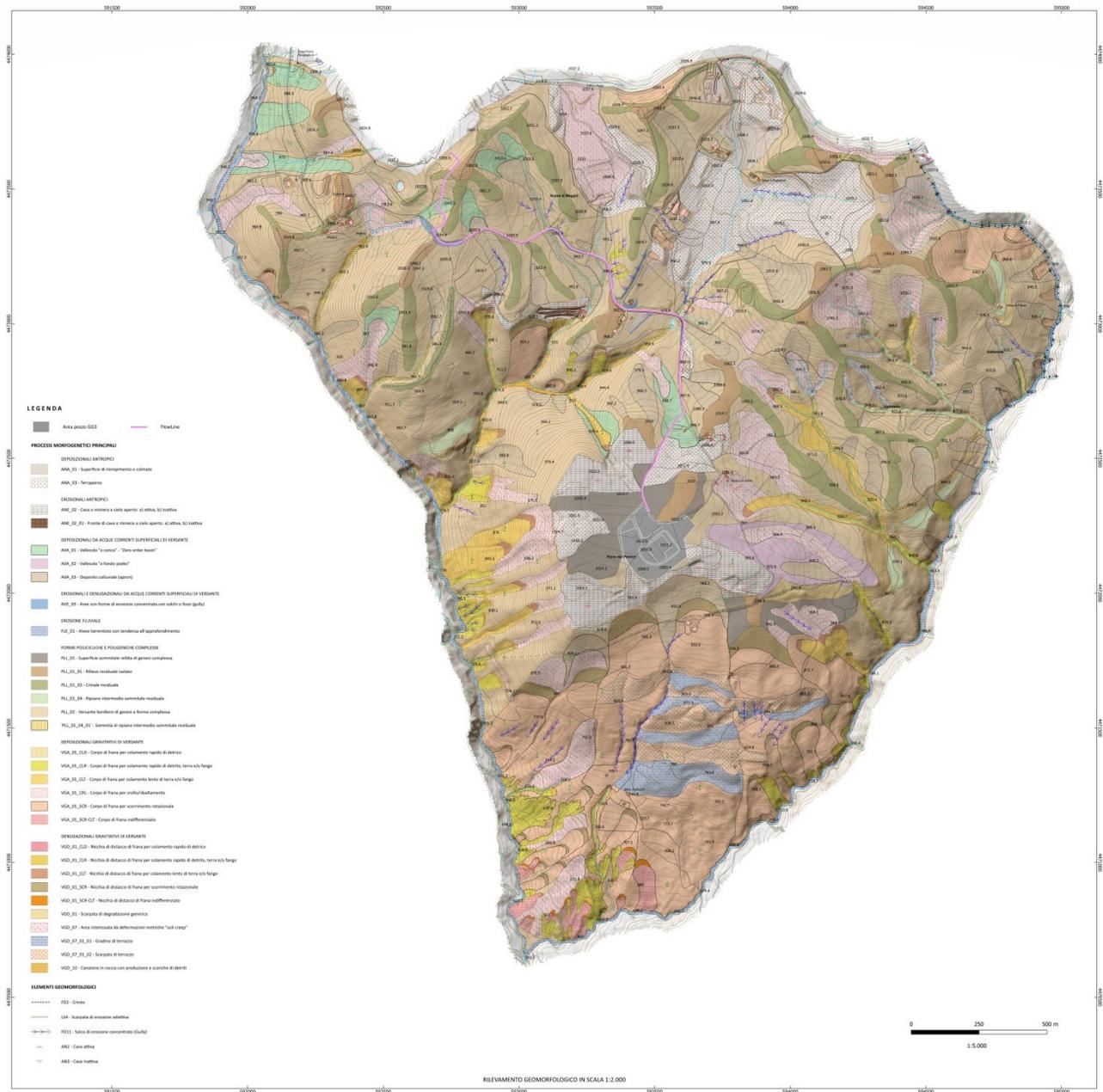


Figura 3.3.4.18 – Carta Geomorfologica in scala 1:5.000 redatta sulla base di quanto emerso dal rilievo geomorfologico di dettaglio in scala 1:2.000 (ALLEGATO IV).

3.4 CARTA INVENTARIO FRANE

3.4.1 METODI

L'inventario dei fenomeni franosi è stato eseguito attraverso l'applicazione di una metodologia innovativa che consente, sulla scorta di un approccio multitematico integrato, di:

- individuare l'intera popolazione di frane esistente nell'area;
- discriminare gli indizi morfologici ed i fattori geologici legati ai fenomeni franosi inserendoli nella storia evolutiva di ciascun versante;
- caratterizzare le frane secondo tre variabili indipendenti rappresentate dal tipo di movimento, dalle caratteristiche cinematiche, dal tipo di materiale, dallo stato di attività e dall'età morfologica del fenomeno;
- definire i modelli di franosità di ciascun settore territoriale significativo e le più probabili tendenze evolutive in atto e future.

Il riconoscimento sistematico dei parametri morfologici rende, quindi, possibile la correlazione tra gli elementi morfologici minori e i fenomeni franosi anche se parzialmente obliterati dalla evoluzione morfologica successiva. Le anomalie morfologiche alterano, infatti, la configurazione teorica regolare dello spazio-versante. In tal senso, i fenomeni d'instabilità sono conseguenti alla storia morfo-evolutiva del versante e vengono evidenziati dagli elementi morfologici sovrapposti nello spazio compreso tra il crinale superiore ed il relativo fondovalle.

Per quanto attiene alla fase di acquisizione e di archiviazione dei dati, si ritiene opportuno fare riferimento come standard procedurale e terminologico a quello IFFI "Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani" del Servizio Geologico Nazionale – CNR.

Per situazioni di franosità diffusa con insiemi di frana associati, sovrapposti e giustapposti si può fare riferimento alla proposta di Classificazione tassonomica riportata. La finalità delle analisi territoriali in esame però obbliga a utilizzare un approccio metodologico integrato il quale, tenendo conto dei fattori di fondo geologici e geomorfologici, deve condurre ad una zonazione territoriale significativa per la propensione del territorio al dissesto oltre che alla caratterizzazione ed evoluzione ulteriore delle frane individuate. In tal senso, sussiste il presupposto che i fenomeni franosi non siano distribuiti in modo casuale nei diversi tratti del rilievo e, inoltre, che le crisi di franosità avvenute nel corso delle ultime migliaia/centinaia di anni abbiano determinato, nelle diverse aree, la sovrapposizione e la giustapposizione di frane di differente estensione areale e di età

morfologica variabile.

La ricomposizione dei processi di franosità di versante dev'essere, quindi, basata sulla intersezione dei parametri geologici, litostratigrafici, geomorfologici e geomorfico-applicativi acquisiti e trasferiti come esposto nei paragrafi precedenti. Questo avviene attraverso l'applicazione di criteri e sistemi integrati, i quali sono finalizzati alla definizione delle caratteristiche di fondo del rilievo e della sua evoluzione morfologica recente. La metodologia d'adottare, pertanto, deve filtrare gli indizi morfologici e geologici utili per la identificazione degli eventi franosi singoli o associati, consentendone il riconoscimento e la successiva classificazione per tipologia e per caratteristiche morfologiche principali. Tale metodologia deve facilitare, inoltre, l'inserimento dei dati nel contesto geologico presente e nella dinamica morfoevolutiva dell'ambito territoriale significativo. Il sistema conoscitivo da utilizzare deve essere flessibile ed integrato con una preliminare analisi ed interpretazione delle aereofoto stereoscopiche, le quali a loro volta permettono un'analisi territoriale più diffusa, che congela lo stadio di sviluppo delle frane in un determinato momento della storia evolutiva del paesaggio. Ovviamente, il riscontro delle analisi condotte sul campo è sempre necessario.

Successivamente, lo studio delle frane deve integrarsi con lo studio geologico e geomorfologico in itinere per consentire l'integrazione dei dati fotogeologici e la costruzione di un preliminare modello di evoluzione dei versanti che permetterà l'utilizzo di uno strumento speditivo per la definizione degli ambiti morfologici significativi, utile all'individuazione delle aree di preparazione, alimentazione ed espansione dei fenomeni franosi e, altresì, degli indicatori morfologici necessari alla definizione delle tendenze evolutive dei versanti.

3.4.2 CLASSIFICAZIONE DELLE FRANE UTILIZZATA, STATO DI ATTIVITÀ, TIPOLOGIE ED ESEMPI APPLICATIVI

Il database delle frane e dei depositi superficiali dell’Autorità di Bacino Regionale della Basilicata costituisce un supporto a grande scala del quadro conoscitivo dei dissesti presenti sul territorio. Oltre a rappresentare uno strumento per l’analisi geomorfologico-evolutiva, la Carta Inventario Frane costituisce la base per un’analisi statistica sulla distribuzione degli eventi franosi e per l’elaborazione della carta del rischio di frana del territorio provinciale. Gli obiettivi perseguiti nella costruzione di questi livelli informativi sono principalmente tre. Il primo fornisce agli utilizzatori una banca dati aggiornata delle geometrie e degli attributi derivanti dall’analisi degli archivi ufficiali. Il secondo consiste nella raccolta delle geometrie relative alle frane derivanti da immagini satellitari e da altre fonti esterne quali, ad esempio, gli archivi delle protezioni civili provinciali e regionali; tali dati andranno quindi ad implementare gli archivi ufficiali vigenti. Il terzo è inerente il rilevamento sul campo dei fenomeni franosi.

A partire dalla classificazione di Varnes del 1978, riformulata in Cruden & Varnes 1996, comunemente riconosciuta ed accettata in ambito scientifico e tecnico, durante la redazione del Piano Straordinario di cui al DL 180/98 e dei Piani Stralcio di cui alla Legge 365/00, si è ritenuto opportuno elaborare una riformulazione originale apportando alcune modifiche ed integrazioni alla precedente. In tal modo, la “Carta inventario dei fenomeni franosi” a cui è riferita è utilizzata come strumento di lavoro operativo per i successivi passaggi ad altre carte tematiche. Nel complesso, per rispondere in modo esaustivo agli scopi previsti per l’identificazione dei dissesti a una scala di rilevamento 1:2.000, le diverse tipologie franose sono state riaggregate in gruppi in funzione del cinematisma prevalente e dei caratteri morfodinamici:

Frane di crollo e ribaltamento

Sono fenomeni tipici delle scarpate morfologiche con forte acclività. Sono molto diffusi nelle successioni lapidee e frequenti lungo le scarpate fluviali in corrispondenza di terre più o meno addensate. Il distacco è improvviso e lo spostamento dei materiali avviene in caduta libera nel vuoto.

Frane di flusso rapido

In tale gruppo sono stati riuniti tutti i fenomeni di flusso rapido caratterizzati da attivazione improvvisa di primo distacco. Spesso, il movimento della massa mobilizzata avviene lungo depressioni morfologiche ben definite, canali e impluvi incisi su versanti con acclività elevata e tende ad invadere le aree di raccordo morfologico poste alla base dei versanti fino ad arretrarsi nei tratti pianeggianti.

Colata rapida di fango

Sono fenomeni caratterizzati dalla mobilitazione improvvisa di una massa di materiali clastici in posizione primaria (sabbie, ghiaie e banconi arenacei fratturati) o secondaria (depositi detritici rielaborati di concavità morfologica), poggiati su un substrato flyscioide di natura lapidea lungo versanti a bassa evoluzione morfologica. Dopo il distacco, i materiali a prevalente contenuto di materiali fini e con elevato contenuto d'acqua si spostano verso valle incanalandosi lungo zone di deflusso già esistenti nella morfologia del versante. Il movimento continua fino a quando il materiale di frana raggiunge la base del pendio o le aree con bassa acclività, dove esaurisce l'energia di movimento. Il materiale di frana si amplia con sagoma a conoide ricoprendo superfici proporzionali alla massa mobilizzata ed all'energia di questa.

Colate di detrito

Sono fenomeni riscontrabili in ambienti morfologici fortemente accidentati e in litologie carbonatiche e successioni arenaceo-conglomeratiche. Masse di detrito di versante, anche con granulometrie superiori alle ghiaie, sono generalmente posizionate lungo le porzioni superiori delle testate di impluvio o nei tratti di canale a forte acclività. L'attivazione è in genere improvvisa. Il materiale prevalentemente grossolano e con un elevato contenuto d'acqua tende ad invadere le zone di raccordo morfologico con i tratti pianeggianti, nelle aree di conoide.

Colate rapide in terreni argilloso-marnosi

Tipiche di aree in cui affiorano depositi ad elevata componente argilloso-marnosa o argillosa in cui avviene il progressivo allentamento meccanico della coltre di materiali più superficiale. Il movimento segue, di norma, percorsi preferenziali segnati da direttrici costituite da depressioni morfologiche e/o canali preesistenti, i quali possono essere ostruiti o talora sepolti. Raramente,

questi fenomeni si verificano a partire da tratti di versante indisturbati. Più comunemente, essi si originano per effetto terminale, talora catastrofico, di sistemi franosi a lenta evoluzione e con cinematisma non parossistico, ovvero quale la rimobilitazione di coltri detritico-colluviali rimaneggiate nell'ambito di concavità morfologiche.

Frane di scorrimento e colamento

Scorrimenti rotazionali e traslativi e colamenti in terra e in roccia. A tal proposito, si precisa che per frane complesse del tipo scorrimento-colata lenta, fenomenologie con un'evoluzione priva di discontinuità temporale, la simbologia adottata è data dalla sommatoria delle singole tipologie.

Scorrimento traslativo

Sono fenomeni tipici delle aree con superfici piane o con giunti di discontinuità orientati a franapoggio con un'inclinazione minore del versante. Il movimento avviene lungo le discontinuità preesistenti ed è talora favorito dalla presenza di litologie a comportamento duttile. Tali scorrimenti traslativi sono tipici di successioni ben stratificate, quali ad esempio i litotipi a diversa competenza che si riscontrano all'interno di successioni torbiditiche. Non mancano però esempi di frane analoghe in successioni con competenze omogenee.

Scorrimento rotazionale

Sono frane con aspetto morfologico tipico, caratterizzato da una sagoma concava sede di una netta contropendenza del cumulo di frana, spesso associate ad una fase di colata lenta del materiale mobilizzato. Si riscontrano sia in litologie miste di terreni geotecnicamente complessi che in presenza di successioni a comportamento rigido sovrapposte a litologie a comportamento plastico-duttile.

Colata lenta – colamento

Questi fenomeni franosi presentano continue deformazioni e/o movimenti che determinano le tipiche ondulazioni della superficie della massa in frana. Il raggio di curvatura varia da metrica a pluridecimetrica. Tali dissesti sono caratteristici di successioni con componente argilloso-marnoso significativa.

Espansioni laterali, D.G.P.V. e creep depositi di concavità morfologica

In questo gruppo sono stati inseriti tutti gli altri movimenti di massa cartografati e riportati nella “Carta inventario dei fenomeni franosi”. Sono anche incluse alcune tipologie che di norma non vengono considerate frane s.s..

Soil Creep in depositi di concavità morfologica

Comprendono i movimenti che si sviluppano in prevalenza all’interno delle coltri di copertura, laddove si associano particolari condizioni idrogeologiche. Sono stati considerati gli accumuli detritico-eluvio-colluviali di concavità morfologica, in quanto nell’ambito di queste ultime si hanno i casi più evidenti ed importanti. I movimenti hanno luogo con deformazioni progressive delle masse interessate, le quali in superficie presentano tipiche ondulazioni da decimetriche a metriche, con smorzamento più o meno rapido degli stessi in profondità.

Stato di attività

Lo studio geomorfologico dell’area, insieme al censimento su base cinematica dei dissesti presenti, tiene in considerazione anche lo stato di attività. Per descrivere lo stato di attività di una frana si fa riferimento ad una solida e oramai consolidata bibliografia: le raccomandazioni del WP/WPLI (Working Party on World Landslide Inventory, 1990-1994) recentemente rivisitate dalla classificazione proposta da Cruden & Varnes (in Landslides, T.R.B., 1996). Questa classificazione, suddivide i depositi in tre grandi categorie: **attivi, quiescenti, stabilizzati** o **relitti**.

Per **frana attiva** si intende un deposito che ha manifestato evidenze di movimenti in atto nell’ultimo ciclo stagionale, indipendentemente dalla entità e dalla velocità degli stessi. Sono considerati allo stesso identico modo attivi anche i corpi di frana che denotano comunque una recente attività segnalata da indizi evidenti (lesioni a manufatti, scarsa vegetazione, terreno smosso) all’occhio del tecnico rilevatore.

Per **frana quiescente** si intende un deposito che non ha manifestato evidenze di movimento negli ultimi cicli stagionali. Si tratta di cumuli di frana che presentano con profili regolari, vegetazione con grado di sviluppo analogo a quello delle aree circostanti non in frana, assenza di terreno smosso e assenza di lesioni recenti a manufatti, quali edifici o strade. Tuttavia, per queste frane sussistono ci possono essere oggettive possibilità di riattivazione poiché le cause preparatorie e scatenanti che hanno portato all’origine del movimento franoso non hanno esaurito la loro potenzialità.

Per **frana stabilizzata** o **relitta** si intende un deposito senza evidenze di movimento in atto o recente su cui le cause originali del movimento non possono ulteriormente agire (frana naturalmente/artificialmente stabilizzata), o collocato in contesto morfologico diverso da quello attuale e pertanto considerato non più riattivabile (frana relitta).

3.4.3 DATI STATISTICI GENERALI

Nel corso del rilevamento geologico e geomorfologico sono stati **censiti n. 304** eventi franosi distinti secondo la classificazione riportata nel paragrafo precedente. In figura 3.4.3.1 è riportata la Carta inventario dei fenomeni franosi dell'areale compreso tra il pozzo GG3 e il Centro Olio Tempa Rossa, Basilicata (ALLEGATO V).

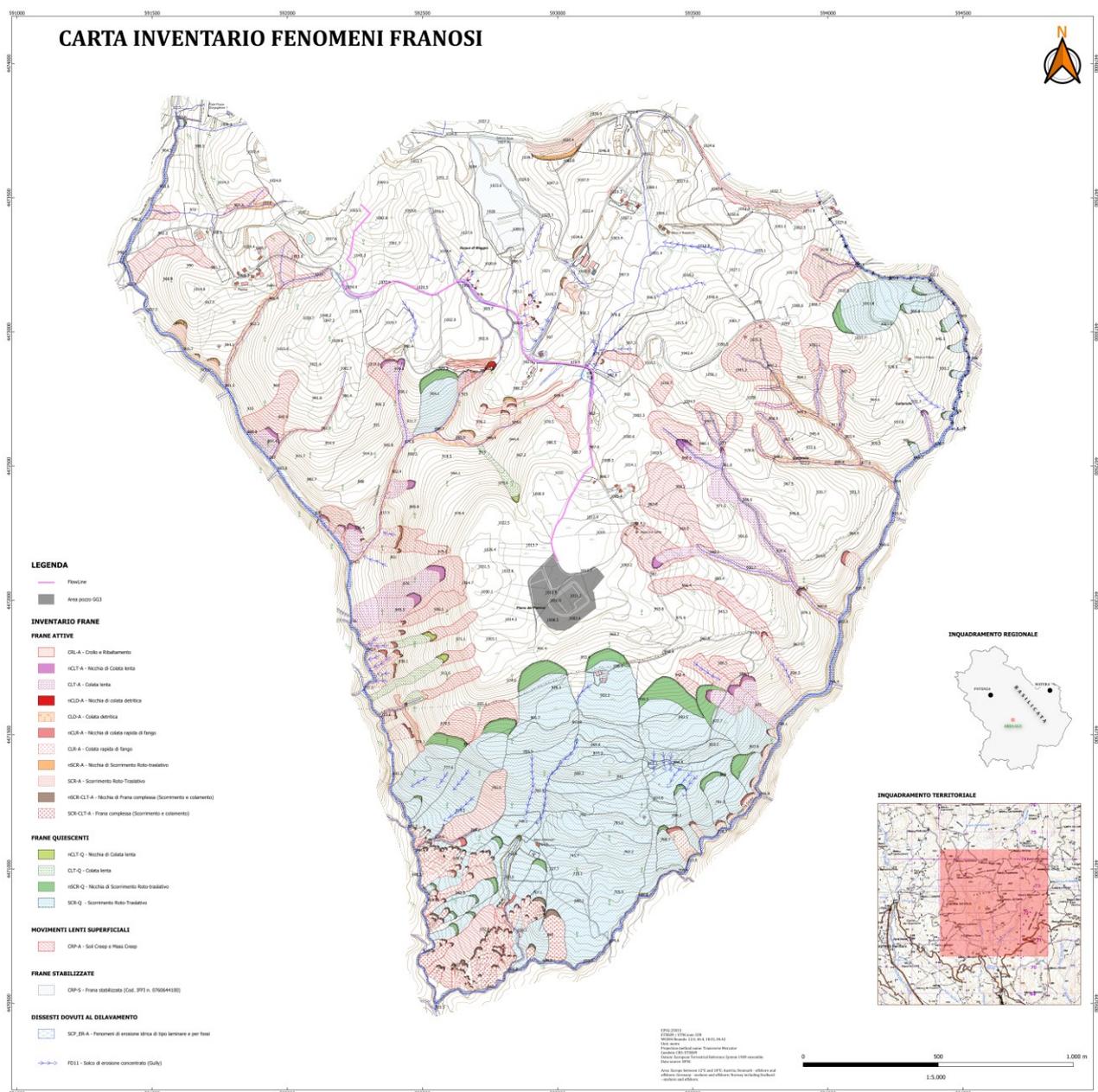


Figura 3.4.3.1 – Carta Inventario Fenomeni Franosi dell'areale compreso tra il pozzo GG3 e il Centro Olio Tempa Rossa, Basilicata.

Utilizzando la classificazione Cruden e Varnes del 1996 (modificata) le frane risultano essere suddivise come riportato in tabella 3.4.3.1 e in figura 3.4.3.2.

ID	CODICE	DESCRIZIONE	STATO	MOV	ZONA	AREA	PERCENTUALE
1	SCR-Q	Scorrimento rotazionale Quiescente	Q	SCR	C	1050153	49,9%
2	SCR-A	Scorrimento rotazionale Attivo	A	SCR	C	33065	1,6%
3	CRP-A	Creep Attivo	A	CRP	C	498165	23,7%
4	CLT-Q	Colata lenta Quiescente	Q	CLT	C	28882	1,4%
5	CLD-A	Colata detritica Attiva	A	CLD	C	53636	2,5%
6	CLT-A	Colata lenta Attiva	A	CLT	C	163632	7,8%
7	CRL-A	Crollo/Ribaltamento Attivo	A	CRL	C	9940	0,5%
8	SCP_ER-A	Erosione idrica per erosione laminare e per fossi	A	SCP_ER	C	9302	0,4%
9	CRP-S	Creep Stabilizzato	S	CRP	C	69388	3,3%
10	SCR-CLT-A	Complessa (Scorrimento-Colata lenta)	A	SCR-CLT	C	40525	1,9%
11	CLR-A	Colata Rapida Attiva	A	CLR	C	147750	7,0%

Tabella 3.4.3.1 - Sintesi dei movimenti di frana per tipologia di frana e stato di attività, dimensioni areali e percentuale di area interessata.

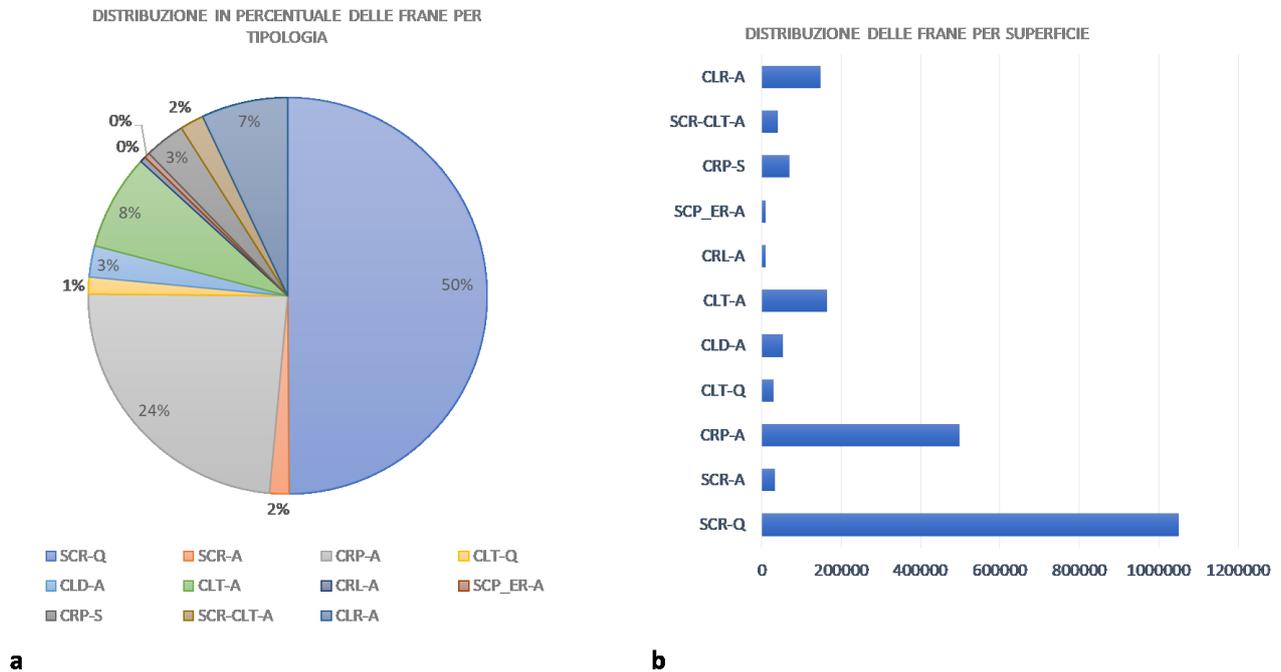


Figura 3.4.3.2 – Diagrammi relativi alla distribuzione delle frane; a) Diagramma a torta relativo alle percentuali di area in frana per tipologia di frana; b) Istogramma delle percentuali di area in frana in mq per tipologia di frana;

Legenda:

- SCR-Q Scorrimento rotazionale Quiescente;
- SCR-A Scorrimento rotazionale Attivo;
- CRP-A Creep Attivo;
- CLT-Q Colata lenta Quiescente;
- CLD-A Colata detritica Attiva;
- CLT-A Colata lenta Attiva;
- SCR-Q Scorrimento rotazionale Quiescente;
- SCR-A Scorrimento rotazionale Attivo;
- CRP-A Creep Attivo;
- CLT-Q Colata lenta Quiescente;
- CLD-A Colata detritica Attiva;
- SCR-CLT-A Complessa;
- SCP_ER_A Erosione idrica

Di seguito viene riportata (fig. 3.4.3.3) in mappa la Carta delle Frane per l'areale compreso tra il pozzo GG3 e il Centro Olio Tempa Rossa, Basilicata suddivisa per classi di attività:

- 1) A) Attiva;
- 2) Q) Quiescente;
- 3) S) Stabilizzata.

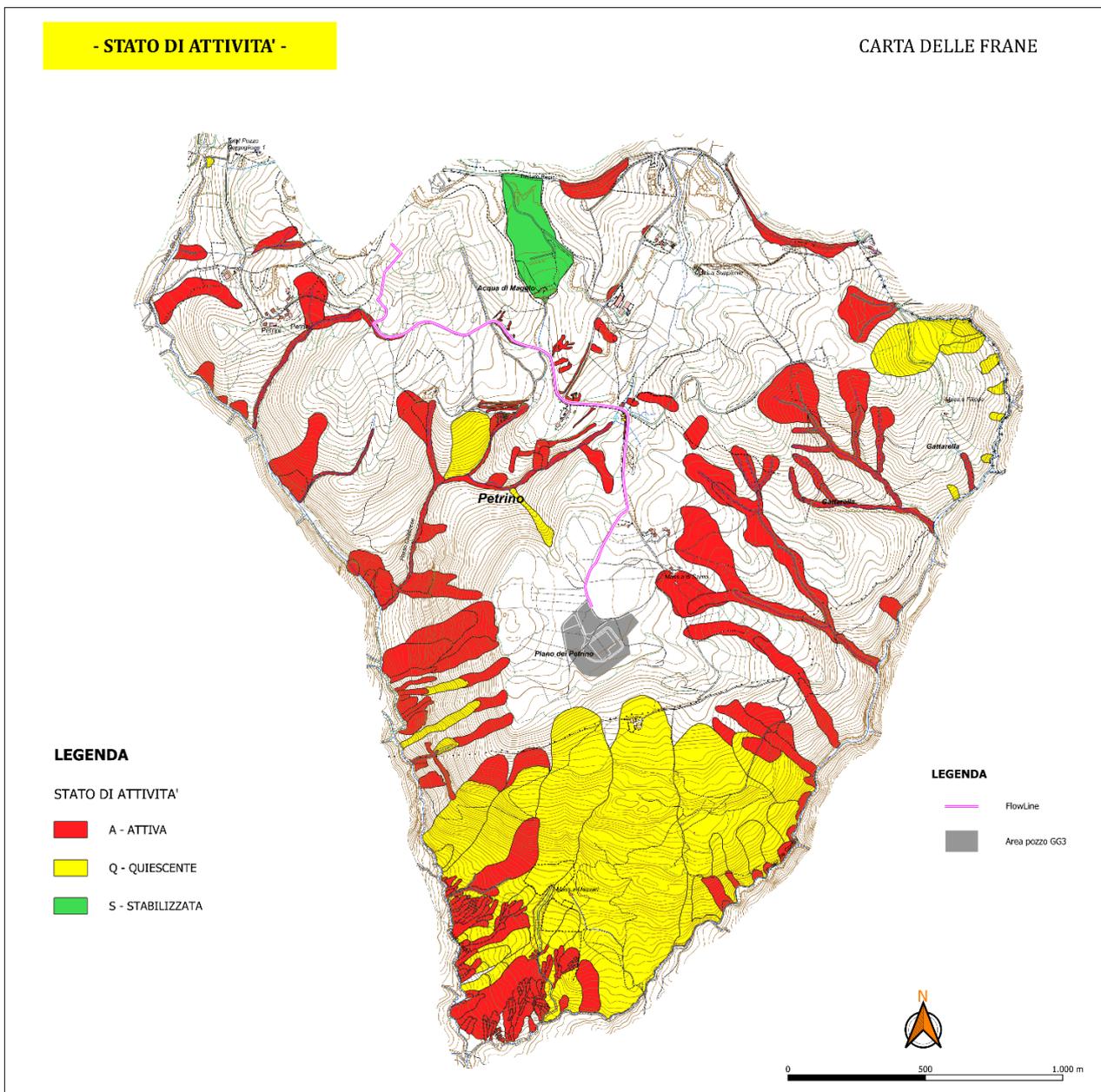


Figura 3.4.3.3 – Carta delle Frane per l'areale compreso tra il pozzo GG3 e il Centro Olio Tempa Rossa, Basilicata con rappresentazione dello Stato di Attività (A: Attiva; Q: Quiescente; S: Stabilizzata stabilizzata naturalmente o artificialmente).

Schematizzando, nella figura 3.4.3.4 sono riportati i diagrammi relativi alle percentuali di aree in frana per stato di attività e la sommatoria delle aree suddivise per stato di attività.

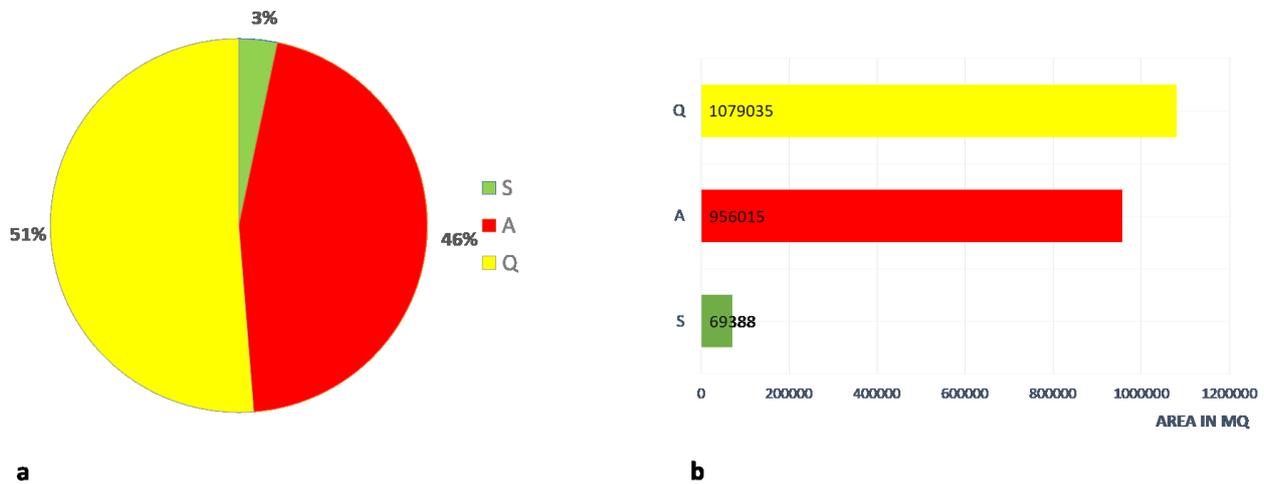


Figura 3.4.3.4 – Statistiche; a) Diagrammi a torta delle percentuali di area in frana per stato di attività; b) Sommatoria areale delle frane per stato di attività.

Legenda:

A: attiva;

Q: quiescente;

S: stabilizzata naturalmente o artificialmente (per le definizioni dello stato di attività delle frane vedi testo).

Dallo studio geomorfologico emerge che circa il 64% dell'ambito di studio è da considerarsi potenzialmente stabile, mentre 36% è interessato da dissesti. L'area del pozzo GG3 è da considerarsi stabile. Allo stesso tempo la flowline è interessata localmente da dissesti superficiali e limitati come estensione (fig. 3.4.3.5 e fig. 3.4.3.6).

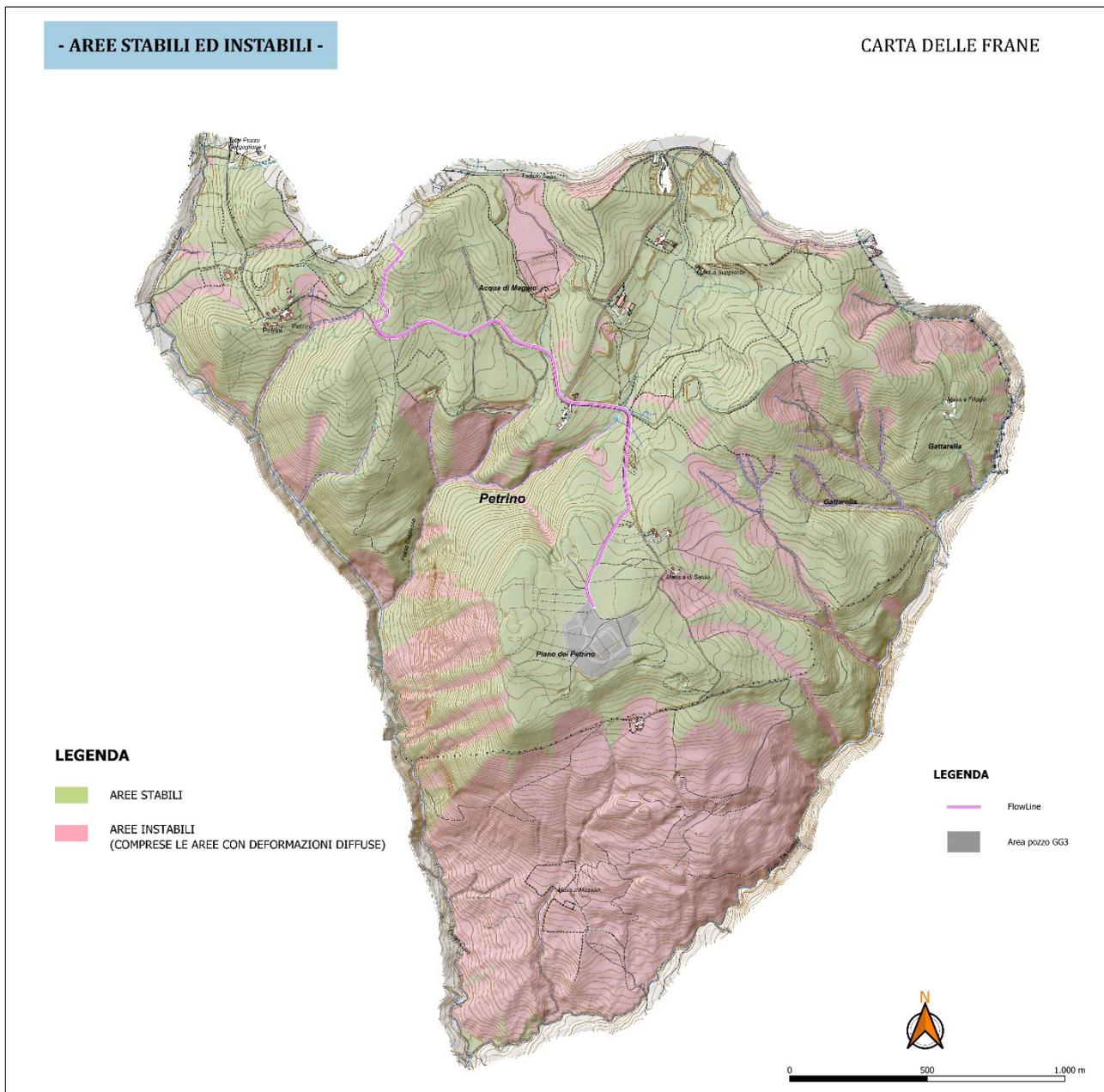
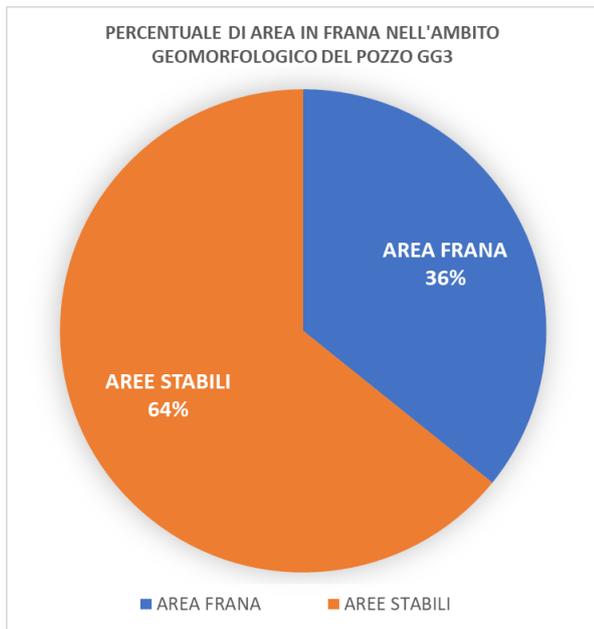


Figura 3.4.3.5 – Mappa di aree in dissesto (comprese le aree con deformazioni diffuse) e aree stabili nell'ambito geomorfologico di studio.



AREA FRANA (m ²)	AREE STABILI (m ²)	AREA TOTALE (m ²)
2.104.438	3.771.852	5.876.290
36%	64%	100%

Figura 3.4.3.6 – Rapporto complessivo tra aree in dissesto (comprese le aree con deformazioni diffuse) e aree stabili nell'ambito geomorfologico di studio.

3.4.4 SOVRAPPOSIZIONE TRA CARTA INVENTARIO FRANE, PAI E BANCA DATI IFFI

Di seguito vengono brevemente descritti gli inventari dei fenomeni franosi analizzati per l'area oggetto di studio.

Inventario Frane PAI: l'inventario delle frane PAI fa parte del Piano di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Meridionale (ex Autorità di Bacino della Basilicata). Il PAI segnala la presenza di 8 dissesti franosi. Nello specifico, 5 frane sono classificate come "Aree soggette a frane superficiali diffuse" e 3 come "Colata lenta". Nel PAI sono presenti 2 aree a rischio R3, 1 area a rischio R2 e 5 aree a rischio R1.

Inventario Frane IFFI: l'inventario IFFI ha censito per l'area in esame 8 fenomeni franosi. Inoltre, dalla sovrapposizione delle banche dati PAI ed IFFI è emerso che le 8 frane IFFI coincidono con i perimetri dei dissesti riportati dal PAI.

Dal raffronto con la Carta inventario dei fenomeni Franosi prodotta dal presente studio (fig. 3.4.4.1), è emerso che n. 7 frane sono in parte sovrapponibili con il rilevamento di dettaglio, anche se si è reso necessario ripеримetrarle in più famiglie di frane con un diverso tipo di movimento e stato di attività.

La frana (idfrana: 0760644100 della Banca Dati IFFI) classificata come "Aree soggette a frane superficiali diffuse", ricadente nel settore settentrionale dell'ambito di studio è attualmente possibile considerarla come stabilizzata, in quanto oltre ad essere modificata l'attuale morfologia dei luoghi, sono stati condotti importanti interventi di messa in sicurezza mediante terre armate e drenaggi.

La frana (idfrana: 0760629900 della Banca Dati IFFI) classificata come "Aree soggette a frane superficiali diffuse", in località Piano dei Petrini, non trova riscontro con quelle censite in quanto totalmente obliterata dai riporti antropici di cava.

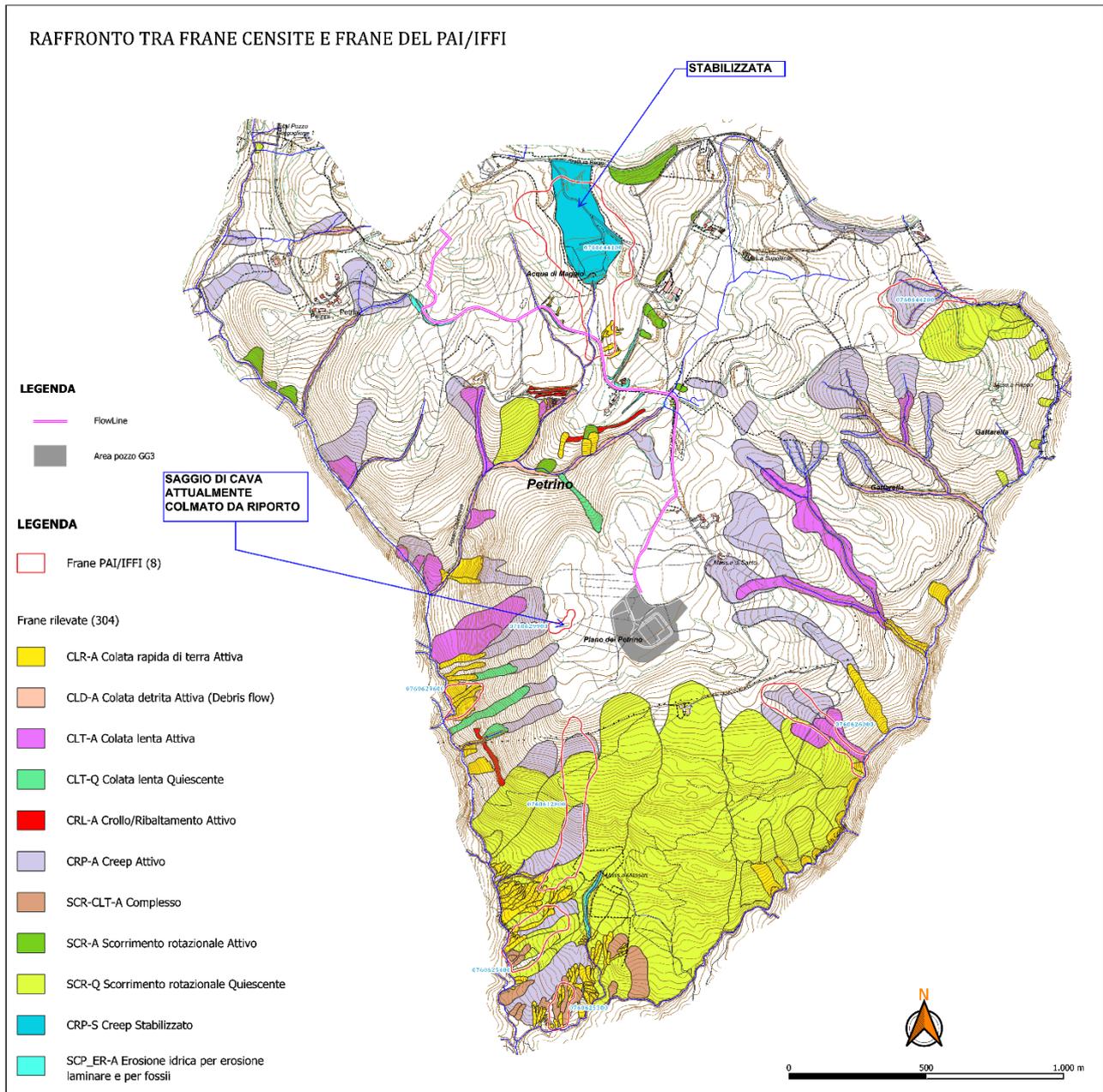


Figura 3.4.4.14 – Raffronto tra Carta inventario frane e Frane del PAI (coincidenti con le frane del Progetto IFFI).

3.4.4.1 VALUTAZIONI CONCLUSIVE

Le statistiche e le elaborazioni condotte espongono un quadro generale sulla distribuzione dei fenomeni gravitativi nell'ambito geomorfologico di studio. Tutte le principali informazioni relative ad ogni frana cartografata sono contenute nel database alfanumerico: tipologia di movimento, stato di attività, metodologia utilizzata per la valutazione del tipo di movimento e dello stato di attività, area, perimetro, altezza e pendenza (massima media e minima). Inoltre, sono state effettuate alcune elaborazioni mediante l'utilizzo delle principali funzionalità GIS di analisi e sovrapposizione di più livelli informativi. Sono stati individuati i potenziali punti di criticità stradale e sulle opere antropiche sovrapponendo i livelli informativi delle frane dell'Inventario su quelli dell'edificato artigianale, rurale e delle infrastrutture lineari.

L'inventario ha censito nell'ambito geomorfologico di studio, alla data del 15 gennaio 2024, 304 fenomeni franosi che interessano un'area totale di 2,10 km², pari al 36% del territorio investigato.

L'incidenza della franosità è concentrata principalmente nell'unità morfologica di versante e nelle aree pedemontane, mentre è decisamente più contenuta e nelle aree sommitali e di versante a bassa pendenza.

Anche la geologia riveste un ruolo predominante, in quanto la tipologia di movimento dipende principalmente dalle caratteristiche geologiche e litologiche, dall'assetto stratigrafico e strutturale e dal grado di alterazione. Il settore meridionale dell'area di studio è caratterizzato dall'affioramento di argille scagliose varicolori, in cui sono presenti aree più o meno estese, soggette a movimenti franosi complessi che evolvono a colata nella porzione valliva.

4 IDROGEOLOGIA

4.1 RILIEVO IDROGEOLOGICO DELL'AREA DI PROGETTO: PRIMI DATI INERENTI L'ATTIVITÀ DI CENSIMENTO DEI PUNTI D'ACQUA E RICOSTRUZIONE DELLA SUPERFICIE PIEZOMETRICA (GENNAIO 2024)

Le attività di rilievo idrogeologico sono state svolte all'interno dell'areale di circa 6 km² compreso tra il sito del pozzo GG3 ed il Centro Olio Tempa Rossa. Il rilievo ha avuto come obiettivo quello di ricostruire le principali caratteristiche idrogeologiche dell'area e la piezometria della falda idrica sotterranea attraverso l'esecuzione delle seguenti procedure:

- censimento e ubicazione dei punti d'acqua presenti;
- raccolta dati freaticometrici dei livelli di falda in corrispondenza di pozzi e piezometri;
- classificazione delle formazioni affioranti in chiave idrogeologica;
- ricostruzione piezometrica della falda idrica sotterranea ed analisi idrodinamica sui dati relativi a Gennaio 2024.

Il censimento dei punti d'acqua ha permesso di ubicare in modo esatto, tramite l'utilizzo di tecnologia GPS, sorgenti, pozzi e piezometri.

Per sorgente s'intende il punto in cui la superficie topografica interseca la superficie freatica. Differentemente, per pozzo e piezometro s'intende un'opera idraulica verticale e/o inclinata che intercetta la falda idrica. Oltre che per attingere la risorsa presente (pozzi), queste opere vengono utilizzate per misurare il livello freatico al di sotto della superficie terrestre (anche chiamato piano campagna p.c.). In particolare, durante le operazioni sul campo sono stati acquisiti una serie di dati riportati sulle schede di sintesi dei punti d'acqua (ALLEGATO VI – Schede di sintesi punti acqua). Per ogni punto d'acqua censito sono state riportate le seguenti informazioni.

Sorgenti

- denominazione;
- codice;

- ubicazione;
- coordinate;
- quota altimetrica;
- tipologia di emergenza;
- terreni affioranti;
- portate;
- uso;
- documentazione fotografica.

Pozzi e piezometri

- tipologia di opera;
- denominazione;
- codice;
- ubicazione;
- coordinate;
- quota altimetrica;
- altezza bocca pozzo;
- livello freatico da bocca pozzo;
- documentazione fotografica.

Durante l'attività di campo sono stati censiti in totale 23 punti d'acqua (fig. 4.1.1), di cui:

- 5 sorgenti;
- 4 pozzi;
- 14 piezometri.

Dopo il censimento e la georeferenziazione dei punti d'acqua, l'attività è proseguita con la misura del livello freatico all'interno di pozzi e piezometri. Tali letture si eseguono nel minor tempo possibile, allo scopo di "fotografare" lo stato piezometrico dinamico della falda idrica sotterranea; la misura è stata effettuata avendo come riferimento il bocca-pozzo (tabella 4.1.1). I livelli freatici registrati sono stati successivamente riferiti al livello medio del mare sottraendo dalla quota altimetrica acquisita sia attraverso modalità GPS che utilizzando il DTM la misura effettuata (al netto dell'altezza del bocca-pozzo dal piano campagna). Oltre all'analisi del quadro effettivo dei punti d'acqua presenti, durante le attività di rilievo idrogeologico sono state valutate le

caratteristiche idrogeologiche delle formazioni affioranti nell'area indagata, in modo tale da definirne i caratteri di permeabilità idraulica sulla base dell'osservazione dei siti e della raccolta di dati inerenti l'assetto stratigrafico dei litotipi affioranti, giacitura di fratture e piani di taglio, presenza di eventuali rocce di faglia, ecc.

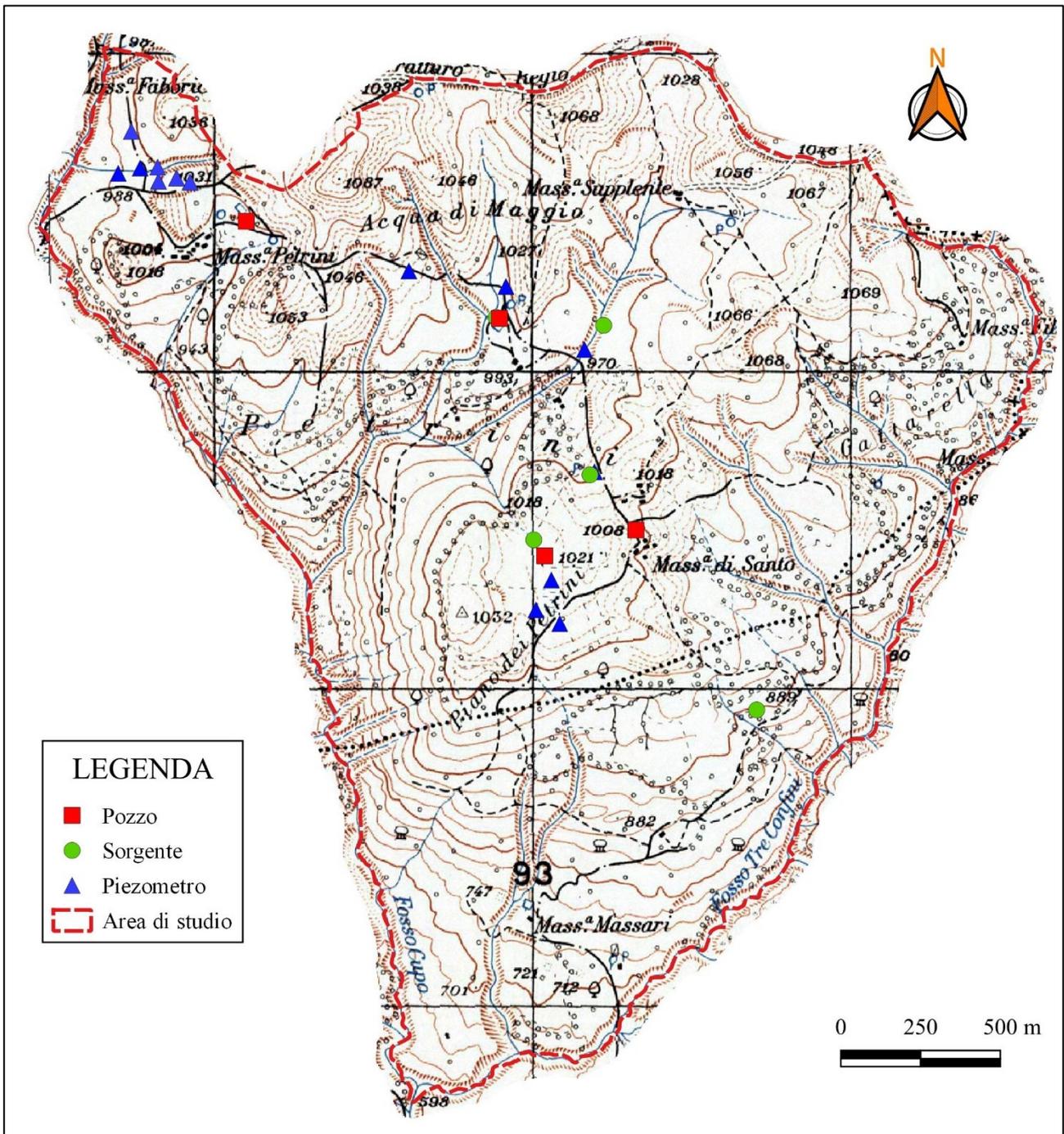


Figura 4.1.1 - Ubicazione dei punti d'acqua censiti nell'area di studio.

Codice	Tipo	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Altezza bocca pozzo [m]	Quota DTM [m s.l.m.]	Livello freatico da bocca pozzo [m]	Livello freatico rispetto al l.m.m [m]
AST P24	PIEZOMETRO	40.406609	16.080679	0.18	978.8	2.76	976.2
AST P09	PIEZOMETRO	40.406480	16.079877	0.23	971.4	2.57	969.0
S4 FL	PIEZOMETRO	40.403619	16.090563	0.3	1014.1	7.18	1007.2
S3 FL	PIEZOMETRO	40.403169	16.094195	0.26	991.2	4.62	986.8
S2 FL	PIEZOMETRO	40.401393	16.096983	0.3	972.5	6.1	966.7
S1 FL	PIEZOMETRO	40.397841	16.097324	0.19	993.7	2.87	991.0
GG3S3	PIEZOMETRO	40.394784	16.095682	0.29	1011.5	2.74	1009.0
GG3S2	PIEZOMETRO	40.393937	16.095100	0.23	1012.0	10.07	1002.2
GG3S1	PIEZOMETRO	40.392788	16.096396	0.18	1011.5	28.43	983.2
PZ32	PIEZOMETRO	40.406218	16.082524	0.3	1013.9	10.21	1003.7
PZ34	PIEZOMETRO	16.082025	40.406341	0.3	1003.2	7.08	996.1
PZ36	PIEZOMETRO	40.406255	16.081357	0.3	993.1	5.82	987.3
Z0PZ67	PIEZOMETRO	40.406657	16.081332	0.4	992.4	3.41	989.0
Z0PZ69	PIEZOMETRO	40.407684	16.080377	0.25	991.9	6.66	985.2
PO01	POZZO	40.405087	16.084580	0	1014.6	10.57	1004.0
PO02	POZZO	40.402238	16.093889	0.66	983.5	1.71	981.8
PO03	POZZO	40.396173	16.098831	0.61	1001.1	5.43	995.6
PO05	POZZO	40.395469	16.095448	0.18	1010.3	3.47	1006.8
SG01	SORGENTE	40.391015	16.103204		894.2		894.2
SG02	SORGENTE	40.395929	16.095052		1009.2		1009.2
SG04	SORGENTE	40.402004	16.097733		973.6		973.6
SG05	SORGENTE	40.402269	16.093765		982.9		982.9

Tabella 4.1.1 - Tabella riassuntiva dei dati idrogeologici dei punti d'acqua acquisiti durante le attività di rilievo (Gennaio 2024). Sistema di riferimento WGS84 - EPSG: 4326 Geografico (latitudine e longitudine in gradi).

GeoSMART Italia s.r.l.s.
Sede legale: Via Domenico di Giura, 54
85100 Potenza
P.IVA 01959310762

e-mail: info@geosmartitalia.it
PEC: info@pec.geosmartitalia.it

Il confronto dei dati raccolti con quelli presenti nella bibliografia tecnico-scientifica ha permesso il riconoscimento dei principali complessi idrogeologici presenti sulla base del grado di dettaglio previsto e, quindi, delle opportune scale di rappresentazione delle carte tematiche. Le suddette attività hanno portato a riconoscere 3 complessi idrogeologici distinti in base al grado e al tipo di permeabilità idraulica:

Complesso idrogeologico Pelitico-Arenaceo (Flysch di Gorgoglione - Litofacies A)

- Tipo di permeabilità per porosità e fessurazione (nei livelli arenacei)
- Grado di permeabilità da sostanzialmente molto basso a medio

Il Complesso idrogeologico **pelitico-arenaceo** (ALLEGATO VII – Carta Idrogeologica dell’areale compreso tra il pozzo GG3 e il Centro Olio Tempa Rossa, Basilicata (scala 1:5.000) presenta un grado di permeabilità relativa variabile da basso a medio. Il grado di permeabilità è principalmente per fessurazione e, in subordine, per porosità primaria. Questo complesso comprende la Litofacies A pelitico-arenacee del Flysch di Gorgoglione, in particolare i membri FGOa2, FGOa1, FGOi (ALLEGATI II & VII). Nell’area indagata, il Complesso è costituito da una fitta alternanza di strati sottili, spessi fino a 20 cm, solitamente centimetrici comprendenti arenarie, siltiti, marne e argille. Si nota come la separazione tra i diversi strati sia netta. Rari gli strati arenacei caratterizzati da spessori maggiori di 20 cm. Si nota altresì come la presenza di intervalli pelitici continua alla scala dei singoli affioramenti abbia spesso compartimentalizzato le fratture all’interno dei singoli strati, non consentendo quindi l’infiltrazione di acque meteoriche in profondità e, di fatto, l’alimentazione di una possibile falda idrica profonda (falda di base). La presenza di una coltre di alterazione ha permesso inoltre l’instaurarsi di un flusso idrico limitato e superficiale, il quale alimenta sorgenti con portate idriche limitate.

Complesso idrogeologico Arenaceo-Pelitico (Flysch di Gorgoglione - Litofacies B)

- Tipo di permeabilità per porosità e fessurazione (nei livelli arenacei)
- Grado di permeabilità da medio – basso

Il Complesso idrogeologico **arenaceo-pelitico** è caratterizzato da un grado di permeabilità relativa localmente alto alla scala di affioramento, in riferimento alle rocce affioranti in superficie;

generalmente il grado di permeabilità relativa risulta variabile da medio a basso. La permeabilità è principalmente per fessurazione e, in subordine, per porosità. Il Complesso idrogeologico è costituito dalla **litofacies B** del **Flysch di Gorgoglione** (FGOb) (ALLEGATI II & VII), la quale è caratterizzata da un rapporto arenaria:pelite maggiore di 1. Gli strati arenacei hanno colori che vanno dall'ocra al grigiastro, sono ben distinti da quelli pelitici, hanno uno spessore variabile da qualche decimetro fino a circa 2,4 metri e sono ritagliati da tre set principali di fratture ad alto angolo (vedi capitolo 2 - Geologia). All'interno della Litofacies B si rinvengono intervalli metrici pelitico-arenacei afferenti alla Litofacies A. La presenza di intervalli pelitici continui intercalati agli strati arenacei non permette la formazione di un flusso idrico profondo e non facilita, quindi, l'alimentazione di un'eventuale falda idrica di base. La presenza di una coltre di alterazione permette un flusso idrico, limitato e superficiale, che giustifica la presenza di sorgenti di piccola entità, in termini di portata idrica.

Complesso idrogeologico delle Argille Varicolori Inferiori

- Tipo di permeabilità per porosità e fessurazione
- Grado di permeabilità nullo/impermeabile

Il Complesso idrogeologico delle **Argille Varicolori Inferiori** possiede un grado di permeabilità relativa nulla/impermeabile, in corrispondenza delle ampie porzioni argilloso-marnose, e medio-scarso all'interno delle subordinate porzioni lapidee, molto fratturate. Esso è costituito da argille di colore rossastro, verde e grigio, con livelli di diaspri e calcari selciosi varicolori di 2-40 cm di spessore. Si rinvengono livelli estremamente caotici e tettonizzati, i quali contengono al loro interno lembi o blocchi di alternanze calcarenitico-marnose o arenaceo marnose. Il complesso risulta sostanzialmente impermeabile nella prevalente componente argillosa, mentre le componenti lapidee hanno una permeabilità idraulica relativa media a scala locale di affioramento. A scala più grande, essendo questi blocchi immersi all'interno della componente argillosa prevalente, il contributo dato dalle componenti lapidee al flusso è pari a zero.

4.2 CARTA IDROGEOLOGICA: PREMESSA ED ANALISI IDRODINAMICA ATTRAVERSO L'INTERPRETAZIONE DEL PANNEGGIO PIEZOMETRICO NELL'AREA GG3

L'elaborazione dei livelli piezometrici ottenuti dai punti d'acqua (sorgenti, pozzi e piezometri) censiti nel gennaio 2024 durante la campagna idrogeologica (ALLEGATO VII) ha permesso di ottenere lo schema della circolazione idrica sotterranea nell'area di progetto. La ricostruzione della superficie piezometrica e la sua successiva interpretazione in chiave idrodinamica hanno consentito d'individuare la probabile rete di deflusso sotterraneo. Il grado di approssimazione della rete drenante che descrive la falda idrica sotterranea presente è direttamente proporzionale sia alla densità dei punti d'acqua quotati che alla loro omogeneità distributiva. A conferma del modello di circolazione idrica sotterranea ipotizzato (ALLEGATO VII), le zone sature presenti, evidenziate dai punti d'acqua censiti, mostrano una limitata profondità dal piano campagna compresa (tabella 4.1.1) tra poco meno di un paio di metri (m. 1.71 in corrispondenza del pozzo Po_02) fino a circa 28 m nel piezometro GG3S1).

La scarsa permeabilità relativa dei terreni che affiorano nel settore investigato (trattasi infatti di acquitardi), fa ritenere che le coltri detritiche di alterazione in superficie possano contenere, generalmente, l'aliquota più significativa di acqua sotterranea che circola molto lentamente. All'interno di tali coltri, spesso costituite anche da detriti di frana, s'instaura una circolazione idrica sotterranea di potenzialità molto limitata, come si evince dalle scarse portate sorgive delle poche sorgenti riscontrate (Tabella 1). La superficie piezometrica si adatta, quindi, alla morfologia esterna molto accentuata condizionata dall'andamento morfologico dello spessore della coltre alterata;

Le acque tendono a defluire verso i fondivalle mantenendo una pendenza della superficie piezometrica elevata, compatibile con quella della morfologia di superficie. I modelli di circolazione idrica in litotipi con permeabilità relativa bassa, o nulla, prevedono che ci sia una sorta di corrispondenza tra gli spartiacque superficiali e gli spartiacque sotterranei.

La rete di deflusso elaborata (Enrile & Ferrando, 2013) consente, quindi, d'interpretare le modalità di circolazione idrica nel sottosuolo. La superficie piezometrica ottenuta mostra come le direzioni del deflusso idrico corrispondano, solitamente, alle linee di massima pendenza. Ovviamente il verso

del deflusso è determinato dalle quote altimetriche della suddetta superficie. Le direzioni di drenaggio principali/probabile deflusso sotterraneo sono state riportate sulla carta idrogeologica allegata (ALLEGATO VII). Le curve isopiezometriche mostrano infatti un andamento concentrico, chiuso, tipico del fenomeno di adattamento della piezometria alla morfologia del suolo. A tal riguardo, si nota come gli assi che definiscono gli spartiacque sotterranei coincidano, nel settore in esame, con gli spartiacque superficiali questi ultimi costituiscono la cosiddetta zona di alimentazione, da cui le acque sotterranee tendono ad allontanarsi per confluire verso gli assi di drenaggio. Inoltre, l'analisi della superficie piezometrica elaborata per l'area di progetto permette di evidenziare come i due principali parametri, la quota dei corsi d'acqua e delle sorgenti presenti e la morfologia del substrato a più bassa permeabilità idraulica (vedi geometria delle superfici di scorrimento delle frane), ne abbiano probabilmente modificato, almeno in parte, il pattern rispetto a quello della superficie orografica. Nell'area di Tempa Rossa - Gorgoglione, l'evoluzione geomorfologica dei versanti è condizionata in buona parte dai movimenti gravitativi in particolare nel settore meridionale dell'area di progetto. I movimenti di versante, di varia tipologia e dimensione, hanno mobilitato masse rocciose, divenute detritiche, che i processi erosivi, nel tempo, hanno modellato dando luogo ad accumuli lungo la base dei versanti più acclivi, mascherando spesso la roccia in posto. L'assetto geomorfologico, in questo settore meridionale, registra la presenza di numerose scarpate di frana, leggere contropendenze (terrazzi di frana) e trincee, che costituiscono importanti indicatori geomorfologici del modellamento gravitativo dei versanti. Il contrasto di permeabilità nei terreni interessati dalle frane e l'assetto geometrico dei bacini determinati dai movimenti franosi agevolano la formazione di piccoli serbatoi che fungono da contenitore di falde idriche condizionando il deflusso idrico sotterraneo.

Area di Tempa Rossa – Gorgoglione (Pozzo GG3)

Il sito previsto per il Pozzo GG3 è ubicato in un'area a SE di Tempa Rossa, in località Piano del Petrino. Morfologicamente l'area si presenta come un pianoro compreso tra quota 1000 m e quota 1031 m s.l.m., il quale è delimitato da versanti che declinano a S verso il fosso dei tre confini, ad E verso il fosso Cupo e a N, in località Petrino, verso il fosso Calabrese. I punti d'acqua (tabella 4.1.1) censiti, costituiti in massima parte da piezometri, hanno consentito un discreto dettaglio ricostruttivo della superficie piezometrica presente nei dintorni del sito del pozzo GG3 e, quindi,

delle modalità di circolazione idrica sotterranea; considerata la distribuzione non omogenea sull'intero settore indagato, la ricostruzione del pannello piezometrico è più accurata nei settori prossimi alla presenza dei punti d'acqua.

Il modello di circolazione idrica sotterranea ricostruito rispecchia quello delle aree circostanti, le quali sono affini per morfologia e per tipologia di formazione geologica presente (riconducibile alla porzione arenacea del Flysch di Gorgoglione – ALLEGATO VII); è stata accertata la presenza di falde idriche superficiali, probabilmente anche non in continuità idraulica tra loro, poste ad una profondità dal p.c. compresa tra i 2 m e circa 30 m.

Nell'area di Piano del Petrino, la falda idrica risulta a pochi metri di profondità, per poi approfondirsi, verso sud (piezometro GG3S1, prof. di oltre 28 dal p.c.); Le acque sotterranee circolano prevalentemente all'interno della componente più francamente lapidea del Flysch di Gorgoglione. Gli spartiacque sotterranei sono condizionati dall'andamento dei colmi morfologici. Piano del Petrino rappresenta di fatto uno spartiacque sotterraneo mostrando di avere un andamento grossomodo NE-SO per poi, verso sud divenire E-O. Analogamente alle zone circostanti, la falda idrica probabilmente assume un andamento frazionato e centrifugo, rispetto al Piano del Petrino, con direzioni di deflusso radiale verso NO, con recapito nel Fosso Calabrese, verso SS-E, con recapito nel Fosso Tre Confini, e ad O, con recapito nell'impluvio di Fosso del Cupo.

5 BIBLIOGRAFIA

Bai T., Pollard D.D. & Gao H. (2000). Explanation for fracture spacing in layered materials. *Nature*, 403, 753-755.

Boenzi F. & Ciaranfi N. (1970) – Stratigrafia di dettaglio del Flysch di Gorgoglione (Lucania). *Memorie della Società Geologica Italiana*, 9, 68-80.

Bonardi G., D'Argenio B. & Perrone V. (1988) – Carta geologica dell'Appennino meridionale alla scala 1:250.000. *Memorie della Società Geologica Italiana*, 41, pp. 1341.

Caputo R. & Salviulo L. (2005) - Late Quaternary activity of the Scorciabuoi Fault, Southern Italy, in *Proceedings of the 14th Meeting Ass. European Geological Societies*, Torino, September 19-23, 53-55.

Cavalcante F., Prosser G., Agosta F., Corrado G. (2015) - Post-depositional history of the Miocene Gorgoglione Fm., (southern Apennines, Italy): inferences from mineralogical and structural analyses. *Bulletin of the French Geological Society* 186, 243-256.

Ciaranfi N. (1970) – Stratigrafia di dettaglio del “Flysch di Gorgoglione” (Lucania). *Memorie della Società Geologica Italiana*, 9, 65-79.

Ciaranfi N. (1972) – Flysch di Gorgoglione. *Bollettino del Servizio Geologico Italiano*, 92, 111-114.

Cocco E., Cravero E., Ortolani F., Pescatore T., Russo M., Sgrosso I. & Torre M. (1972) – Les facies sedimentaries du Bassin Irpinien (Italie). *Atti della Accademia Pontaniana, Napoli*, 21, pp. 12.

Cruden D.M. & Varnes D.J. (1996) - Landslide Types and Processes. In “Landslides: Investigation and Mitigation”, Ed. Turner A.R. and Schuster R.L., Sp. Rep. 247, Transportation Research Board, National Research Council, National Academy Press, Washington D.C., 36-72.

Dell'Anna L., Laviano R. & Loiacono F. (1988) – Caratteri composizionali e granulometrici di alcune facies pelitiche del Flysch di Gorgoglione (Torrente Casale, Alta Valle del Fiume Agri). *Memorie della Società Geologica Italiana*, 41, 827-839.

Dragut L. & Eisank C. (2012) - Automated object-based classification of topography from SRTM data. *Geomorphology* 141-142:21-33. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2011.12.001>.

Enrile F. & Ferrando I. (2013) - Modellazione 3D del substrato roccioso e del livello di falda mediante interpolazione di punti in GRASS. Geomatics Workbooks n° 11 - "FOSS4G-it: Genova 2013".

Fossen, H. (2010) - Structural Geology, Cambridge University Press, pp. 463.

Giannandrea P., Loiacono F., Maiorano P. & Lirer F. (2009) – Carta geologica del settore orientale del bacino di Gorgoglione. Dipartimento di Geologia e Geofisica – Università di Bari.

IFFI “Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani” del Servizio Geologico Nazionale – CNR.
<https://idrogeo.isprambiente.it/app/iffi?@=41.55172525858242,12.573501484000001,2>

Jenness, J. (2006) - Topographic Position Index (tpi_jen.avx) extension for ArcView 3.x, v. 1.2. Jenness Enterprises. <http://www.jennessent.com/arcview/tpi.htm>. Accessed 10 July 2022.

Loiacono F. (1975) – Osservazioni sulle direzioni delle paleocorrenti nel Flysch di Gorgoglione (Lucania). Bollettino della Società Geologica Italiana, 93, 1127-1155.

Loiacono F. (1981) – Contributo alla ricostruzione paleogeografica del bacino di sedimentazione del Flysch di Gorgoglione (Lucania). Bollettino della Società Geologica Italiana, 100, 193-211.

Loiacono F. (1983) – Nuovi dati sui caratteri deposizionali del Flysch di Gorgoglione: considerazioni sulla paleomorfologia del bacino. Studi Geol. e Geof. sulle regioni pugliese e Lucana, 23, 1-37, Dipartimento di Geologia e Geofisica dell’Università di Bari.

Loiacono F. (1993) – Geometrie e caratteri deposizionali dei corpi arenacei nella successione stratigrafica del Flysch di Gorgoglione (Miocene superiore, Appennino meridionale). Bollettino della Società Geologica Italiana, 112, 909-922.

Mauldon M., Dunne W.M., Rohrbaugh M.B. (2001) - Circular scanlines and circular windows: new tools for characterizing the geometry of fracture traces. Journal of Structural Geology 23, 247–258.

Mauldon M., Rohrbaugh Jr. M.B., Dunne W.M., Lawdermilk W. (1999a). Fracture intensity estimates using circular scanlines. In: Amadei et al. (Eds.), Proceedings of the 37th US Rock Mechanics Symposium: Rock Mechanics for Industry. Balkema, Rotterdam, p. 777-784.

Mauldon M., Rohrbaugh Jr. M.B., Dunne W.M., Lawdermilk W. (1999b). Estimators for mean fracture trace length and density using circular windows. In: Amadei et al. (Eds.), Proceedings of the 37th US Rock Mechanics Symposium: Rock Mechanics for Industry. Balkema, Rotterdam, p. 785 - 792.

Mostardini F. & Merlini S. (1986) – Appennino centro-meridionale. Sezioni geologiche e proposta di modello strutturale. Memorie della Società Geologica Italiana, 35, 177-202.

- Mutti E. & Normark W.R. (1987) – Comparing examples of modern and ancient turbidite systems: problems and concepts. In: *Marine Clastic Sedimentology* (Ed. by J.K. Legget & G.G. Zuffa), pp. 1-38, Graham and Trotman, London.
- Ogniben L. (1969) - Schema introduttivo alla geologia del confine calabro-lucano. *Memorie della Società Geologica Italiana*, 8, 453-763.
- Ortega O.J., Marrett R.A. & Laubach S.E. (2006) - A scale-independent approach to fracture intensity and average spacing measurement. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 90, 193-208.
- Patacca E. & Scandone P. (2004) - The plio-Pleistocene thrust belt-foredeep system in the Southern Apennines and Sicily (Italy). *Special Volume of the Italian Geological Society for the IGC 32 Florence-2004*.
- Patacca E. & Scandone P. (2007) – Geology of the Southern Apennines. *Italian Journal of Geosciences Special Issue*, 7, 75–119.
- Pescatore (1978) – Evoluzione tettonica del Bacino Irpino (Italia Meridionale) durante il Miocene. *Boll. Soc. Geol. It.*, 97, pp.783-805.
- Pescatore T. (1988) – La sedimentazione miocenica nell’Appennino campano-lucano. *Memorie della Società Geologica Italiana*, 41, 37-46.
- Pescatore T. (1992) – La sedimentazione miocenica nell’Appennino campano-lucano. *Memorie della Società Geologica Italiana*, 41, 37-46.
- Pescatore T. & Senatore M.R. (1986) – A comparison between a present-day (Taranto Gulf) and a Miocene (Irpinian basin) foredeep of the Southern Apennines (Italy). *Special Publication of the International Associations of Sedimentologists*, 8, 169-182.
- Pescatore T., Pozzuoli A., Stanzione D., Torre M., Huertas F. & Linares J. (1980a) – Caratteri mineralogici e geochimici dei sedimenti pelitici del Flysch di Gorgoglione (Lucania, Appennino meridionale). *Periodico di Mineralogia*, 49, 293-330.
- Pescatore T., Salvati G. & Tramutoli M. (1980b) – Regressive depositional cycles in the Gorgoglione Flysch, Irpinids, (Southern Italy). *Geologica Romana*, 19, 51-61.
- Piedilato S. & Prosser G. (2005) – Thrust sequences and evolution of the external sector of a fold and thrust belt: example from the Southern Apennines (Italy). *Journal of Geodynamics*, 39, 386-402.

Pollard, D.D. & Aydin, A., 1988. Progress in understanding jointing over the past century. *Geol. Soc. Am. Bull.* 100, 1181-1204.

Rohrbaugh M.B., Dunne W.M., Mauldon M. (2002). Estimating fracture trace intensity, density, and mean length using circular scan lines and windows. *AAPG Bulletin*, 86, 2089-2104.

Scandone P. (1972) – Studi di geologia lucana: Carta dei terreni della serie calcareo-silico-marnosa e note illustrative. *Bollettino della Società Naturalistica di Napoli*, 81, 225–300.

Selli R. (1962) - Il Paleogene nel quadro della geologia dell'Italia meridionale. *Memorie della Società Geologica Italiana* 3, 737-790.

Shepard F.P. (1954) – Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. *Journal of Sedimentary Petroleum*, 24, 151-158.

Tagil S & Jenness J (2008) - GIS-based automated landform classification and topographic, landcover and geologic attributes of landforms around the Yazoren Polje, Turkey. *J Appl, Sci* 8:910-921.

Varnes D.J. (1978) - Slope movements. Types and processes. In: SCHUSTER R.L. & KRIZKER R.J. (eds) "Landslides: analysis and control". *Nat. Acad, of Sciences, Trasp. Res. Board, Washington, Special Report* 176, 11-35.

Vezzani L. (1968) – Geologia della tavoletta Castronovo di S. Andrea (prov. di Potenza, F° 211 – IV SE). *Atti Accademia Gioenia di Scienze Naturali Catania*, 19, 9-108.

Vezzani, L., Festa, A., & Ghisetti, F. (2010) - Geology and Tectonic evolution of the Central-Southern Apennines, Italy. *Geological Society of America Special Paper* 469, 58 p, including the 'Geological-Structural Map of the Central-Southern Apennines (Italy)' at 1:250.000 scale, Sheets 1 and 2. doi:10.1130/2010.2469.

Weiss A. D. (2001) - Topographic position and landforms analysis. In: *Poster Presentation, ESRI User Conference, San Diego, CA.*

WP/WLI - International Geotechnical Societies' UNESCO Working Party on World Landslide Inventory (1990) – A suggested method for reporting a landslide. *IAEG Bull.*,41,5-12.

WP/WLI - International Geotechnical Societies' UNESCO Working Party on World Landslide Inventory (1991) – A suggested method for a landslide summary. *IAEG Bui.*, 43, 101-110.

WP/WLI - International Geotechnical Societies' UNESCO Working Party on World Landslide Inventory (1993) – A suggested method for describing the activity of a landslide. IAEG Bull., 47, 53-57.

WP/WLI - International Geotechnical Societies' UNESCO Working Party on World Landslide Inventory (1994) - Multilingual Glossary for Landslides.

6 ELENCO ALLEGATI

ALLEGATO I - Schede affioramenti

ALLEGATO II - Carta Geologica dell'areale compreso tra il pozzo GG3 e il Centro Olio Tempa Rossa, Basilicata (scala 1:5.000)

ALLEGATO III – Schede strutturali

ALLEGATO IV – Carta Geomorfologica dell'areale compreso tra il pozzo GG3 e il Centro Olio Tempa Rossa, Basilicata (scala 1:5.000)

ALLEGATO V – Carta inventario dei fenomeni franosi dell'areale compreso tra il pozzo GG3 e il Centro Olio Tempa Rossa, Basilicata (scala 1:5.000)

ALLEGATO VI – Schede di sintesi punti acqua

ALLEGATO VII – Carta Idrogeologica dell'areale compreso tra il pozzo GG3 e il Centro Olio Tempa Rossa, Basilicata (scala 1:5.000).