



Proponente:

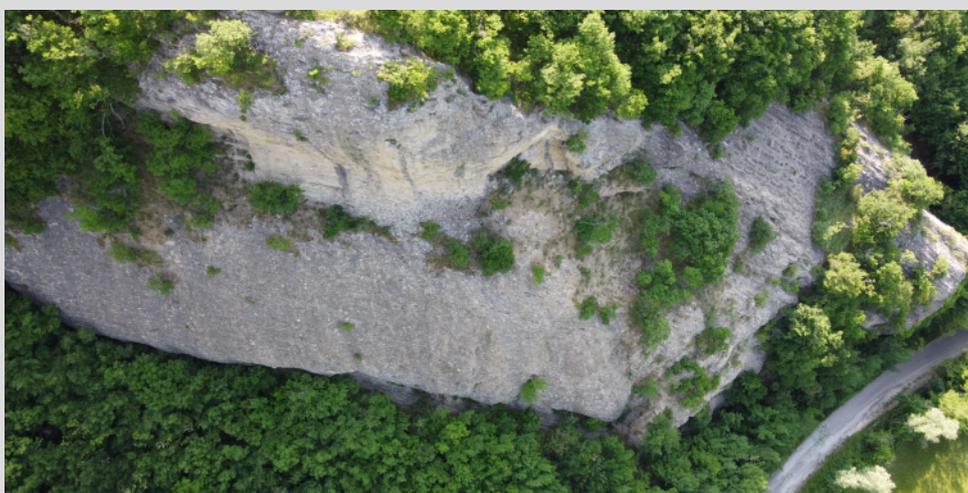
**Comune di Novafeltria**

Piazza V. Emanuele n.2

47863 Novafeltria (RN)

**CONSOLIDAMENTO DELLA PARETE ROCCIOSA IN LOCALITA'  
VIGGIOLO A DIFESA DELLA STRADA COMUNALE CA' GIANESSI-  
VIGGIOLO**

***PROGETTO ESECUTIVO***



**Aprile 2021**

DGR 1659/2019 EMILIA ROMAGNA

CONCORSO FINANZIARIO REGIONALE AI SENSI DEGLI ARTICOLI 8, 9 E 10  
DELLA L.R. 1/2005 FINALIZZATO A FRONTEGGIARE LE SITUAZIONI DI  
EMERGENZA EL TERRITORIO REGIONALE

IMPORTO COMPLESSIVO: € 50.000,00

**Arch. FABRIZIO GUERRA**

**Elaborato 2**  
**Relazione Geologica**

**Geol. ARIANNA LAZZERINI**

**RUP: Arch. FABRIZIO GUERRA**

**RILIEVO E PROGETTO:**  
**Geol. ARIANNA LAZZERINI**

## Sommario

1. <i>PREMESSA</i> .....	2
2. <i>INQUADRAMENTO GEOGRAFICO TERRITORIALE</i> .....	3
3. <i>INQUADRAMENTO GEOLOGICO E CARATTERI DEL DISSESTO</i> .....	9
3.1 <i>INQUADRAMENTO GEOLOGICO TERRITORIALE</i> .....	9
3.1.1 – <i>Evoluzione Paleogeografica Margine Appenninico</i> .....	9
3.1.2 – <i>Stratigrafia</i> .....	12
3.1.3 – <i>Tettonica</i> .....	14
3.2 <i>GEOMORFOLOGIA</i> .....	18
4. <i>RILIEVO DELLE ZONE A MAGGIORE CRITICITA'</i> .....	19
5. <i>CARATTERIZZAZIONE GEOSTRUTTURALE</i> .....	31
6. <i>CARATTERI GEOTECNICI</i> .....	32
7. <i>INDIRIZZI PROGETTUALI DI MESSA IN SICUREZZA</i> .....	33

DGR 1659/2019 - CONCORSO FINANZIARIO REGIONALE AI SENSI ARTT. 8, 9 E 10 L.R. N. 1/2005 E SS.MM.II. FINALIZZATO A FRONTEGGIARE LE SITUAZIONI DI EMERGENZA NEL TERRITORIO REGIONALE – INTERVENTO DI "CONSOLIDAMENTO DELLA PARETE ROCCIOSA IN LOCALITÀ VIGGIOLO A DIFESA DELLA STRADA COMUNALE CÀ GIANESSI - VIGGIOLO" -

## **1. PREMESSA**

La presente relazione costituisce compendio dell'analisi geologica e strutturale, nonché degli interventi di messa in sicurezza della parete rocciosa sovrastante la strada comunale Cà Gianessi-Viggiolo (in comune di Novafeltria), interessata da crolli e distacchi di materiale arenaceo. Si è provveduto, su incarico del Comune di Novafeltria, alla realizzazione di un rilievo topografico di dettaglio eseguito sia con metodologia tradizionale "a terra", sia con drone per le parti più elevate della parete rocciosa. I rilievi topografici insieme ai sopralluoghi e verifiche in sito hanno consentito la mappatura delle principali discontinuità presenti, le criticità più emblematiche, provvedendo a predisporre i richiedi elaborati tecnici e tematici geologici e geostrutturali utili ai fini della progettazione degli interventi di stabilizzazione ed eliminazione del pericolo di crollo e caduta massi sulla strada comunale.

La relazione è corredata, quindi, di immagini fotografiche per le situazioni più critiche e da modelli 3D della parete ricostruiti sulla base del rilievo fotogrammetrico eseguito con drone.

Le indicazioni progettuali per gli interventi sono riportate nella allegata relazione tecnica.

Da notizie rilevate dai residenti è emerso che, lungo la parete rocciosa, indicata come sede del crollo, sono state evidenziate zone di distacco da cui sono franati blocchi di roccia di media dimensione (dell'ordine di 0.1/0.2 mc), alcuni dei quali si sono spinti, dalle segnalazioni assunte, a valle, arrivando ad interessare la sede stradale fino ad oltrepassarla.

La parete rocciosa è interessata da almeno cinque sistemi di fratturazione che tendono ad isolare blocchi di piccole e medie dimensioni da qualche decimetro fino a 0.5 mc, e di grandi dimensioni da 0.5 mc fino a massi dell'ordine di qualche metro cubo. La fratturazione è quindi accentuata dalla consistenza della roccia (arenaria) e dalla stratificazione che si caratterizza come un ulteriore superficie di separazione e quindi di distacco dei blocchi, in particolare in corrispondenza di zone di debolezza e di livelli di conglomerati. Da una prima valutazione visiva sono stati individuati diversi punti dove insistono elementi lapidei in condizioni di equilibrio molto precario per cui potenzialmente instabili, soprattutto in condizioni meteo avverse (piogge intense e prolungate e/o gelate). Questo primo intervento conseguirà lo scopo di produrre un generale disgaggio in parete dei massi in più evidente equilibrio precario, con rimozione, dalla base della scarpata, dei massi e detriti già franati e che a loro volta potrebbero innescare scivolamenti e/o franamenti per rotolamento di materiali sciolti. Due settori di maggiori dimensioni saranno interessati da legature non essendo praticabili interventi di disgaggio in sicurezza, o altri interventi che possano essere attuati con le attuali somme a disposizione.

Il quadro conoscitivo emerso dal rilevamento ha permesso, in rapporto alle risorse finanziarie disponibili, di definire un programma di interventi per la riduzione del rischio e il ripristino di soddisfacenti condizioni di sicurezza.

Gli aspetti salienti dell'attività di rilevamento, oltre alla rappresentazione dei caratteri geologici e geomorfologici del territorio che include l'area di intervento, sono incentrati sulla determinazione dei principali fattori di condizionamento dei processi di instabilità attivi lungo le pareti rocciose.

In particolare:

- Giaciture della stratificazione.
- Addensamento e polarità dei sistemi di fratture che interessano l'affioramento roccioso.
- Aree con maggiore criticità statica.
- Caratterizzazione geotecnica della compagine lapidea interessata dai crolli.

L'acquisizione dei dati, si è risolta tramite l'attuazione del seguente programma di indagini:

1. Raccolta e analisi critica dei dati esistenti editi e inediti.
2. Rilevamento geologico e geomorfologico.
3. Rilevamento topografico
4. Rilevamento strutturale in parete
5. Sopralluoghi sia alla base che in sommità alla cresta rocciosa.

I lavori qui prospettati costituiscono, a detta della scrivente, una prima trincea di ulteriori interventi di stabilizzazione e consolidamento ai quali si dovrà tendere al fine di pervenire alle più idonee condizioni di sicurezza complessiva della scarpata.

Gli interventi ulteriori, come evidenziato nella presente relazione, dovranno tendere a completare la messa in sicurezza del tratto di strada comunale.

## **2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO TERRITORIALE**

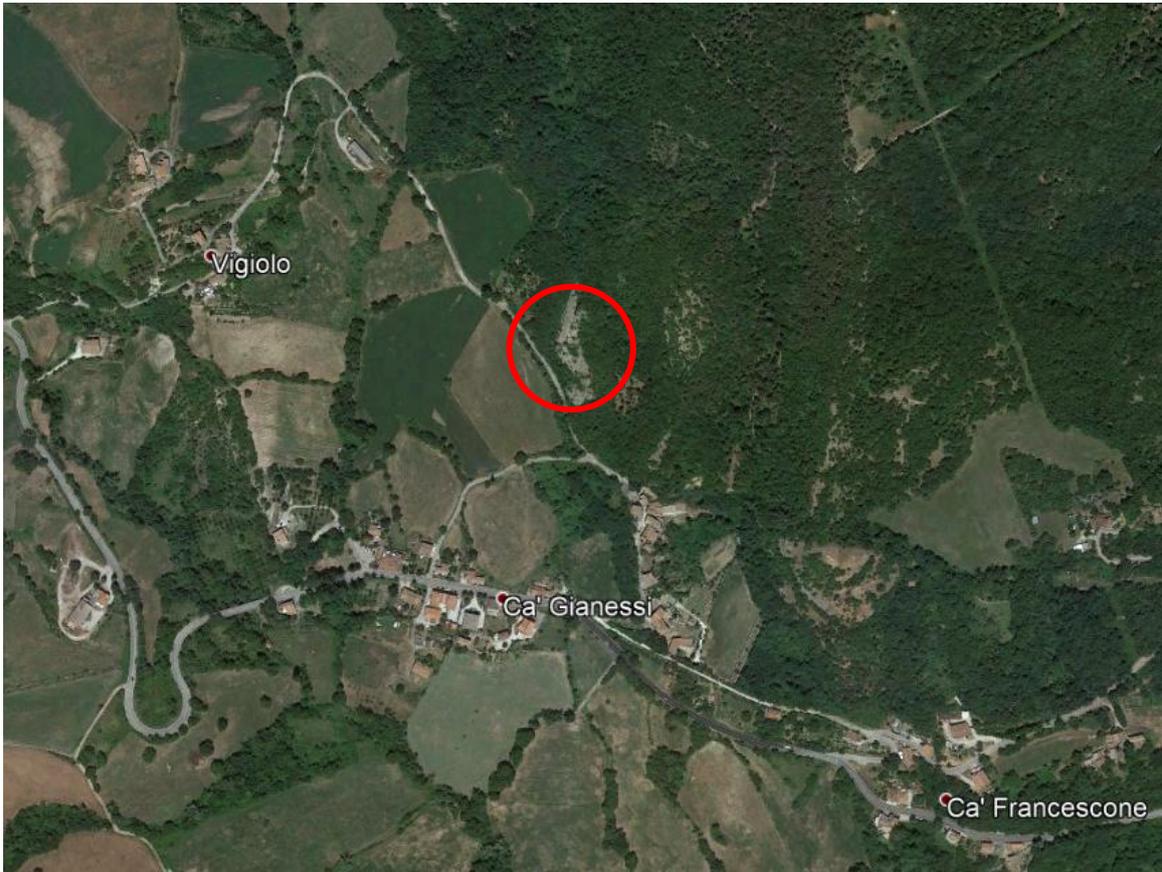
L'Area di studio è compresa nella porzione nord-occidentale della Sezione N. 266120 *Novafeltria* scala 1:10.000 della C.T.R., utilizzata per la restituzione dei dati di rilevamento geologico e geomorfologico.

La parete rocciosa interessata dai crolli, si attesta a quote assolute circa comprese fra 570 e 625 metri alla sommità, collocata nell'estrema porzione sud – occidentale del potente affioramento arenaceo – conglomeratico di Monte Pincio. I versanti, sottesi dalla base del rilievo roccioso, degradano verso sud raccordandosi localmente col corso del Rio Rosso in sinistra orografica.

Il centroide della zona interessata dai lavori (Fig. 1), corrisponde alle coordinate UTM 33:

Latitudine: 4864508.0 m N

Longitudine: 279990.0 m E



*Fig. 1 – individuazione dell'area di intervento su base Google Earth 2019*



*Fig. 2 – panoramica dell'area di intervento con vista da Sud.*



*Fig. 3 – panoramica della parete rocciosa con vista da Ovest. Sulla destra la strada comunale Cà Gianessi-Viggiolo.*



*Fig. 4 – panoramica della parte rocciosa oggetto degli interventi. In primo piano il manufatto dell'acquedotto (Hera Spa).*



Fig. 5 – CTR 1:25000 con individuazione dell'area di intervento

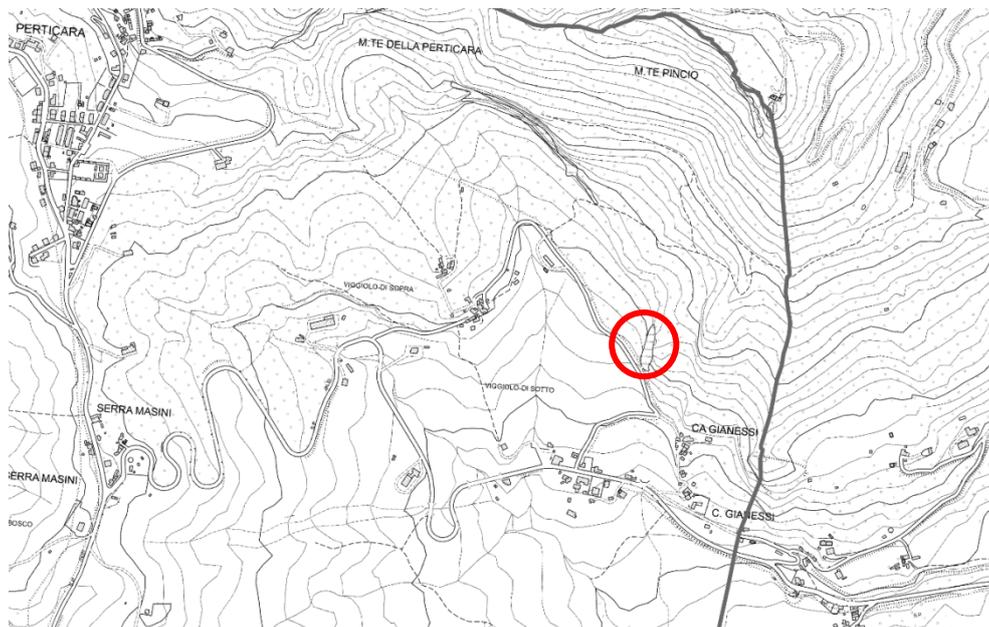


Fig. 6 – CTR 1:10000 con individuazione dell'area di intervento



*Fig. 7 – panoramica dell'area di intervento con vista dalla Strada Prov.le Santagatese*



*Fig. 8 – foto dell'area di intervento realizzata con drone*



*Fig. 9 – stralcio mappa catastale. I lavori interesseranno le particelle 297, 952, 954, 955, 956, 958 del foglio 5*

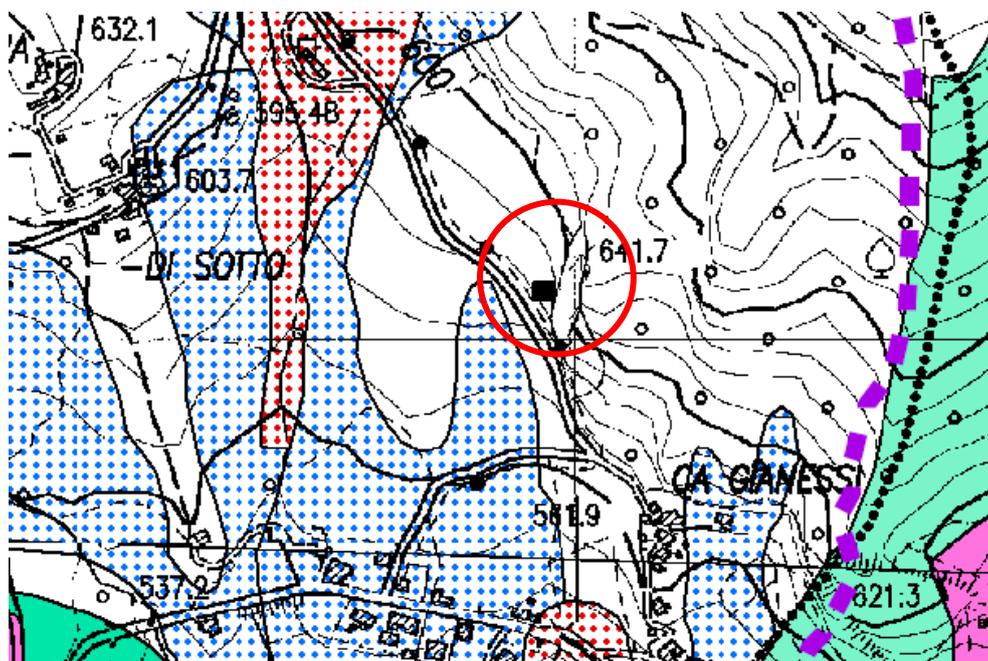


Fig. 10 – Stralcio della clip comunale Novafeltria 2 della variante 2016 al PAI Marecchia Conca. L’area non rientra in nessuno dei temi di dissesto cartografati dal PAI.

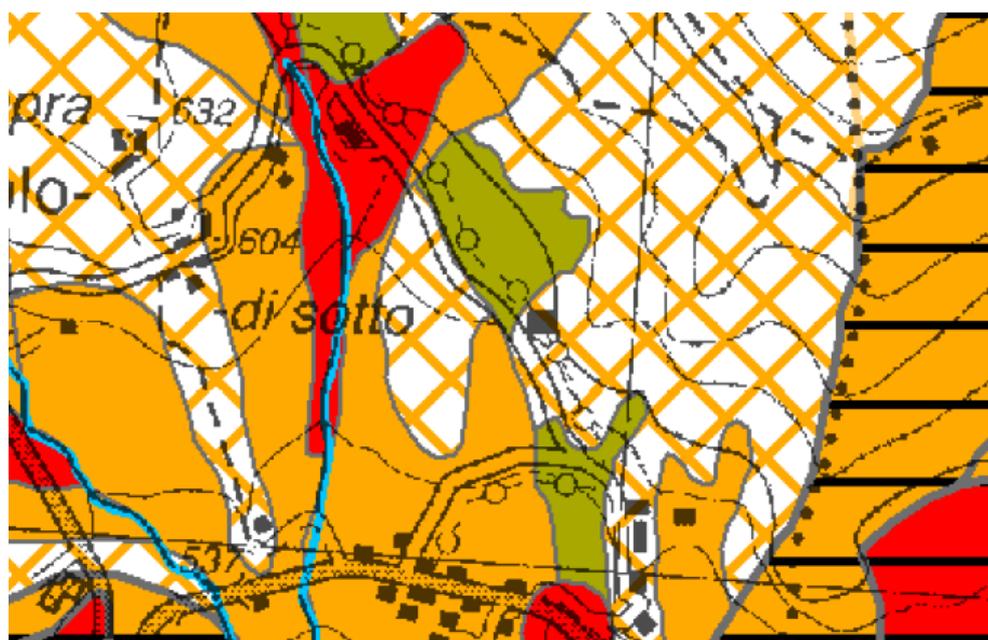


Fig. 11 – Stralcio della tavola D del PTCP Rimini 2012. L’area non rientra in nessuna area di dissesto. Viene ricompresa genericamente nelle “aree potenzialmente instabili”, art. 4.1 comma 9 delle NTA.

Nella carta della pericolosità del PAI l’area interessata è priva di perimetrazione perché probabilmente, non sono stati documentati fenomeni franosi in passato. I distacchi e i crolli recenti pongono l’obbligo di evidenziare la pericolosità del sito, tenendo ben presente che un qualsiasi intervento di consolidamento di messa in sicurezza non annulla il rischio idrogeologico (rischio residuo).

### **3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E CARATTERI DEL DISSESTO**

#### **3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO TERRITORIALE**

Il territorio che include le aree interessate dagli interventi in progetto, è costituito da formazioni geologiche comprese in due serie stratigrafiche:

- Successione Neogenico Quaternaria margine appenninico padano.
- Unità Liguri.

I substrati formazionali, sono frequentemente coperti da depositi quaternari continentali prodotti dai processi di evoluzione geomorfologica. La Successione Neogenico Quaternaria, nel territorio in esame è rappresentata da depositi compresi nella Serie Pliocenica Intrappenninica della Valmarecchia; le Unità Liguri, costituite da depositi di bacini profondi con elementi di rocce derivate da crosta e mantello oceanici, comprendono formazioni di età compresa fra il Cretaceo (Aptiano 125 m.a.) e l'Eocene (37,8 m.a.). Le Unità Liguri, sottoposte dall'evoluzione dell'Appennino settentrionale a prolungato trasporto, hanno subito gli effetti delle tensioni orogenetiche assumendo posizione alloctona. Le formazioni liguridi, su vaste aree si presentano intensamente deformate e rimaneggiate conservando, tuttavia, non raramente, gli elementi distintivi degli originari assetti stratigrafici. Nel corso del processo traslativo in senso adriatico, le liguridi hanno predisposto bacini di sedimentazione entro i quali si sono depositate formazioni della Successione Epiligure e successivamente le unità della Serie Pliocenica Intrappenninica. La sedimentazione dei depositi pliocenici intrappenninici, è iniziata in continuità stratigrafica con le formazioni della Successione Neogenico Quaternaria, interrotta dal ricoprimento delle liguridi sulle quali si è successivamente riattivata e completata la sedimentazione pliocenica, tanto da essere distinta fra ante e post sovrascorrimento (posto a ovest di Perticara).

L'evoluzione geologica territoriale, ha riflesso notevoli influenze sull'integrità e sugli assetti sia delle formazioni epiliguri trasportate sul dorso delle unità liguri, sia della serie pliocenica intrappenninica insediata nell'area di intervento, soggetta ad adattamento passivo sul substrato plastico delle Argille varicolori.

#### **3.1.1 – Evoluzione Paleogeografica Margine Appenninico**

La schematica ricostruzione dell'evoluzione paleogeografica dell'area del Montefeltro e più in particolare della Valmarecchia dal Miocene superiore al Pliocene inferiore (*N. Capuano, G. Tonelli, F. Veneri, 1987*), fornisce riferimenti sulle principali fasi di progressione deposizionale e di progradazione dei depositi formazionali promossi dall'orogenesi appenninica.

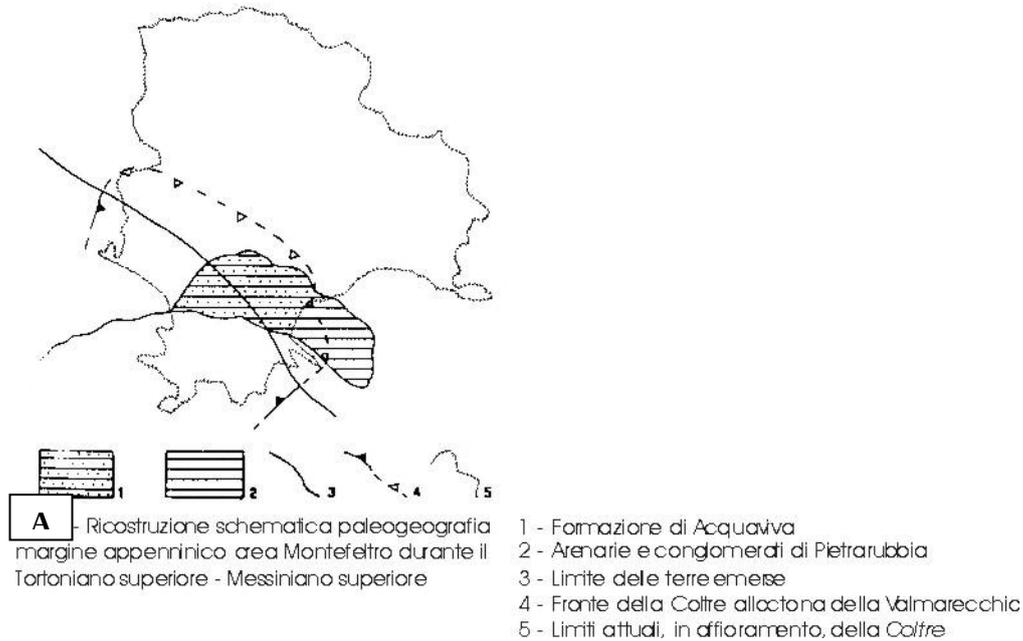
Tortoniano superiore – Messiniano superiore (Fig. A)

La fase tettonica compressiva del Tortoniano inferiore – medio, ha determinato l'assestarsi della Coltre della Valmarecchia (*Coltre*) all'altezza dell'allineamento Sarsina – Pietrarubbia. Contemporaneamente, si è verificato il sollevamento dei settori settentrionali del bacino marchigiano interno dove la sedimentazione finora prevalentemente di tipo arenaceo diviene pelitica, con facies tipiche di margine di bacino. Alla fine di questo periodo, a seguito della generalizzata regressione marina connessa alla crisi di salinità del Mediterraneo, si determina un avanzamento della linea di costa verso i settori orientali e al conseguente edificarsi di un apparato deltizio. Quest'ultimo si imposta in parte sopra la *Coltre* (Formazione di Acquaviva) e in parte sopra il substrato autoctono (Arenarie e conglomerati di Pietrarubbia).

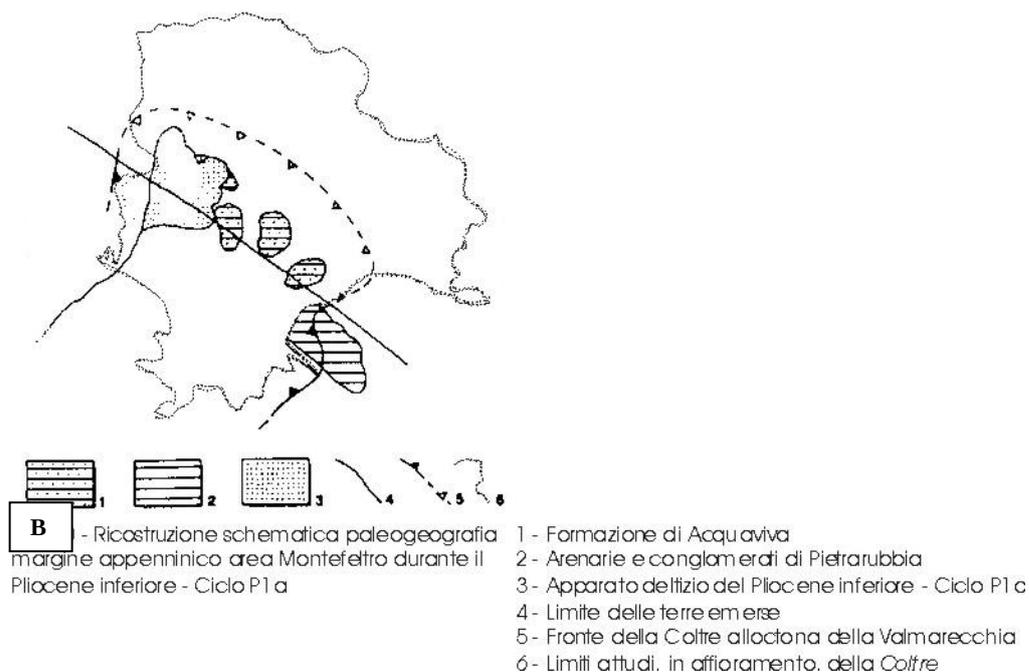
## Messiniano superiore – Pliocene inferiore

Al termine del Messiniano si assiste ad una nuova fase tettonica compressiva che porta alla riattivazione dei movimenti della *Coltre* alloctona. Ciò determina lo smembramento di quella parte del menzionato apparato deltizio posta sopra i terreni della *Coltre* (conoide alluvionale) che trasla verso i settori più orientali.

Pliocene inferiore - Ciclo P1a (Fig. B)



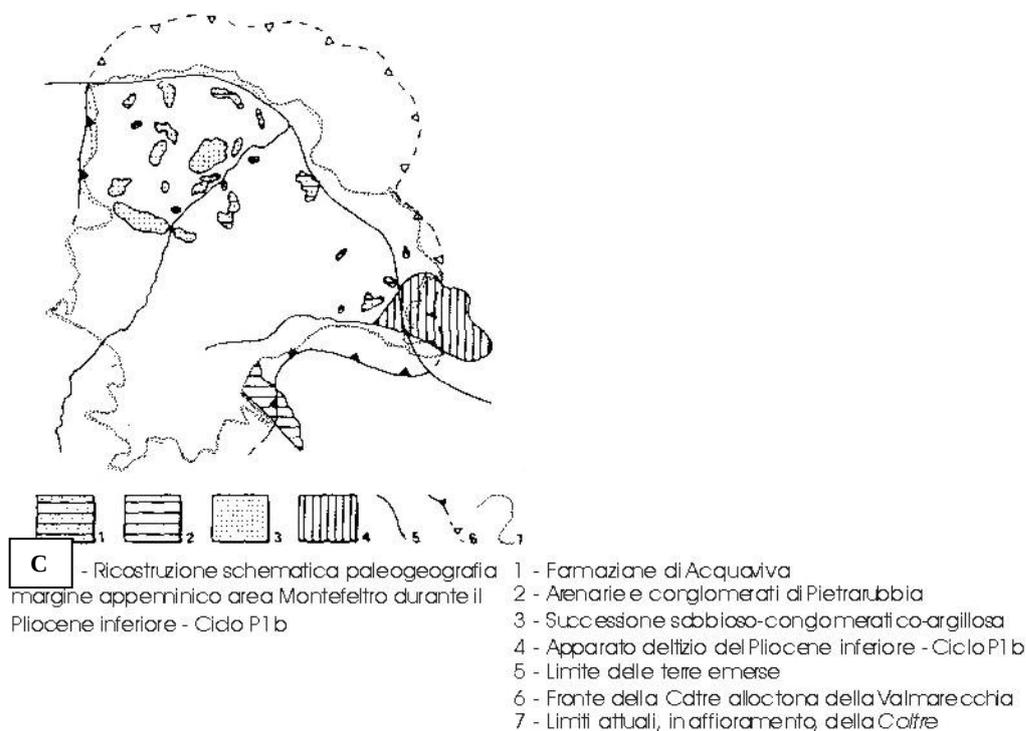
Successivamente alla fase tettonica supra messiniana, con l'inizio del Pliocene inferiore, si assiste nel bacino marchigiano esterno e nell'ambito della *Coltre* alloctona ad una generalizzata ingressione marina. Sulla *Coltre* si deposita una successione sabbioso – conglomeratico – argillosa di ambiente di delta-conoide.



### Pliocene inferiore - Ciclo P1a/ Pliocene inferiore - Ciclo P1b

A seguito di un'ulteriore fase tettonica compressiva si determina la definitiva messa in posto della *Coltre* alloctona in quella che è la sua attuale posizione. Quest'ultima fase traslativa determina inoltre un ulteriore smembramento dei sedimenti semialloctoni descritti.

Pliocene inferiore - Ciclo P1b (Fig. C)



L'avanzamento della *Coltre* alloctona determina un corrispondente avanzamento della linea di costa. Al fronte della *Coltre* si ripristinano le condizioni esistenti in precedenza nei settori più interni e si assiste all'edificazione di un nuovo apparato deltizio (Bacino di Montecalvo in Foglia). I sedimenti che qui si formano, però, a differenza di quanto era avvenuto per i precedenti,

non vengono in seguito traslati dato che la *Coltre* non subirà ulteriori movimenti. Essi, viceversa, sigillano le due successioni, quella autoctona e quella alloctona, che da questo momento in poi seguiranno lo stesso tipo di evoluzione.

### **3.1.2 – Stratigrafia**

#### **DEPOSITI QUATERNARI CONTINENTALI**

##### Deposito di frana in evoluzione per colamento lento

Deposito messo in posto da movimento distribuito in maniera continuata all'interno della massa spostata. Le superfici di taglio all'interno di questa sono multiple, temporanee e generalmente non vengono conservate. I materiali coinvolti sono per lo più coesivi. I depositi più frequenti sono costituiti in prevalenza da una matrice pelitica e/o pelitico - sabbiosa che include clasti di dimensioni variabili. La maggiore densità di questi dissesti si riscontra nei versanti occupate da depositi argillosi.

##### Deposito di frana complessa in evoluzione

Deposito messo in posto in seguito alla combinazione nello spazio e nel tempo di due o più tipi di movimento. Depositi di questo tipo si insediano in corrispondenza dell'abitato di Cà Francesconi posto a sud – est dell'area di progetto.

##### Deposito di frana quiescente per colamento lento

Assimilabile per composizione e processi genetico evolutivi al corrispettivo deposito di frana attiva; rispetto quest'ultima, sono intervenute interruzioni di movimento talora perduranti per lungo tempo con possibilità di rimobilizzazioni anche parziali non facilmente preventivabili. Anche questi depositi si registrano nell'ambito di versanti occupati da terreni argillosi.

##### Detrito di falda

Accumulo detritico costituito da materiale eterogeneo ed eterometrico, generalmente a quote elevate o molto elevate, con frammenti litoidi di dimensioni variabili tra qualche cm<sup>3</sup> e decine di m<sup>3</sup>, privo di matrice o in matrice sabbioso - pelitica alterata e pedogenizzata, di origine gravitativa frequentemente alla base di scarpate e lungo i versanti più acclivi. Localmente si estende alla base delle pareti rocciose di Monte Pincio.

##### Deposito eluvio - colluviale

Coltre di materiale detritico, generalmente fine (frammenti di roccia, sabbie, limi e peliti) prodotto da alterazione *in situ* o selezionato dall'azione mista delle acque di ruscellamento e della gravità (subordinata), con a luoghi clasti a spigoli vivi o leggermente arrotondati. Rilevabile alle quote superiori dei versanti sottoposti all'affioramento di Monte Pincio.

#### **SUCCESSIONE NEOGENICO QUATERNARIA DEL MARGINE PADANO**

##### **Serie Pliocenica Intrappenninica della Valmarecchia (Pliocene Inferiore)**

##### Formazione delle Argille azzurre – litofacies arenaceo – conglomeratica

Arenarie prevalenti grigio – giallastre e giallo – aranciate se alterate, in banchi e strati da spessi a molto spessi con livelli e/o lenticelle di tritume conchigliare e nuclei a maggiore cementazione (*cogoli*); passanti alla base ad alternanze ritmiche di strati arenacei e siltoso – sabbiosi spessi mediamente cm 30 (facies di transizione). A varie quote stratigrafiche si intercalano lenti di

conglomerati poligenici a elementi arrotondati eterometrici. Costituiscono il potente affioramento di Monte Pincio.

#### Formazione delle Argille azzurre – litofacies pelitica

Argille, argille marnose, localmente siltose, marne argillose e siltose, grigie e grigio - azzurre, talora grigio plumbeo, a stratificazione mal distinguibile per bioturbazione; locali intercalazioni di sabbie fini in strati sottili o medi. Nella parte inferiore della formazione localmente sono presenti sottili livelli discontinui di biocalcareni fini e siltiti giallo, o ocra se alterate, sottilmente laminate. L'ambiente di sedimentazione varia da piattaforma, localmente litorale, a scarpata. Stratigraficamente poste alla base della Successione pliocenica, si insediano con discontinuità al piede di Monte Pincio sovrascorse dalle Argille varicolori.

### **UNITÀ LIGURI**

#### **Formazione di Monte Morello** (*EOCENE Inferiore - Medio*)

E' una formazione torbiditica costituita da calcari biancastri o giallastri, in strati da medi a molto spessi che costituiscono spesso prodotti di risedimentazione torbiditica. Sono presenti intercalazioni di marne calcaree e marne argillose nocciola, fitte alternanze di arenarie calcaree grigio bruno e argilliti. La Formazione, si propone come il deposito che chiude in Valmarecchia la sedimentazione ligure. Affiora localmente con lembi di varia estensione a nord-ovest dell'area do progetto.

#### **Formazione di Sillano** (Eocene Inferiore - Cretaceo Superiore)

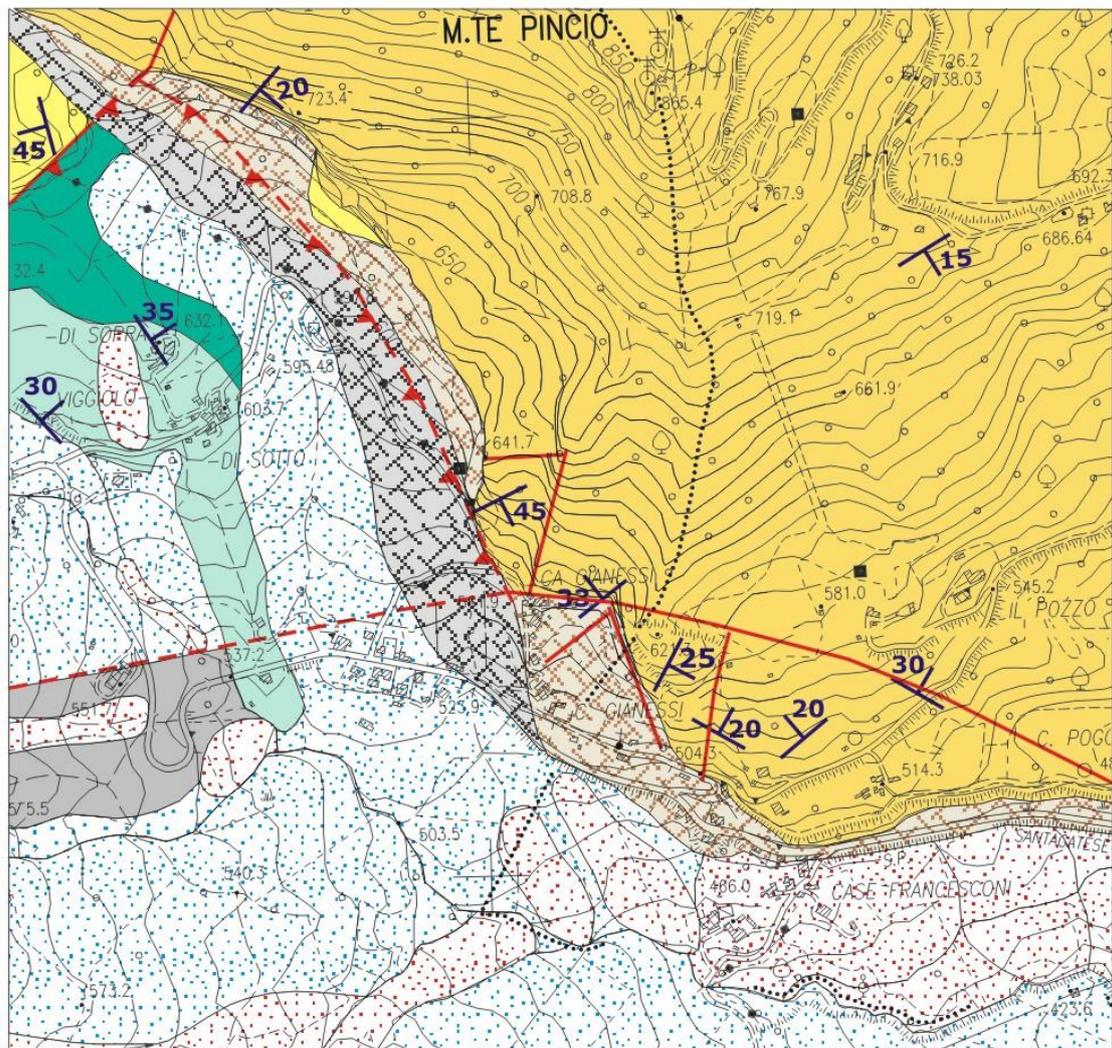
Alternanza di peliti, marne, marne calcaree, calcari, argilliti rosse e verdastre. Localmente è presente nell'estremità dell'area rilevata realizzando un contatto stratigrafico con le Argille varicolori.

#### **Argille Varicolori** Eocene Inferiore - Cretaceo Inferiore

Argille a argilliti policrome, con colori che vanno dal nero al grigio chiaro, rosso, verde, vinaccia, rosato e bluastro. In modo del tutto subordinato compaiono arenarie e siltiti, calcilutiti e calcari marnosi, e intercalazioni di marne scheggieose grigio-chiare o biancastre.

La distribuzione territoriale dei depositi decritti è graficamente riprodotta in Fig. II.1.

Le figure seguenti sono tratte da lavori ed analisi svolte dal Geol. Fabio Fabbri.



#### DEPOSITI QUATERNARI



#### SUCCESSIONE NEOGENICO QUATERNARIA

##### FORMAZIONE ARGILLE AZZURRE



#### UNITA' LIGURI



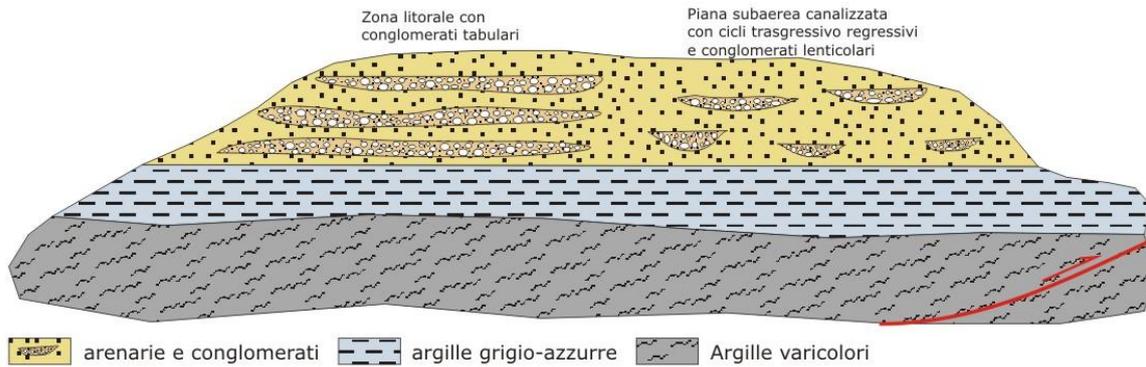
#### SEGNI CONVENZIONALI



**Fig. II.1 - Carta Geologica** scala 1:10.000

### 3.1.3 – Tettonica

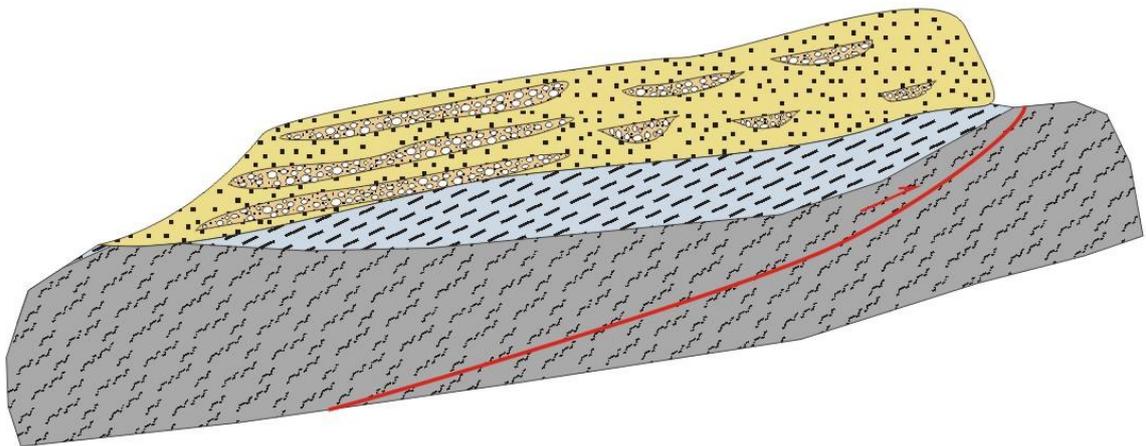
La parete rocciosa oggetto di intervento, è compresa nella potente sequenza arenaceo – conglomeratica di Monte Pincio, originariamente in continuità col conterminante affioramento di Monte della Perticara. Fra il Monte Pincio e il Monte della Perticara, si discriminano nei due rilievi differenziazioni nelle geometrie dei corpi sedimentari che, riflettono, la corrispettiva distinta posizione assunta all'interno dell'apparato di delta – conoide. L'orogenesi appenninica, ha modificata l'originaria continuità strutturale degli affioramenti rocciosi producendo scomposizioni di entità, polarità e addensamento variabili.



**Situazione precedente alla deformazione tettonica**

**Fig. II.2** - Evoluzione apparato delta - conoide monti Perticara e Pincio: FASE I

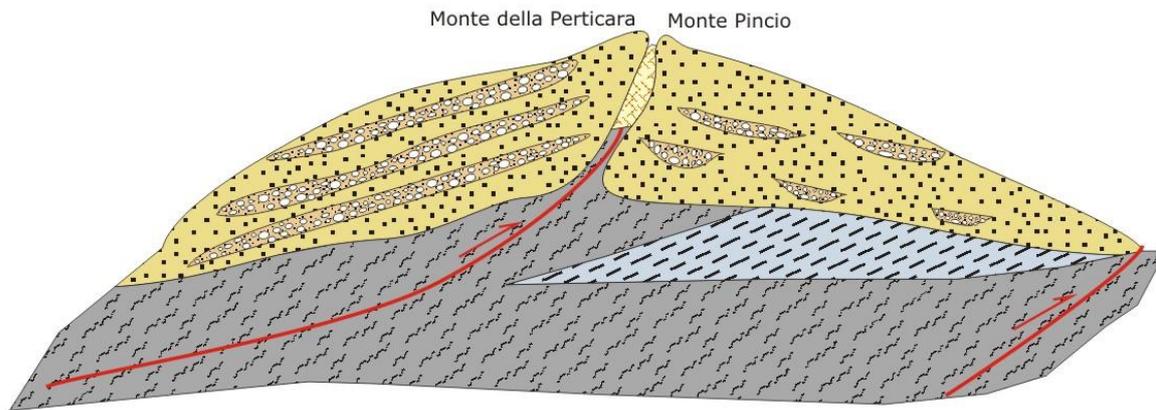
Le fasi orogenetiche di evoluzione appenninica, hanno prodotto sollevamenti e inclinazioni progressive dei corpi sedimentari conformi ai principali fronti di sovrascorrimento/accavallamento (Fig. II.3 – condizione intermedia di progressione dell’evoluzione strutturale).



**Fase deformativa per sovrascorrimento del substrato liguride deformazione tettonica**

**Fig. II.3** - Evoluzione apparato delta - conoide monti Perticara e Pincio: FASE II

L’inasprimento degli assetti inclinati ha provocato la scomposizione dell’originaria continuità dell’apparato deltizio nei due lembi di Monte della Perticara e Monte Pincio i quali hanno acquisito assetti divergenti (Fig. II.) e intrusioni fino a quote elevate del substrato liguride lungo le fratture principali.



**Progressione evolutiva con dislocazione e fratturazione del deposito di tetto arenaceo - conglomeratico**

**Fig. II.4** - Evoluzione apparato delta - conoide monti Perticara e Pincio: FASE III

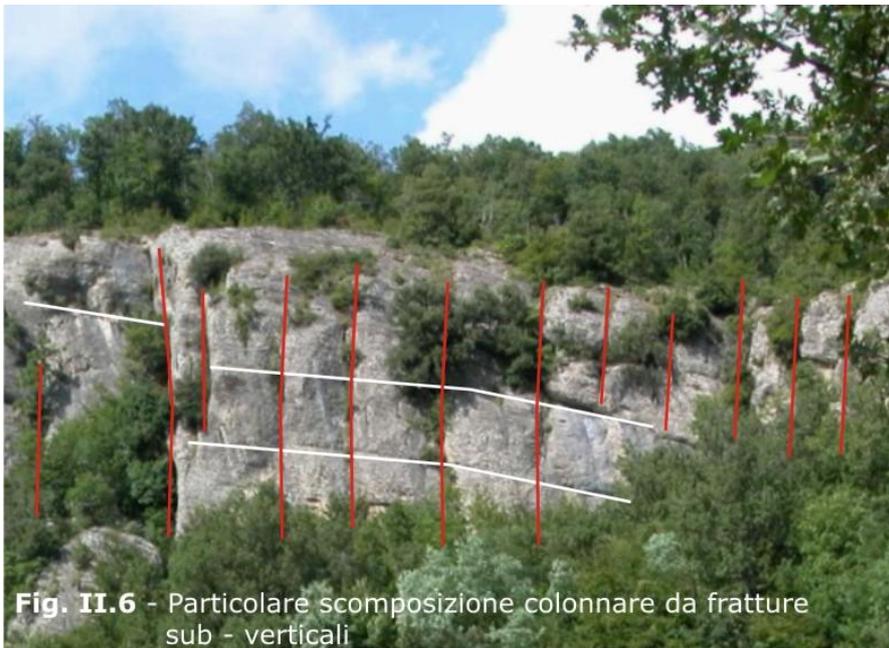
L'evoluzione geostrutturale della serie pliocenica intrappenninica del Monte Perticara e Monte Pincio, ha inevitabilmente provocato diffusa scomposizione negli affioramenti rocciosi e fenomeni di scivolamento anche con meccanismo di retroscorrimento lungo strati inclinati, di potenti porzioni di roccia compresa la mobilitazione, fino nei fondovalle, di spessi ammassi detritici attestati alla base degli affioramenti arenacei.

In Fig. II.5 si propone una esemplificazione dello scenario di scomposizione intervenuta lungo le scarpate rocciose del Monte Pincio.



**Fig. II.5** - Panoramica scenario di scomposizione parete rocciosa del Monte Pincio contermina alla dislocazione che lo separa dal Monte Perticara

Lungo il tratto di parete rocciosa che, dal contatto tettonico col Monte della Perticara prosegue verso sud est, si segnalano porzioni caratterizzate da preponderanti fratture sub – verticali che, conferiscono alla roccia, una scomposizione colonnare (Fig. II.6).



La parete rocciosa oggetto di studio dove si concentrano gli interventi di messa in sicurezza, è compresa in un ampio comparto localizzato nell'estrema porzione centro meridionale di Monte Pincio, confinato da faglie e dislocato rispetto alla restante parte del rilievo montuoso (Fig. II.7).

In questo contesto, si discriminano lembi di notevoli estensione e potenza, verosimilmente retaggio di una più intensa sollecitazione e scomposizione tettonica intervenuta alla periferia dell'affioramento roccioso, conservata in questa zona e probabilmente perduta lungo la falesia sottesa a nord - ovest per destabilizzazione delle porzioni di roccia lungo le discontinuità parietali.



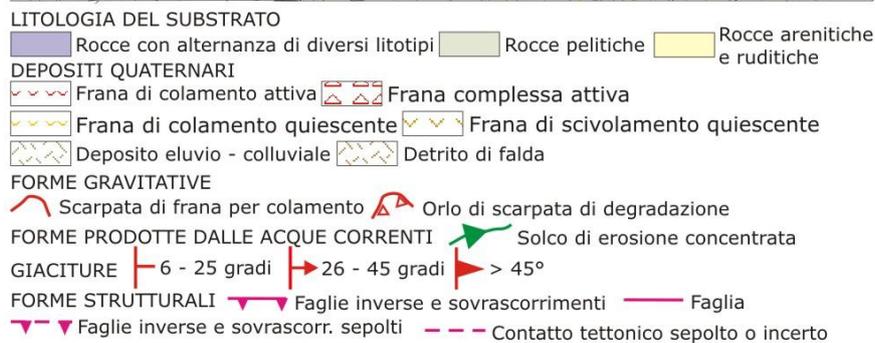
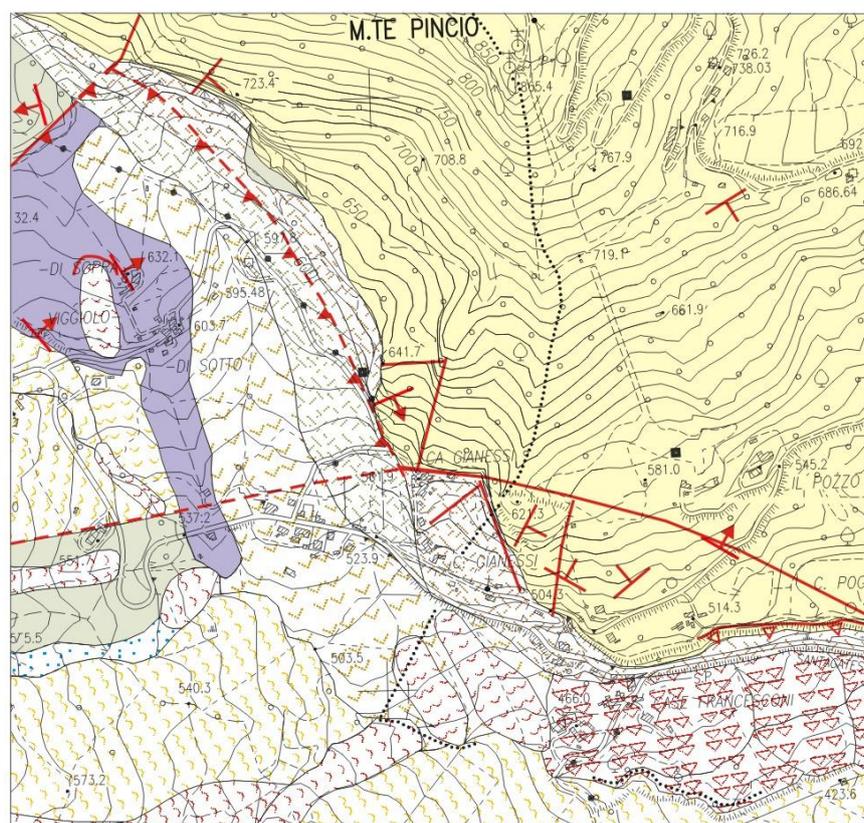
### 3.2 GEOMORFOLOGIA

Le caratteristiche morfologiche del territorio, si sostanziano in una notevole variabilità di lineamenti, connessi all'assortimento degli assetti strutturali della roccia in posto e alle composizioni dei depositi formazionali e quaternari, dotati di distinte resistenze all'erosione.

Negli aspetti sostanziali, la zona è caratterizzata localmente da due principali configurazioni:

1. Forme dirupate in corrispondenza dell'affioramento roccioso arenaceo – conglomeratico di Monte Pincio.
2. Versanti occupati da depositi argillosi dove la morfologia acquista profili molto assortiti, espressi da sequenze di ondulazioni conseguite a deformazione e/o mobilitazione del primo sottosuolo e incisioni prodotte dalle acque correnti.

I processi geomorfologici soggetti a rapida evoluzione per mobilitazione gravitativa ed erosione accelerata, si concentrano alla base dei rilievi rocciosi occupati da depositi formazionali argillosi. Le destabilizzazioni per crollo e scivolamento di massi e lembi rocciosi dalle pareti, sono genericamente diffusi con preferenziali localizzazioni dove, la polarità e addensamento delle fratture propongono condizioni di maggiore fragilità statica.



**Fig. II.8 - Carta Geomorfologica** scala 1:10.000

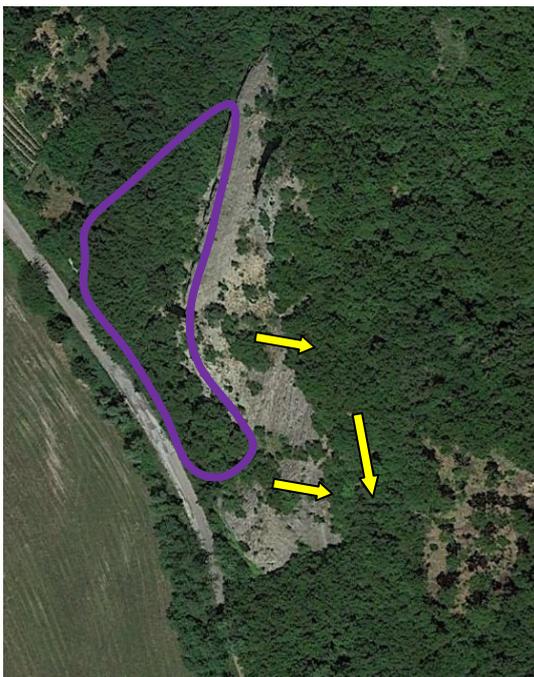
La parete rocciosa oggetto di studio dove si concentrano gli interventi di messa in sicurezza e di stabilizzazione, è compresa in un ampio comparto localizzato nell'estrema porzione centro meridionale di Monte Pincio, confinato da faglie e dislocato rispetto alla restante parte del rilievo montuoso.

In questo contesto, si discriminano lembi di notevoli estensione e potenza, verosimilmente retaggio di una più intensa sollecitazione e scomposizione tettonica intervenuta alla periferia dell'affioramento roccioso, conservata in questa zona e probabilmente perduta lungo la falesia sottesa a nord - ovest per destabilizzazione delle porzioni di roccia lungo le discontinuità parietali.

#### **4. RILIEVO DELLE ZONE A MAGGIORE CRITICITA'**

La parete rocciosa oggetto dei lavori di messa in sicurezza, può essere suddivisa in settori all'interno dei quali si sono individuate zone con maggiore propensione all'espulsione e crollo di massi rocciosi, settori che presentano anche caratteristiche diverse della roccia affiorante, della scomposizione, dell'erosione e della conseguente disgregazione..

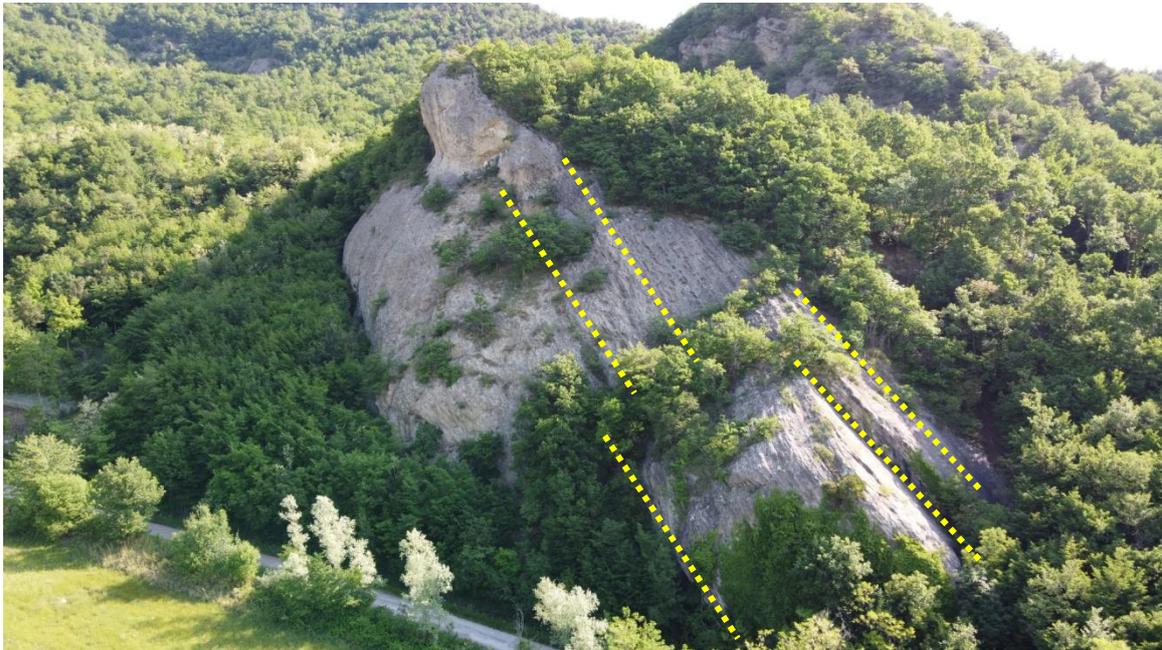
Nella tavola 2 di progetto allegata, si è inoltre delimitata l'area più direttamente interessata dal recapito di massi rotolati lungo il versante dopo l'espulsione dalle pareti, areale che interessa più direttamente il tratto della strada comunale.



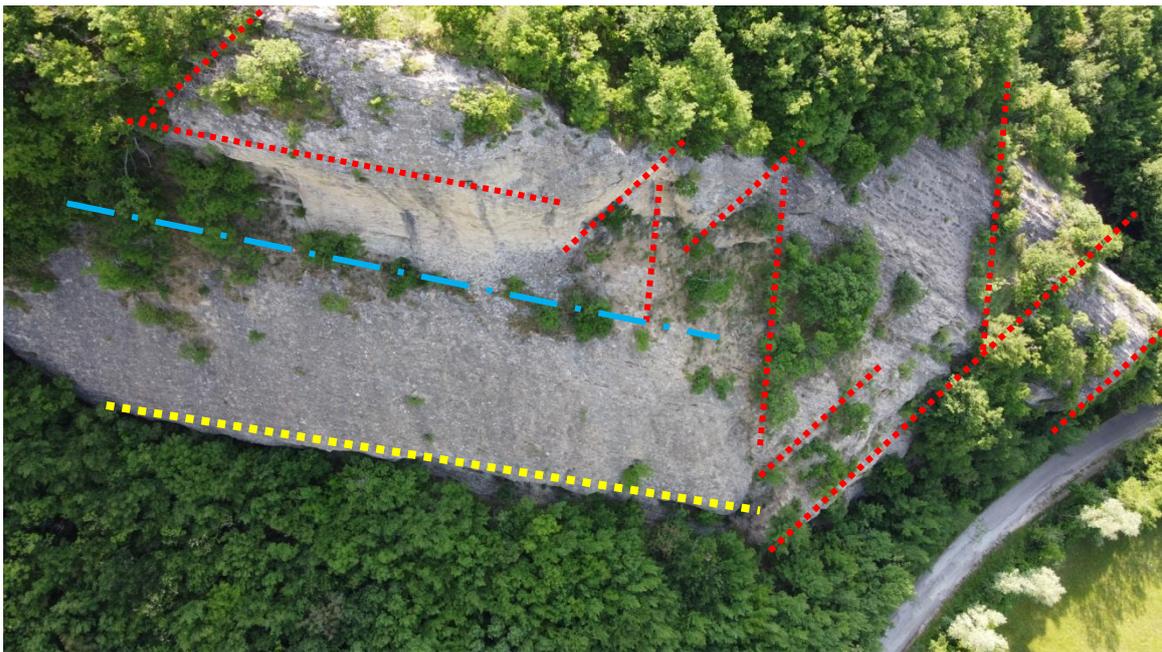
*Fig. 12 – principali dislocazioni (in rosso) ed areali di crollo e scivolamento:*

*in viola areale di concentrazione dei crolli dalla parete verticale (in direzione SO)*

*in giallo la direzione di scivolamento di massi lungo la superficie di strato (in direzione E e SE)*



*Fig. 13 – panoramica con vista da Sud (volo drone). In evidenza la stratificazione molto accentuata sulla quale si imposta lo scivolamento di blocchi in direzione dell’impluvio ad Est.*



*Fig. 14 – volo drone. In evidenza le dislocazioni principali (strutturali territoriali) che tendono ad isolare porzioni dell’ammasso roccioso. I sistemi di fratturazione, anche nella dimensione decimetrica dei blocchi, ricalcano le linee delle dislocazioni principali. L’emersione dei sistemi di fratturazione genera la scomposizione in blocchi. La linea azzurra identifica il passaggio tra la porzione sommitale della parete caratterizzata da una minore consistenza dell’arenaria affiorante, e la parte centrale con roccia più consistente. Il limite è segnato dalla presenza di livelli conglomeratici fini. La linea gialla indica il passaggio alla parte basale della parete sul versante Ovest con affioramento di livelli siltitici meno consistenti ed un maggiore grado di fratturazione e micro-fratturazione.*

La parete rocciosa nella parte alta è nel complesso dotata di minore resistenza alla disgregazione da parte degli agenti atmosferici.



*Fig. 15 – piano di strato affiorante nell'impluvio ad Est della parete rocciosa. L'impluvio è impostato sulla superficie stratigrafica. L'impluvio, molto acclive, è linea preferenziale di scivolamento a valle di blocchi e lastre staccatesi dalla cresta superiore.*



*Fig. 16 – placca rocciosa scivolata nell'impluvio ad Est della parete rocciosa. Le placche, dislocate sulla cresta della scarpata, sono delimitate dalle discontinuità e dalla stratificazione e scivolano a valle in via preferenziale lungo la superficie di strato in affioramento (figura 15 precedente).*

Sulla sommità della parete, si distingue una fascia corticale con avanzato stato di alterazione, accompagnata dalla presenza di massi e placche rocciose in precario equilibrio (cfr. figura seguente).



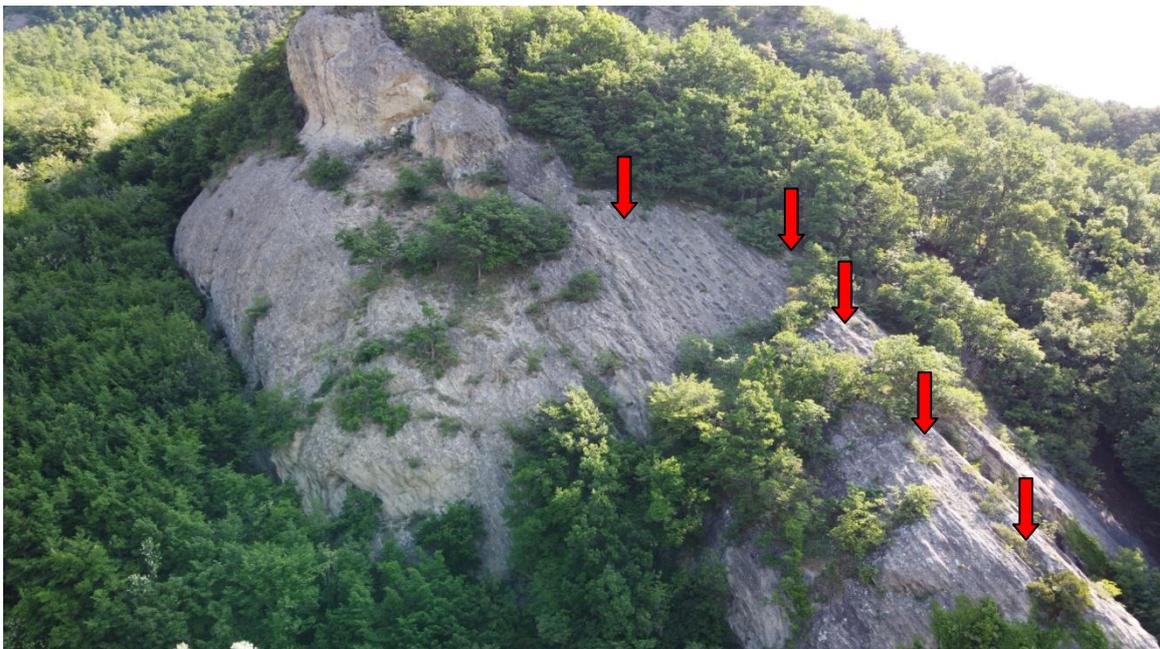
*Fig. 17 – massi e placche alla sommità della testata di stratificazione sul versante Est della scarpata. I massi, isolati dai piani della fratturazione e dalla stratificazione, assumono forma sferoidale per effetto degli agenti atmosferici e della presenza di zone a maggiore addensamento della arenaria (cogoli). Le placche si originano lungo piani di stratificazione come sfaldatura superficiale della roccia. Forte incidenza nel distacco ha infine la vegetazione arbustiva e in alcuni punti anche arborea più sviluppata.*



*Fig. 18 – altre immagini di massi e placche in precario equilibrio. Gli interventi di messa in sicurezza prevedono il disaggio e la demolizione dei massi in foto, con dimensioni superiori a 0.5 mc.*



*Fig. 19 – porzione sommitale della parete di strato, degradante verso Est in direzione dell'impluvio.*



*Fig. 20 – individuazione dei settori lungo la cresta sommitale della scarpata rocciosa, nella quale sono presenti massi e placche dislocate in precario equilibrio (immagini nelle figure precedenti).*



*Fig. 21 – dettaglio del ciglio superiore. La freccia rossa indica un crollo più recente con superfici di distacco impostate su sistemi di fratturazione principali e scivolamento lungo l'emersione del piano di strato.*

Una situazione più articolata e diffusa di precarietà statica, si rileva nella parete inferiore della scarpata sul versante Ovest, anche per la presenza di peculiari condizioni stratigrafiche, con erosione selettiva fra gli strati prevalentemente siltitici scarsamente cementati alla base della scarpata e quelli arenacei più compatti dalla quale consegue un profilo irregolare caratterizzato dalla sporgenza degli strati arenacei.

Nella parte inferiore, infatti, si rileva un più elevato grado di fratturazione e disarticolazione di massi e blocchi anche di piccole dimensioni, ulteriormente degradati e fratturati dagli apparati radicali della vegetazione in parete e dagli agenti atmosferici.



*Fig. 22 – stratificazione e livelli siltitici alla base della scarpata sul versante Ovest. Si evidenzia l'elevata erosione dovuta al ruscellamento superficiale ed al dilavamento delle acque provenienti da monte.*



*Fig. 23 – cuneo roccioso delimitato dall'intersezione di due sistemi di fratturazione principali (K3 e K5). Lungo le linee di dislocazione si impostano vie preferenziali per lo scorrimento delle acque meteoriche che tendono ad accentuare l'erosione e il distacco di materiale.*



*Fig. 24 – base della scarpata sul versante Ovest. In basso nella foto i livelli siltitici facilmente disgregabili e che provocano lo scalzamento al piede degli strati affioranti. I cunei rocciosi visibili nella foto sono delimitati dalla superficie di strato e dal sistema K3*



*Fig. 25 – dettagli dell'oggetto individuato nella tavola del rilievo (tavola 1 Ilegata) con il numero 4. L'oggetto è delimitato dalla superficie di strato e dai sistemi K1, K2 e K3. Si evidenzia la sfaldatura dell'arenaria alla base del cuneo roccioso e le superfici di distacco di placche arenacee. Le fratture sono aperte, di larghezza circa 2 cm, in alcuni punti chiuse o ibtasate da depositi siltosi ed argillosi. Il cuneo, di dimensioni troppo elevate per una demolizione in sicurezza, sarà stabilizzato con legature con fune d'acciaio.*



*Fig. 26 – tratto della strada comunale più direttamente interessato dai crolli del materiale.*



*Fig. 27 – massa arenacea crollata di recente e collocata al margine della sede stradale. Si evidenzia la presenza di un livello conglomeratico fine, lineamento di debolezza sul quale più spesso si sviluppano le principali linee di distacco.*

Nella fascia basale della scarpata interviene un'erosione selettiva fra gli strati prevalentemente siltitici scarsamente cementati e quelli arenacei più compatti, dalla quale consegue un profilo irregolare caratterizzato dalla sporgenza degli strati arenacei, scalzati al piede dall'erosione del detrito e del suolo e dalla rimobilitazione del detrito stesso accumulato al piede per effetto dell'acclività.

La vegetazione arborea ed arbustiva mentre riveste un ruolo sovente negativo sull'affioramento arenaceo superiore, assume un positivo beneficio in termini di rallentamento del crollo e dello scivolamento di blocchi e placche a valle. Per tale motivo la rimozione della vegetazione alla base della parete dovrà essere selettiva ed accurata, mantenendo elementi arborei e polloni in grado di rallentare e trattenere i blocchi franati. Gli interventi di messa in sicurezza dovranno comunque riguardare l'asportazione di parte dell'abbondante detrito arenaceo al piede della scarpata, soprattutto per blocchi di maggiori dimensioni e che già ad una prima analisi possono raggiungere la vicina sede stradale.

La progressione del fenomeno, associato a fratture polarizzate conformemente al sistema parietale, predispone il crollo e/o l'espulsione di spezzoni di strati arenacei come esemplificato nelle figure seguenti, destinati a risolvere la loro evoluzione cinematica col rotolamento verso valle, con effetto "domino" nei confronti di altri massi accumulati. L'evoluzione gravitativa verso valle dei massi espulsi e/o collassati dalle pareti, per la maggioranza dei casi è confinata nella fascia di vegetazione arborea insediata nel detrito di base che, intercetta e arresta i gravi. Talvolta invece, i massi rocciosi raggiungono le quote inferiori lungo il versante fino alla strada comunale, oltrepassando il fosso al margine.

Nella parte basale della scarpata, nel settore di maggiore incidenza delle dislocazioni principali (cfr figure 30 e 32 seguenti) sono stati evidenziati due massi di dimensioni maggiori, di forma molto articolata, delineati dai sistemi di fratturazione, dalla stratificazione e in un caso (per il masso maggiore) dalla presenza di vegetazione cresciuta all'interno di crepe e fratture. I due massi sono identificati nella tavola 1 allegata rispettivamente con il numero 3 e 4 delle note.

Questi due cunei rocciosi verranno stabilizzati con legature con fune d'acciaio e barre di ancoraggio, in quanto non si ritiene praticabile (in base alle condizioni morfologiche ed alle risorse economiche impiegabili) una diversa soluzione di consolidamento o di smantellamento. A varie quote, infine, si attestano, conformemente alla polarità della stratificazione, nicchie strette e allungate prodotte dalla più accelerata erosione di riempimenti pelitici rispetto alla compagine arenacea. Anche se di modeste dimensioni e non frequenti, possono formarsi spezzoni di roccia che si staccano attorno alle nicchie di erosione e con il progredire del fenomeno assumono dimensioni maggiori.



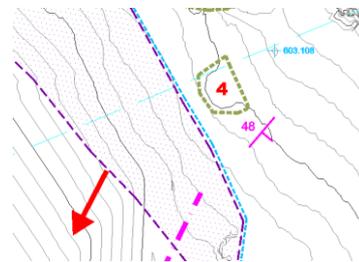
*Fig. 28 – massi arenacei accumulati alla base della scarpata all'interno della fascia vegetata. Come è possibile osservare nella foto i massi (anche di dimensioni superiori ad 1 mc) giacciono in cumuli in precario stato di equilibrio, e vengono rimobilitati da altri crolli con effetto “domino” (urti successivi) che li frantumano ulteriormente e li spingono verso valle.*



*Fig. 29 – vista laterale dei massi alla base della parete in foto 24. La messa in sicurezza prevederà anche il leveraggio dei massi evidenziati già in precario equilibrio.*



*Fig. 30 – cuneo in aggetto indicato con il numero 4 nel rilievo di tavola 1 allegata. Il cuneo è delineato dai sistemi K1, K2 e K3, alla base dall'emersione della testata di strato.*

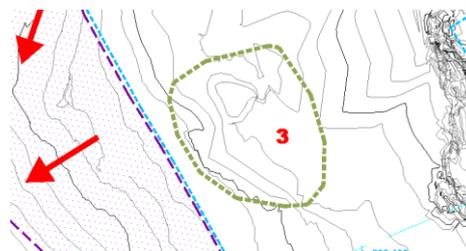




*Fig. 31 – cuneo roccioso alla base del masso in figura 32 seguente. La messa in sicurezza riguarderà il disgaggio e il leveraggio di massi di dimensioni fino a 0.5 mc, e demolizione selettiva di massi anche si dimensioni superiori, ove le condizioni logistiche e di sicurezza lo consentano.*



*Fig. 32 – cuneo roccioso individuato con il numero 3 nel rilievo di tavola 1. Il cuneo verrà stabilizzato con funi in acciaio ancorate in posizioni salde della roccia. Il punto 3 costituisce una delle zone a maggiore criticità individuate nella parete rocciosa in oggetto.*



## 5. CARATTERIZZAZIONE GEOSTRUTTURALE

L'attività di rilevamento, ha permesso di acquisire sostanziali informazioni sulla polarità e addensamento delle famiglie di discontinuità, sull'apertura riempimento e continuità dei giunti e sui rapporti tra lo stato di fratturazione e la giacitura della stratificazione.

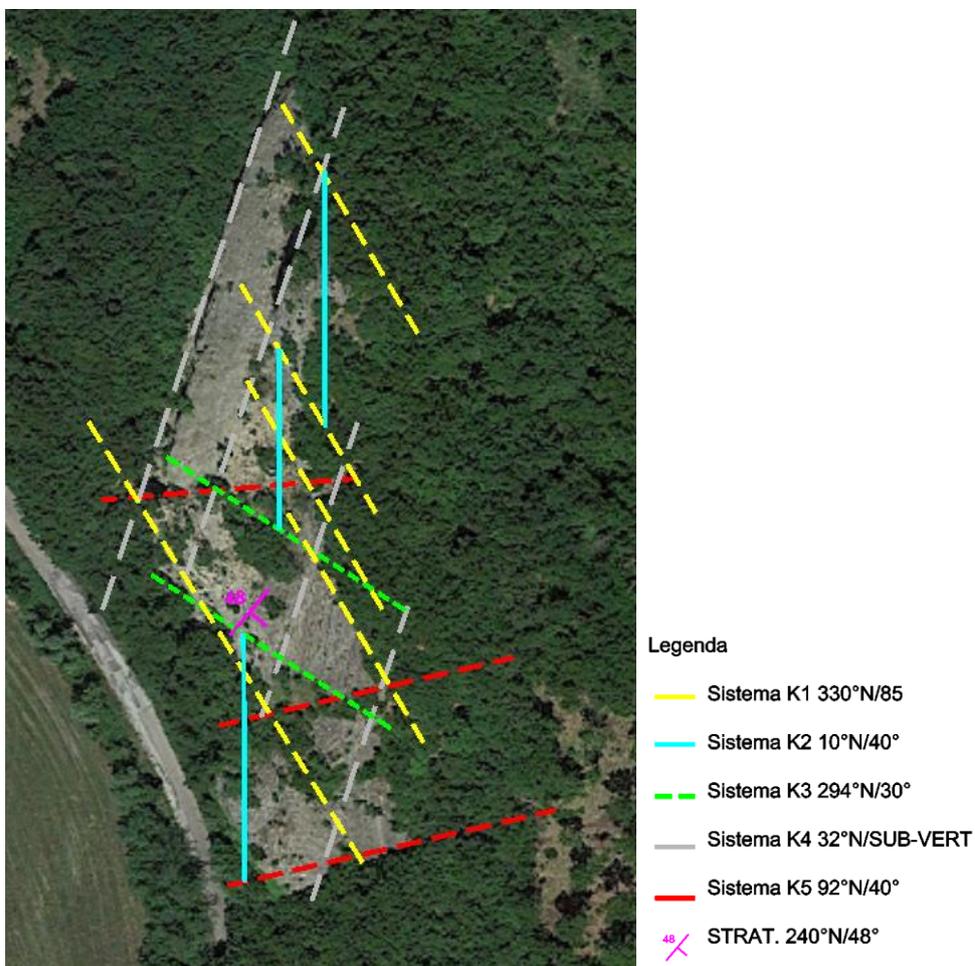


Fig. 33 – rilievo geostrutturale su base fotografica Google Earth 2019

CODICE FAMIGLIA	DIREZIONE IMMERSIONE	INCLINAZIONE	TERMINAZIONE PIU' FREQUENTE	PERSISTENZA
St	N240°	48° (media)	XX	Alta 10-20 m
K1	N330°	85°	XR	Alta 10-20 m
K2	N10°	40°	RD	5-10 m
K3	N294°	30°	RD	5-10 m
K4	N32°	SUB-VERT	RD	5-10 m
K5	N92°	40°	RD	5-10 m

Ulteriori elementi di valutazione potranno essere acquisiti in fase di ispezione sulla parete rocciosa ad opera di rocciatori specializzati.

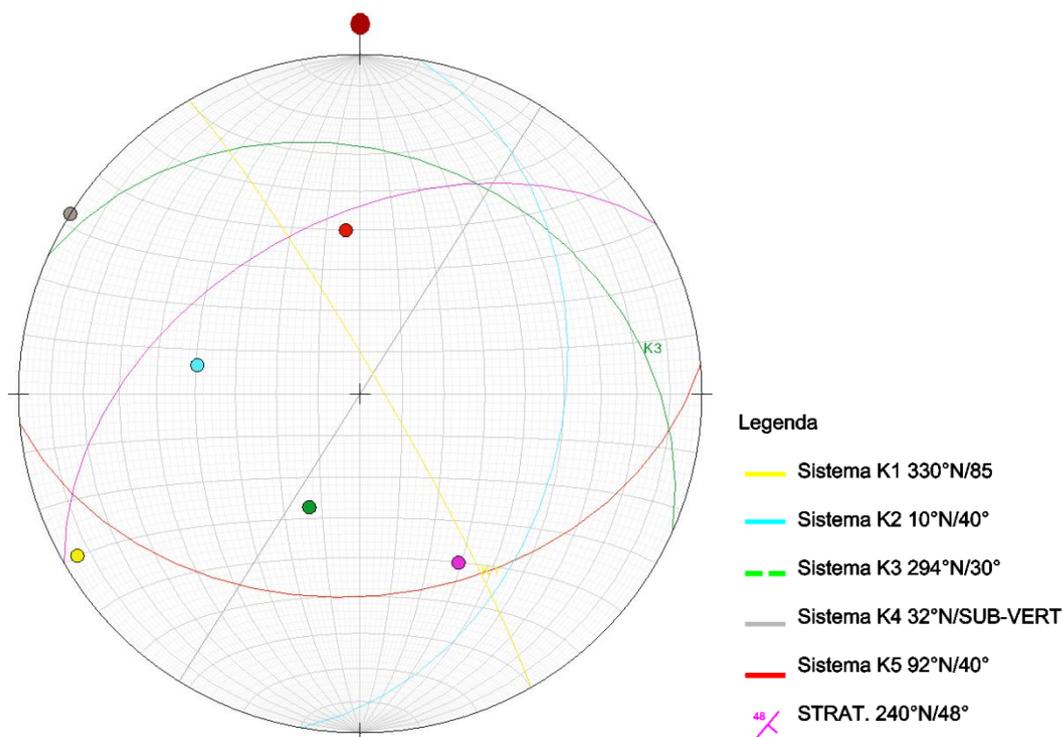


Fig. 34 – diagramma polare di rappresentazione dei sistemi di fratturazione principali e della stratificazione.

## 6. CARATTERI GEOTECNICI

La caratterizzazione geotecnica della compagine rocciosa arenacea che costituisce le scarpate oggetto di intervento, si è ottenuta ricorrendo alle teorie di meccanica delle rocce. Nello specifico, si è utilizzata l'analisi proposta da Bieniawsky (Rock Mass Rating RMR) integrata dalle correzioni apportate da Romana nel 1985 (Slope Mass Rating SMR).

$$\text{RMR di base} = \text{RMRb} = A1 + A2 + A3 + A4 + A5$$

$$\text{RMR corretto} = \text{RMRc} = (A1 + A2 + A3 + A4 + A5) + A6$$

Rif.	Parametro	Valore	Rating
P1	Resistenza a compressione uniassiale	25-50 MPa	4
P2	RQD	50-75%	13
P3	Spaziatura discontinuità	20-60 cm	10
P4	Stato delle discontinuità (persistenza+apertura+rugosità+alterazione+riempimento)	(2+4+3+3+2)	14
P5	Condizioni idrauliche	(umida < 10 l/min)	10
P6	Giacitura-Orientamento discontinuità	(favorevole)	-2

$$\text{RMRc} \left( \sum_{i=1}^6 P_i \right) = 49$$

$$\text{PESO VOLUME: } \gamma = 8,32 \times \text{Log}(V_s) - 1,61 \times \text{Log}(z) = 22,8 \text{ kN/m}^3 [2,28 \text{ t/m}^3] \quad |V_s = 800 \text{ m/s}|$$

$$\text{PESO DI VOLUME (Keceli, 2012): } \gamma = 4,3 \times V_s^{0,25} = 22,8 \text{ kN/m}^3 [2,28 \text{ t/m}^3] \quad |V_s = 800 \text{ m/s}|$$

$$\text{COESIONE: } c = 5 \text{ RMRc} = 245 \text{ kPa} (2,45 \text{ Kg/cm}^2)$$

$$\text{ANGOLO di ATTRITO: } \phi = 5 + \text{RMRc}/2 = 29,5 \text{ gradi}$$

## **7. INDIRIZZI PROGETTUALI DI MESSA IN SICUREZZA**

L'attività di rilevamento eseguita lungo le pareti rocciose, ha permesso di identificare le seguenti principali condizioni di stabilità e di pericolo.

Alla luce delle considerazioni espresse nei paragrafi precedenti si può definire il seguente scenario complessivo per interventi di messa in sicurezza della parete a protezione della sede stradale e più in generale della pubblica incolumità.

La presenza di elementi a rischio, nonché le dimensioni dei massi coinvolti, vista la frequentazione del versante a valle della scarpata per attività antropiche di vario genere, si ritengono valutabili i seguenti interventi, commisurati alle risorse economiche disponibili:

1. Rimozione del materiale detritico già presente alla base della scarpata ed in precario equilibrio;
2. Diradamento della vegetazione alla base della scarpata al solo scopo di rimuovere massi e blocchi rocciosi più pericolosi; mantenere una copertura vegetazionale utile al rallentamento di eventuali altri crolli;
3. Rimozione della vegetazione arbustiva in parete nelle zone di maggiore fratturazione;
4. Disgaggio e leveraggio generalizzato per blocchi di piccole e medie dimensioni;
5. Demolizione di massi di maggiori dimensioni;
6. Legature con funi in acciaio per i due massi ai punti 3 e 4 del rilievo, non essendo possibili ulteriori e più articolati interventi di consolidamento;
7. Riprofilatura del fosso e della scarpata stradale lato monte al fine di costituire un ulteriore ostacolo al rotolamento/scivolamento di massi e detrito.

Tutte le voci qui elencate, nonché le rispettive misure, sono riportate nella relazione tecnica allegata al progetto generale.

Durante le attività di disgaggio in parete sarà prevista anche una ulteriore fase di ispezione della rupe al fine di acquisire ulteriori elementi utili alla definizione degli interventi per settori non individuabili da terra o con l'ispezione a mezzo drone eseguita.

Si ritiene comunque utile prevedere, in un prossimo futuro, ulteriori risorse economiche utili alla realizzazione di presidi di sicurezza quali barriere paramassi e/o rilevati di dissipazione di crolli e scivolamenti, non solo in direzione della strada comunale, ma anche in considerazione della presenza dei due manufatti di Hera Spa, asserviti all'acquedotto comunale.

Gli interventi qui prospettati si ritengono utili al raggiungimento di una generale messa in sicurezza della parete per le situazioni più emblematiche, permettendo la risoluzione delle limitazioni di accesso ed utilizzo dell'infrastruttura coinvolta, solo al termine dei lavori.