

S.S.N.318 DI VALFABBRICA

Tratto Valfabbrica-Schifanoia - Interventi di completamento dal Km 16+224 al Km 19+354
 Lotto 5 : 1 stralcio parte B: raddoppio galleria Picchiarella e viadotto Tre Vescovi
 2 stralcio: raddoppio galleria Casacastalda e viadotto Calvario

PROGETTO ESECUTIVO

COD. PG131 - PG6

PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GDG - ICARIA

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Nando Granieri
 Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351

IL PROGETTISTA:

Dott. Ing. Federico Durastanti
 Ordine degli Ingegneri della Prov. di Terni n° A844

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Giorgio Cerquiglini
 Ordine dei Geologi della Regione Umbria n°108

IL R.U.P.

Dott. Ing.
 Antonio Scalamandrè

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Filippo Pambianco
 Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A1373

PROTOCOLLO

DATA

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



Dott.Ing. N.Granieri
 Dott.Arch. N.Kamenicky
 Dott.Ing. V.Truffini
 Dott.Arch. A.Bracchini
 Dott.Ing. F.Durastanti
 Dott.Geol. G.Cerquiglini
 Geom. S.Scopetta
 Dott.Ing. L.Sbrenna
 Dott.Ing. E.Sellari
 Dott.Ing. L.Stoppini
 Dott.Ing. L.Dinelli
 Dott.Ing. L.Nani
 Dott.Ing. F.Pambianco
 Dott. Agr. F.Berti Nulli

Dott. Ing. D.Carlaccini
 Dott. Ing. S.Sacconi
 Dott. Ing. G.Cordua
 Dott. Ing. V.De Gori

Dott. Ing. V.Rotisciani
 Dott. Ing. F.Macchioni
 Dott. Ing. M.Sorbelli
 Dott. Ing. V.Piunno
 Dott. Ing. G.Pulli



GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA

Relazione geologica ed idrogeologica

CODICE PROGETTO		NOME FILE	REVISIONE	SCALA:
PROGETTO D P P G 0 8	LIV. PROG. E	N. PROG. 1 7 0 1		
		T00-GE00-GEO-RE00-A		
		CODICE ELAB. T 0 0 G E 0 0 G E O R E 0 0	A	-
A	Emissione	25/10/2017	A.Lisetti	G.Cerquiglini
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO
				APPROVATO

INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. METODOLOGIA DI INDAGINE	4
2.1 RICERCA BIBLIOGRAFICA – RACCOLTA ED ANALISI DEI DATI PREGRESSI	4
2.2 RILIEVI DI SUPERFICIE E FOTOINTERPRETAZIONE.....	4
2.2.1 Rilievo geologico-geomorfologico di superficie.....	4
2.2.2 Rilievo geomeccanico di superficie.....	5
2.3 INDAGINI GEOTECNICHE E GEOFISICHE.....	7
3. GEOLOGIA.....	16
3.1 CARATTERI GEOLITOLOGICI DEI DEPOSITI SUPERFICIALI E DELLE FORMAZIONI DEL SUBSTRATO	18
3.2 ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE E TETTONICO DELL'AREA	20
4. GEOMORFOLOGIA	26
4.1 DESCRIZIONE DEI DISSESTI GRAVITATIVI ATTIVI O QUIESCENTI IN INTERFERENZA AL TRACCIATO, INTERESSANTIOPERE DA REALIZZARE	28
4.1.1 DISSESTO GRAVITATIVO N. 1	28
4.1.2 DISSESTO GRAVITATIVO N. 2	29
4.1.3 DISSESTO GRAVITATIVO N. 3 (IMBOCCO O GALLERIA PICCHIARELLA).....	32
4.1.4 MONITORAGGODEL VERSANTE SOTTOSTANTE L' ABITATO DI CASACASTALDA	33
4.1.5 Analisi e commento dei dati relativi al monitoraggio in oggetto	36
5. IDROGEOLOGIA	42
5.1 DA IMBOCCO EST GALLERIA CASACASTALDA- SISTEMAZIONI IDRAULICHE E AMBIENTALI	43
6. SISMICITA'.....	46
6.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO	46
6.2 SISMICITÀ STORICA.....	47
6.3 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE	52
6.4 VELOCITÀ SISMICA EQUIVALENTE VS30 E CATEGORIA DI SOTTOSUOLO AI SENSI DELLE NTC08.....	58

7. DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO TECNICO DI DETTAGLIO DEL SOTTOSUOLO E PROBLEMATICHE GEOLOGICO APPLICATIVE LUNGO IL TRACCIATO.....	59
7.1 TRATTA DA PROG. KM 16+448 A PROG. KM 16+531	59
7.2 GALLERIA CASACASTALDA.....	60

1. PREMESSA

La presente relazione costituisce la sintesi degli studi geologici condotti in diverse fasi progettuali condotte per la progettazione della "S.S. 318 di Valfabbrica – Interventi di completamento Parte A dei Lavori di costruzione del tratto in variante sa S.S. 3 bis (S.G.C. E 45), in località Lidarno, a Schifanoia.

Il progetto Esecutivo in oggetto, interessa il tratto della SS318 che va da Valfabbrica a Schifanoia, ed in particolare gli interventi di completamento che vanno dal Km 16+224 al Km 19+354 (Lotto 5) che sono suddivisi in due stralci funzionali quali:

- 1° stralcio: raddoppio della galleria Picchiarella e del viadotto Tre Vescovi
- 2° stralcio: raddoppio galleria Casacastalda e viadotto Calvario

Il tracciato in progetto, di lunghezza di c.ca 3.5 Km, risulta collocato in un'area geografica compresa tra gli abitati di Valfabbrica a SO e Casacastalda a NE.

Lo studio è stato articolato in fasi successive, legate anche alle complesse vicende che hanno caratterizzato questo lotto. Una prima fase, di raccolta bibliografica e delle risultanze delle indagini a disposizione relative a diverse campagne d'indagine ed una successiva, di verifica generale del tracciato, mediante analisi fotointerpretativa stereoscopica nell'area d'intervento.

Ciò ha permesso di determinare un primo modello litostratigrafico e morfologico dell'area d'interesse. I dati acquisiti sono stati integrati attraverso il rilevamento geologico-geomorfologico nell'area, con l'esecuzione di nuove stazioni di rilevamento geostrutturale speditive in corrispondenza delle tratte soggette a lavorazioni di scavo in trincea.

L'insieme delle risultanze della campagna geologico-geotecnica, dei rilievi di superficie e del monitoraggio geotecnico ha permesso di ricostruire il modello geologico-tecnico di dettaglio dei terreni interessati dal tracciato in progetto, unitamente alla caratterizzazione idrogeologica, geomeccanica e geotecnica dei litotipi indagati.

2. METODOLOGIA DI INDAGINE

2.1 RICERCA BIBLIOGRAFICA – RACCOLTA ED ANALISI DEI DATI PREGRESSI

La prima fase dello studio ha previsto un'analisi bibliografica e di quanto già esistente in merito alle caratteristiche geologiche generali dell'area in studio. Si è fatto quindi riferimento alle cartografie ufficiali, con particolare riguardo a cartografie tematiche redatte dalla Regione dell'Umbria in seno al progetto di cartografie geologiche e geotematiche delle aree terremotate (settembre '97 e successivi) finalizzate all'individuazione della pericolosità sismica locale, insieme a specifiche pubblicazioni a carattere scientifico relativamente alla natura dei terreni presenti ed alle formazioni geologiche di riferimento. Lo studio ha naturalmente compreso l'analisi dei dati relativi alla progettazione esecutiva e delle successive campagne di indagini e di monitoraggio eseguite dal Compartimento della Viabilità per l'Umbria e da Grassetto Lavori S.p.A. .

2.2 RILIEVI DI SUPERFICIE E FOTOINTERPRETAZIONE

Nell'ambito della caratterizzazione geologica e geomorfologica preliminare e nell'intento di localizzare le lineazioni di maggior importanza ed eventuali aree in dissesto, è stata eseguita un'analisi fotointerpretativa multi scalare e multitemporale su documentazione fotoaerea consultata gli uffici del P.U.T. della Regione Umbria, relativamente ai seguenti voli:

- Volo anno 1954 – scala 1:33.000 BN
- Volo anno 1970 - scala 1:25.000 BN
- Volo anno 2000 - scala 1:10.000 BN (AR 46)

Ad essa è seguita una fase di rilievo di dettaglio di superficie che ha previsto:- rilievo geomorfologico e geologico di superficie a scala 1:1000 e 1:500 con restituzione grafica 1:1000 ed 1:500 per un inquadramento generale e di dettaglio del contesto geologico in esame;

- rilievo geomeccanico speditivo di superficie di stendimenti metrici, nelle zone interessate dalla di trincee in materiale lapideo ad integrazione del rilievo geomeccanico di superficie eseguito in precedenti fasi progettuali;

2.2.1 Rilievo geologico-geomorfologico di superficie

Sulla scorta delle risultanze degli elementi emersi dall'esame bibliografico, delle indagini geognostiche e della fase di fotointerpretazione, è stato effettuato un rilievo di dettaglio dell'area secondo le metodologie classiche che prevedono il rilevamento degli elementi morfologici e dei parametri giacitureali e strutturali macroscopici, con l'individuazione delle aree instabili, delle principali discontinuità, delle zone di faglia e di disturbo tettonico, delle coperture recenti. Nell'ambito delle fasi di rilievo, sono state distinte le litologie principali associandole alle formazioni geologiche di riferimento.

2.2.2 Rilievo geomeccanico di superficie

I rilievi strutturali eseguiti nelle varie fasi progettuali sono stati condotti secondo le metodologie classiche I.S.R.M. (International Society for Rock Mechanics, 1978), mediante rilevamento delle principali famiglie di discontinuità (stratificazione, jointing, clivaggio), con, in alcuni casi, esecuzione di prove di forma e meccaniche in situ (pettine di Barton, martello di Schmidt). Le informazioni assunte dai rilievi superficiali sono stati riassunti in tabulati che riportano: dati e notizie di carattere generale (numero progressivo dello stendimento, lunghezza dello stendimento, ubicazione, direzione ed inclinazione del tratto di parete rilevata); caratteristiche delle discontinuità (numero progressivo di rilevamento delle discontinuità, distanza rispetto all'origine dello stendimento, litologia interessata, competenza, tipo di discontinuità, lunghezza, immersione, inclinazione, riempimento, presenza d'acqua, apertura, forma, scabrezza delle superfici della discontinuità). Vengono brevemente descritte le principali voci verificate nelle fasi del rilievo e riassunte nei tabulati di sintesi.

Grado di fratturazione dell' Ammasso Roccioso

I rilievi geomeccanici condotti hanno consentito di definire il grado di fratturazione dell'ammasso roccioso che ha in seguito permesso di risalire alla determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche del bedrock. Non sono state effettuate misure relative all'indice di dimensioni dei blocchi (I_b), in quanto che l'elevata variabilità dei valori di spaziatura e persistenza dei giunti rendono praticamente inutilizzabile tale parametro se misurato su porzioni di ammasso roccioso di estensione ridotta, come nel caso dei fronti rocciosi analizzati negli affioramenti presenti.

Numero, quantità e distanza delle discontinuità

Per ciascuna discontinuità rilevata lungo uno stendimento viene indicata la posizione (che consiste nella distanza tra la discontinuità stessa e l'origine dell'allineamento in esame) ed il numero progressivo dell'osservazione.

Tipo di discontinuità

I risultati dei rilievi geomeccanici condotti hanno permesso di determinare, per ogni stazione di misura, le caratteristiche peculiari delle discontinuità presenti all'interno dell'ammasso roccioso in esame. Le analisi sono state svolte in conformità con gli standard ISRM (1993) mediante analisi soggettiva dell'affioramento e misura dell'orientazione dei sistemi di discontinuità presenti. Le misure effettuate hanno consentito di individuare diverse famiglie di discontinuità e di associare a ognuna di esse le caratteristiche peculiari più rappresentative dal punto di vista geomeccanico.

- Giacitura (immersione ed inclinazione della discontinuità)

L'immersione e l'inclinazione definiscono l'orientamento della discontinuità nello spazio; l'immersione è l'azimut della linea di massima pendenza dell'elemento strutturale, ovvero il punto dell'orizzonte verso il quale pende il suddetto, ovvero l'angolo, misurato in senso orario, tra il Nord ed un piano verticale contenente la linea di massima pendenza; l'inclinazione è l'angolo, misurato sul piano verticale passante per l'immersione, tra un qualunque piano orizzontale ed il piano dell'elemento strutturale considerato. Le misure sono state effettuate tramite bussola geologica tipo "BRUNTON". Il numero di giaciture rilevate per ogni stazione è in stretta dipendenza alle dimensioni e alla complessità strutturale dell'affioramento.

- Lunghezza

Lunghezza della traccia visibile della discontinuità, come osservabile sul fronte in affioramento, espressa in centimetri (cm).

- Riempimento delle discontinuità

Si fa riferimento all'eventuale materiale di riempimento presente tra le pareti della discontinuità indicandone la natura mineralogica e/o litologica e/o granulometrica.

- Presenza d'acqua

Il flusso dell'acqua attraverso gli ammassi rocciosi è favorito principalmente dalla cosiddetta "permeabilità secondaria" dell'ammasso, costituita dalla rete di discontinuità comunicanti dove avviene il passaggio del fluido. Vengono indicati o la totale assenza di acqua (assente), quando i lembi della discontinuità sono asciutti e non c'è traccia di flusso idrico, o la presenza d'acqua quando rilevabile.

- Forma delle superfici delle discontinuità

La forma delle superfici è determinata dalle ondulazioni della discontinuità che ne delineano il profilo medio, si tratta cioè di una scabrezza su larga scala. Le possibili forme della superficie sono: piatta o planare (PIA); ondulata (OND); segmentata (SEG).

- Apertura della discontinuità

L'apertura è la distanza che separa le pareti della discontinuità, misurata perpendicolarmente alle pareti stesse, indicata sia in assenza che in presenza di riempimento ed espressa in millimetri (mm).

- Scabrezza delle superfici delle discontinuità

La scabrezza è costituita dalle asperità superficiali presenti lungo tutta la superficie ed è espressa come modulo JRC.

- Litologia prevalente interessata.

Viene indicato il tipo litologico attraversato dalla discontinuità. I dati raccolti durante il rilievo geostrutturale di superficie sono stati successivamente elaborati mediante il programma di calcolo CLU-STAR1, la proiezione è stata effettuata sul reticolo di Wulff, equiangolare, emisfero inferiore. I grafici comprendono la popolazione di dati ed i risultati del clustering.

Per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato "*Relazione Geostrutturale e Geomeccanica*".

2.3 INDAGINI GEOTECNICHE E GEOFISICHE

Per la stesura del Progetto Esecutivo sono stati utilizzati i risultati delle numerose campagne di indagini geognostiche e geotecniche eseguite durante le precedenti fasi di progettazione del lotto in esame.

In questo paragrafo viene ricostruito il quadro delle campagne geognostiche realizzate nel corso delle varie fasi progettuali che hanno interessato il tratto in oggetto dal 1990 al 2017. Come accennato, nelle premesse al presente rapporto, per ogni campagna si riportano e descrivono solo le indagini (sondaggi, prove in sito, di laboratorio, e sismiche) che sono state eseguite nel lotto di interesse o che si ritengono particolarmente significative ai fini della costruzione del modello geologico - geotecnico.

Di seguito per ogni campagna si riportano oltre che ai sondaggi realizzati, anche le prove in sito, sismiche e di laboratorio effettuate in base al materiale disponibile. Si specifica che in alcuni casi non è stato possibile ricostruire il quadro totale in quanto alcuni dati sono risultati mancanti.

- ***Campagna di indagini ANAS del 1990***

Nell'ambito della campagna eseguita nel 1990 per la progettazione definitiva del V lotto dell'alternativa alla S.S. 318 sono state realizzate nel lotto in oggetto i seguenti sondaggi geognostici:

SONDAGGIO	PROFONDITA' (m da pc)
3/90p	35
5/90p	75
6/90p	70
7/90p	35

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GEOLOGICA ED IDROGEOLOGICA

• *Campagna di indagini ANAS del 1994*

Nell'ambito della campagna eseguita nel 1994 per la progettazione esecutiva del V lotto dell'variante alla S.S. 318, sono state realizzate le seguenti indagini:

SONDAGGIO					PROVE IN SITO				PROVE DI LABORATORIO			
N°	PROFONDITA' (m da pc)	PIEZOMETRO TUBO APERTO (m da pc)	PIEZOMETRO DI CASAGRANDE	CAMPIONI	SPT	PROVE DILATOMETRICHE	PROVE PRESSIOMETRICHE	PROVE DI LUGEON	POKET PENETROMETER TEST	ASNALISI GRANULOMETRICA	LIMITI DI ATTERBERG	PROVA DI TAGLIO DIRETTO
S26/94	20	-		1	2	-	-		-	-	-	-
S27/94	30.2	-		2	1	-	-		-	su C1	su C1	su C1
S29*/94	18.5	-	18.5	1	1	-	-		-	-	-	-
S31*/94	35	-	34.5	2	2	-	-	2	-	-	-	-
S44	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S45	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S46	70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S48	95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S49	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S50	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S71	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S72	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SISMICHE A RIFRAZIONE												
PROFILO N°	LUNGHEZZA (m)	ENERGIZZAZIONI		TIPO DI ONDE								
base VAL49	110	5		P								
base VAL50	110	5		P								
base VAL51	110	5		P								
base VAL53	110	5		P								
base VAL55	110	5		P								

base VAL57	110	5	P
base VAL58	110	5	P

- *Campagna di indagini GRASSETTO LAVORI S.p.A. del 1999-2000*

Nella campagna di indagini eseguita nel 1999-2000 sono state realizzate le seguenti indagini ricadenti nel lotto V:

SONDAGGIO					PROVE IN SITO		
N°	PROFONDITA' (m da pc)	PIEZOMETRO TUBO APERTO (m da pc)	PIEZOMETRO DI CASAGRANDE	CAMPIONI	SPT	PROVE DILATOMETRICHE	PROVE PRESSIOMETRICHE
S.3/00	10	-	-	1	-	-	-
S.2/00	15	-4.32 livello statico	-	2	-	-	-
S.1/00	15	- 4.50 livello statico e- 6.26	-	3	-	-	-
1	53	-	-	3	-	-	-
2	62.4	-	-	3	-	-	-
S3/00	50	-	-	-	-	-	-
S4/00	42	-	-	-	-	-	-
NS2	42	-	-	-	-	-	-
NS3	14	-	-	-	-	-	-
NS4	45	-	-	-	-	-	-
NS5	50	-	-	-	-	-	-
NS6	62	-	-	-	-	-	-
NS7	53	-	-	-	-	-	-

- *Campagna di indagini GRASSETTO LAVORI S.p.A. del 2001*

Nella campagna di indagini eseguita nel 2001 nell'ambito della redazione della III perizia di Variante tecnica e suppletiva del v lotto i stralcio della variante alla S.S.318 sono state realizzate le seguenti indagini ricadenti nel lotto di interesse

SONDAGGIO					PROVE DI LABORATORIO								
N°	PROFONDITA' (m da pc)	PIEZOMETRO TUBO APERTO (m da pc)	PIEZOMETRO DI CASAGRANDE	CAMPIONI	SPT	ANALISI GRANULOMETRICA	LIMITI DI ATTERBERG	PROVA DI TAGLIO DIRETTO	COMPRESSIONE MONOASSIALE	SLAKE DURABILITY TEST	VELOCITÀ ULTRASONICA	TRIASSIALE SU ROCCIA	POINT LOAD TEST
S7/01	12.5	-0.69	-	5	2	su C1- C2- C4	su C1- C2	su C1- C2	su C2-C5	su C1- C2- C4- C5	su C2- C3	su C3-C4- C5	su C3
S8/01	15	-3.1	-	3	2	su C1- C2- C4	su C1- C2- C4	su C1- C2- C4	su C1	su C1- C2- C4	su C1	su C3	

- *Campagna di indagini ANAS del 2001*

Nell'anno 2001 nell'ambito dei lavori di costruzione del tratto in variante della S.S. 318 di Valfabbrica da S.S.3bis (S.G.C./E45) in loc. Lidarno a Schifanoia - V lotto I stralcio: dallaprog.13+640 alla prog. 17+454 è stata realizzata una campagna di indagini integrative costituita da:

SONDAGGIO					PROVE IN SITO
N°	PROFONDITA' (m da pc)	PIEZOMETRO TUBO APERTO (m da pc)	PIEZOMETRO DI CASAGRANDE	CAMPIONI	SPT
S5b/01	12	-	-	1	4
S5c/01	16	-	-	2	4
S5d/01	6	-	-	-	2
S5e/01	13	-	-	1	2

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GEOLOGICA ED IDROGEOLOGICA

• *Campagna di indagini ANAS del 2004*

Nell'ambito della campagna di indagini eseguita nel 2004 per la progettazione definitiva dei lavori di completamento del V lotto I stralcio della variante alla S.S. 318, sono state realizzate le seguenti indagini interessanti la tratta in oggetto:

SONDAGGIO					PROVE IN SITO			PROVE DI LABORATORIO			
SONDAGGIO	PROFONDITA' (m da pc)	PIEZOMETRO TUBO APERTO (m da pc)	PIEZOMETRO DI CASAGRANDE	CAMPIONI	SPT	PROVE DILATOMETRICHE	PROVE PRESSIOMETRICHE	ANALISI GRANULOMETRICA	LIMITI DI ATTERBERG	PROVA DI TAGLIO DIRETTO	COMPRESSIONE MONOASSIALE
S1V*/04	18.1	15	-	3	-	-	-	-	-	-	su CR1-CR2-CR3
S1P*	24.3	24.3	-	7	-	-	-	su R1bis-R2bis-R3	su R1bis-R2bis-R3-CR1	su CR1	su CR1-CR1bis-CR2-CR2bis-CR3-CR4-CR5

SISMICHE A RIFRAZIONE			
PROFILO N°	LUNGHEZZA	ENERGIZZAZIONI	TIPO DI ONDE
LS1	60	5	P
LS2	60	5	P
LS3	60	5	P
LS4	60	5	P
LS5	60	5	P
LS6	60	5	P
LS7	60	5	P
LS8	80	5	P

- *Campagna di indagini ANAS del 2005*

Nell'anno 2005 nell'ambito dei lavori di costruzione del tratto in variante alla S.S. 318 di Valfabbrica da SS3 bis (S.G.C./E45) in loc. Lidarno a Schifanoia - V lotto I stralcio: dallaprogr.13+640 alla prog. 17+454 è stata realizzata una campagna di indagini integrative (in corrispondenza dell'imbocco Ovest della Galleria "Picchiarella" interessato da un dissesto) costituita da:

- 1 sondaggio verticale a carotaggio continuo.

SONDAGGIO N°	PROFONDITA' (m)
S1/05	18.3

- *Campagna di indagini realizzate nell' ambito del Monitoraggio del versante sottostante l'abitato di Casacastalda- Febbraio 2005 e Maggio 2005*

L'ANAS S.p.A. - Compartimento della Viabilità per l'Umbria con sede in Perugia ha condotto, nel periodo Luglio 2004 -Maggio 2005, una campagna d'indagini atta alla creazione di una rete di monitoraggio geotecnico del versante sottostante l'abitato di Casacastalda, nell'ambito dei lavori di costruzione della S.S. 318 di Valfabbrica, tratto in variante da S.S. n° 3 bis, in loc. Lidarno, a Schifanoia, V° Lotto, II° Stralcio.

In particolare, tali indagini hanno riguardato l'area interessata dalla realizzazione della Galleria Casacastalda ed il versante presente a monte.

- *Campagna Febbraio 2005*

Febbraio 2005								
SONDAGGIO	PROFONDITA' (m da pc)	PIEZOMETRO TUBO APERTO (m da pc)	PIEZOMETRO DI CASAGRANDE	CAMPIONI	SPT	PROVE DILATOMETRICHE	INCLINOMETRO	INDAGINE SISMICHE CROSS-HOLE
S1a	30	-	-	-	-	-	fino a 29.60 m	-
S1b	20	-	fino a 17.7 m	-	-	-	-	-
S2a	61	-	-	6	-	3	fino a 60 m	-
S2a1	61	-	-	-	-	-	fino a 58 m	X
S2b	58	-	-	-	-	-	fino a 58. 5 m	X
S3a	59	-	-	4	-	2	fino a 59.6 m	-
S3a1	38	-	-	2	-	1	-	-
S4a	30	-	-	-	-	-	fino a 29.60 m	-
S4b	20	-	fino a 19.0 m	-	-	-	-	-

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GEOLOGICA ED IDROGEOLOGICA

S5a	40	-	-	-	-	-	fino a 38.60 m	-
S5b	22	-	fino a 17.5 m	-	-	-	-	-
S6a	25	-	-	-	-	-	-	-
S6b	8.5	-	fino a 7.35 m	-	-	-	-	-
S7a	30	-	-	-	-	-	fino a 28.70 m	-
S8b	30	-	-	-	-	-	fino a 30.0 m	-
S9b	30	-	-	-	-	-	fino a 30.0 m	-

Letture inclinometriche campagna febbraio 2005

INCLINOMETRO sigla	PROFONDITA' STRUMENTO m	NUMERO LETTURE n.
S5a	38.6	39
S7a	28.7	28
S8b	30.0	30
S9b	30.0	30

TUBO PIEZOMETRICO	TIPOLOGIA STRUMENTO	PROFONDITA' STRUMENTO
S1b	C.Casagrande	17.7
S4b	C.Casagrande	19.0
S5b	C.Casagrande	17.5
S6b	Tubo Aperto	7.35

- *Campagna Maggio 2005*

Maggio 2005						
SONDAGGIO	PROFONDITA' (m da pc)	PIEZOMETRO TUBO APERTO (m da pc)	PIEZOMETRO DI CASAGRANDE	CAMPIONI	SPT	PROVE DILATOMETRICHE
S1c	38.5	-	-	4	-	
S2c	55	-	-	5	-	2
S3c	77.6	-	fino a 66.7 m	4	-	2
S4c	50	-	fino a 39.8 m	1	-	2
S5c	25	-		4	-	

- *Campagna di indagini ANAS del 2017*

L'ultima campagna di indagini è stata realizzata per il progetto esecutivo in oggetto della "S.S. 318 Tratto Valfabbrica - Schifanoia" ed è consistita in indagini geognostiche dirette e indirette al fine di poter caratterizzare dal punto di vista geotecnico i terreni ricadenti sul progetto dell'opera.

A riguardo ANAS ha programmato una campagna di indagini, finalizzata alla definizione delle caratteristiche geo-meccaniche dei litotipi coinvolti, realizzando le seguenti indagini:

SONDAGGIO					PROVE IN SITO				
SONDAGGIO	PROFONDITA' (m da pc)	PIEZOMETRO TUBO APERTO (m da pc)	PIEZOMETRO DI CASAGRANDE	CAMPIONI	SPT	PROVE PRESSIOMETRICHE	PROVE DI LUGEON	DOWN HOLE	INDAGINE SISMICHE CROSS-HOLE
S1DH/2017	20	-	-	5	2	2	1	1	
S2/17	11.3	-	X	2		1			
S3pz/2017	50	-		8		4	1		1
S3CH/2017	40	INSTALLAZIONE DI UN POZZETTO METALLICO		-	-	-	-	-	1
S3CHbis/2017	40	-	-	9	2	4	1		1
S4Orizz/17	40	-	-	1	-	-	-	-	-
SISMICHE TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE									
PROFILO N°	LUNGHEZZA (m)	ENERGIZZAZIONI	TIPO DI ONDE						
RST1	120	5	P edSh						
RST2	84	5	P edSh						

Le prove di laboratorio effettuate sono sintetizzate nella seguente tabella:

Sondaggio	Campione	Apertura campione	Caratteristiche fisiche	Denominazioni specifiche	Contenuto CaCO ₃ e sost. org.	Analisi granulometrica	Sedimentazione	Limiti di Atterberg	Prova edometrica	Prova di permeabilità	Prova taglio diretto	Prova taglio anulare	Prova triassiale CID	Prova triassiale CIU	Prova di compressione uniaxiale	Point Load Test	Prova di compressione triassiale
S1DH	CI1	X	X		X	X	X	X									
S1DH	CI2	X	X		X	X	X	X									
S1DH	CL1	X	X										X				
S1DH	CL1	X	X											X			
S1DH	CR1	X	X		X	X	X							X			
S3	C1	X	X		X	X	X										
S3	CR1	X	X		X	X	X										
S3	CR2	X	X		X	X	X										
S3	CL1	X	X														
S3	CL2	X	X													X	
S3	CL3	X	X											X			
S3	CL4	X	X											X			
S3	CL5	X	X											X			
S3	CL6	X	X											X			
S2	CI1	X	X		X	X	X									X	
S2	CI2	X	X		X	X	X										
S2	CL1	X	X										X				
S2	CL2	X	X													X	
S2	CL3	X	X											X			
S2	CL6	X	X											X			
S2	CL4	X	X		X	X											X
S2	CL5	X	X		X	X											
S4	GR1	X	X		X	X	X			X							
S4	CI1	X	X		X	X	X	X			X			X			
S4	CI2	X	X		X	X	X	X					X				
S4	CI3	X	X		X	X	X					X					
S4	CR2	X	X		X	X	X						X				
S4	CR3	X	X		X	X	X										
S4	CR4	X	X														
S4	CL1	X	X													X	
S4	CL2	X	X											X			
S4	CL3	X	X											X			
S4	CL4	X	X											X			
S4	CL5	X	X											X			

3. GEOLOGIA

I terreni affioranti nell'area interessata dal tracciato in progetto sono stati raggruppati in tre successioni, due "marine" ascrivibile al basamento torbido della Formazione della Marnoso-Arenacea s.l. di età Langhiano superiore-Serravalliano superiore, l'altra delle Argille Varicolori di età Oligocene superiore – Burdigaliano superiore costituite da argilliti variegata con colorazione rosso mattone, verde, nocciola, grigio e giallo in strati di spessore variabile dal centimetro al decimetro. In globati nelle peliti sono inclusi dei blocchi e strati competenti costituiti da calcareniti biancastre e calcilutiti biancastre di spessore eterogeneo che diventano preponderanti nella parte alta della formazione.

Inoltre si rinviene una successione "continentale" che ricopre un periodo compreso tra il Pliocene e l'Olocene, comprendente: depositi eluvio-colluviali (ter), depositi di frana (cfr) e accumuli antropici (ant). La formazione torbida della Marnoso-Arenacea s.l. affiora diffusamente lungo gli opposti versanti della valle del F. Chiascio e del Rio Risacco e costituisce il basamento su cui si sono sedimentate le successive formazioni continentali (vedi stralcio cartageologica 1:100000 – Foglio n. 123 – Assisi).

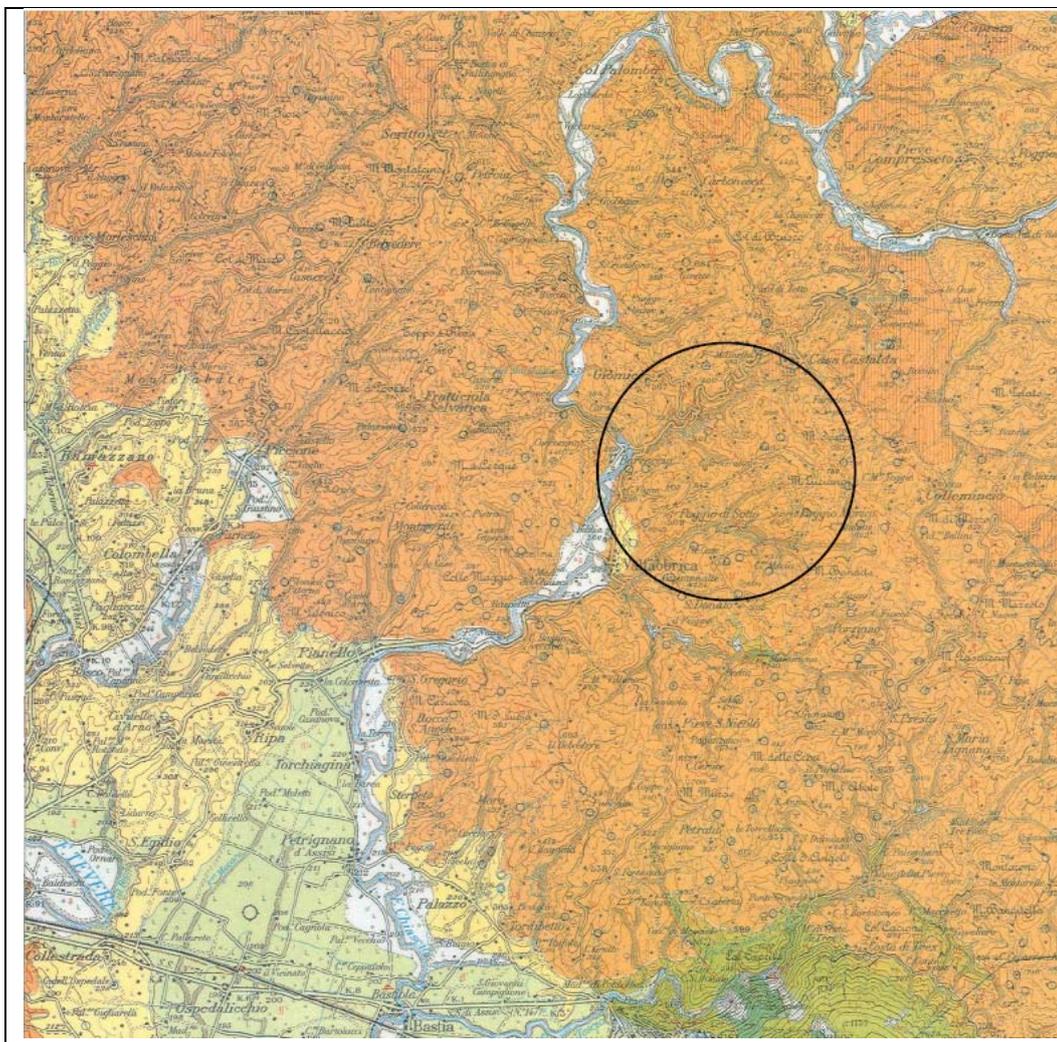


Figura 1: Stralcio carta geografica 1:100000 – Foglio n. 123 – Assisi

Il tracciato in oggetto, interessa prevalentemente le unità litoidi della marnoso arenacea e le unità eluvio-colluviali e di alterazione della stessa. Solo in alcuni limitati settori le opere andranno ad intercettare corpi eterometrici di frana e depositi eluvio-colluviali di spessore variabile anche rilevante, e in parte da depositi antropici derivanti da lavorazioni eseguite in loco durante le precedenti fasi costruttive del lotto in oggetto.

Le caratteristiche litologico stratigrafiche delle unità riconosciute sono descritte nel successivo paragrafo mentre la loro distribuzione areale e verticale verrà considerata con maggiore attenzione nella trattazione di dettaglio del tracciato in progetto.

3.1 CARATTERI GEOLITologici DEI DEPOSITI SUPERFICIALI E DELLE FORMAZIONI DEL SUBSTRATO

SUCCESSIONE LIGURE:

- ARGILLE VARICOLORI

La formazione delle Argille varicolori è costituita da argille e argilliti talora siltose e marnose, grigie e varicolorate, con struttura caotica e foliata inglobanti localmente inclusi litologicamente eterogeni costituiti da calcareniti chiare e grigie calcilutiti policrome calcari silicizzati verdastri calcari marnosi bianchi a frattura concoide talora nerastri.

Il "Complesso Argilloscistoso" affiora a Ovest dell'abitato di Casa Castalda e al confine tra il Comune di Valfabbrica e i territori comunali di Gualdo Tadino e Nocera Umbra. Si tratta di una litologia presente in letteratura con diversi nomi; viene chiamato "complesso argilloscistoso" da Piali (1966), "argilloscisti varicolori" da Conversini (1972) e "olistostroma" da Damiani (1995). E' caratterizzato da una massa caotica di argilloscisti rossi, violacei, verdastri e grigi, con intercalazione di lenti calcarenitiche. Tutto il complesso è costituito da blocchi di calcare e marne disposti in modo disordinato, immersi in una matrice di natura argillosa. Sono inoltre sede, per loro natura, difrequenti fenomeni di dissesto idrogeologico. Non si rinvencono passaggi graduali da calcarenite a marna o argilla. Sono stati definiti olistostromi, ovvero masse rocciose ad assetto caotico generate da grandi frane sottomarine. Tale complesso che, come accennato in precedenza è presente all'interno della Marnosa arenacea.

SUCCESSIONE MARINA

- MARNOSO ARENACEA (Tortoniano-Messiniano inf.)

La formazione della marnosa arenacea è costituita in generale da alternanze arenaceo pelitiche con rapporto arenite-pelite (A/P) e spessore degli strati variabile. Le arenaree presentano granulometrie da grossolane a fini con base ruditica, di provenienza alpina e subordinatamente appenninica. E si impostano sulla formazione dello Schlier. Successivamente, durante la fase compressiva appenninica del Miocene-Pliocene la pila tettonica è migrata da O verso E, raggiungendo l'attuale assetto, successivamente riorganizzato dalle fasi post appenniniche distensive e trascorrenti. (Lavecchia et alii, 1988).

La successione pre-Contessa è contraddistinta dall'alternanza di strati torbiditici silicoclastici che a composizione ibrida calcareo-silicoclastica, variabili da mediamente a molto spessi. La parte arenitica è compresa fra 20 e 200 cm ed il rapporto A/P è a favore della frazione pelitica con valori che oscillano tra 1/2 e 1/6. La successione post-Contessa è rappresentata da torbiditi pelitiche e pelitico-arenacee in strati da sottili a molto spessi, con rapporto A/P molto variabile, ma in genere compreso fra 1/4 e 1/8.

Nella porzione sommitale del membro, si osserva un generale aumento della porzione pelitica, con rapporto A/P che oscilla tra 1/6 e 1/10, la diminuzione dello spessore degli strati silicoclastici e la progressiva riduzione nella frequenza delle calcareniti. Le unità osservate negli

affioramenti presenti hanno un rapporto A/P oscillante da 1/5 a 1/10 è quindi probabile che le unità litoidi affioranti siano ascrivibili alla litofacies post-Contessa.

Lo spessore complessivo del membro è stato stimato in circa 1200 m. Le unità litoidi sopra descritte affiorano diffusamente lungo il tracciato in progetto sia in affioramenti naturali sia artificiali derivanti dalla realizzazione delle opere in trincea e dalle generali opere in scavo già eseguite nel lotto.

SUCCESSIONE CONTINENTALE

La successione dei termini continentali comprende sia termini deposizionali di origine sedimentaria sia depositi di alterazione sia termini antropici (riporti). La distinzione tra tali termini è stata operata riferendoci a quanto osservato nel corso del rilievo di superficie, unitamente all'analisi delle risultanze puntuali dei sondaggi meccanici, dell'indagine sismica e delle prove di laboratorio, eseguite nei campioni prelevati nei sondaggi, permettendo di differenziare i seguenti depositi in ordine di età crescente:

- ACCUMULI ANTROPICI – ant – (Olocene)

Con tali termini si considerano i depositi di origine antropica rilevati lungo il tracciato ederivanti dalle predefinite opere di scavo e riporto già eseguite in loco. Alcuni accumuliinterferiscono con il tracciato in progetto e sono costituiti da terreni a struttura caoticae granulometria prevalentemente limo-argillosa, con basso grado di consistenza,colorazione da avana a grigio scura con frammenti marnoso ed arenacei di pezzaturavariabile.Corpi con spessori di rilievo sono stati individuati ad inizio lotto ed in prossimità dellaprog. 15+150.

Per la loro distribuzione areale e verticale si vedano la cartografia e le sezionigeologiche allegate al progetto.

- DEPOSITI DI FRANA - cfr – (Olocene)

Con il termini di depositi di frana si intendono le aree di accumulo generate dafenomeni gravitativi che hanno coinvolto differenti spessori in diversi termini affioranti,con prevalenza dei litotipi marnosi e siltitici del basamento torbido e dei depositi dialterazione di questi. Considerata la natura prevalentemente pelitica dei terreniinteressati dai processi morfologici, le caratteristiche tessiturali dei depositi di franarisultano nella maggioranza dei casi costituiti da una tessitura a struttura caotica, conmatrice prevalente limosa e/o sabbiosa fine in cui si rinvenngono frammenti litoidi dinatura marnosa ed arenacea da centimetrici a veri e propri trovanti metrici, tali depositisono stati considerati per il loro assetto morfologico attivi o quiescenti (cfr).

Depositi di tale natura (cfr) interferenti con il tracciato in progetto sono stati riscontratiin diverse aree (vedi paragrafo [4.1](#)) e la cartografia geologica in scala 1:2000 allegate al progetto.

- **DEPOSITI ELUVIO-COLLUVIALI - TER - (OLOCENE)**

Si tratta di depositi di disfacimento ed alterazione dei sedimenti marini del basamento e delle unità fluvio lacustri, rilevati abbondantemente lungo il versante di imposta del tracciato stradale ed in particolare nelle vallecole topograficamente depresse che tagliano ortogonalmente il tracciato in direzione SE-NO. I depositi sono costituiti da sedimenti a prevalente componente fine con frammenti arenaceo marnosi centimetrici e caratteristiche di consistenza medio-basse. Si sviluppano prevalentemente dal disfacimento dei termini marnosi e siltitici, ma da quanto rilevato e verificato in fase di esecuzione degli stendimenti sismici a rifrazione, sono presenti in modo limitato anche in aree in cui risulta subaffiorante il basamento arenaceo. Risultano osservabili in spessori cartografabili di rilievo, nella parte iniziale del tracciato antecedente al Viadotto Barcaccia 1, nell'area di imposta del Viadotto Barcaccia 2, nella zona prossima all'imbocco E della galleria Barcaccia, nelle zone dei Viadotti Comancino e Tre Vescovi e dell'imbocco O della Galleria Picchiarella.

3.2 ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE E TETTONICO DELL'AREA

Il tracciato stradale in progetto risulta inserito in un contesto tettonico legato alle fasi deformative appenniniche e post-appenniniche, documentabili a scala regionale nell'area di interesse ed in un ampio contorno.

Attraverso la fotointerpretazione, il rilevamento di campagna e le varie fasi di rilievo strutturale in affioramento oltre ai dati di perforazione dei sondaggi eseguiti, è stato possibile ricostruire il modello deformativo e le principali strutture tettoniche presenti lungo l'area del tracciato.

L'area studiata ricade nell'ambito della media valle del F. Chiascio, nel quale, a grande scala, sono presenti strutture tettoniche riferibili alle due principali fasi deformative che hanno interessato il dominio umbro-marchigiano.

Una fase compressiva orogenica, datata Tortoniano-Messiniano, che ha prodotto fronti di accavallamento e faglie inverse in un'area che comprende anche il sito interessato dalla realizzazione dell'infrastruttura, in prossimità dell'abitato di Casacastalda.

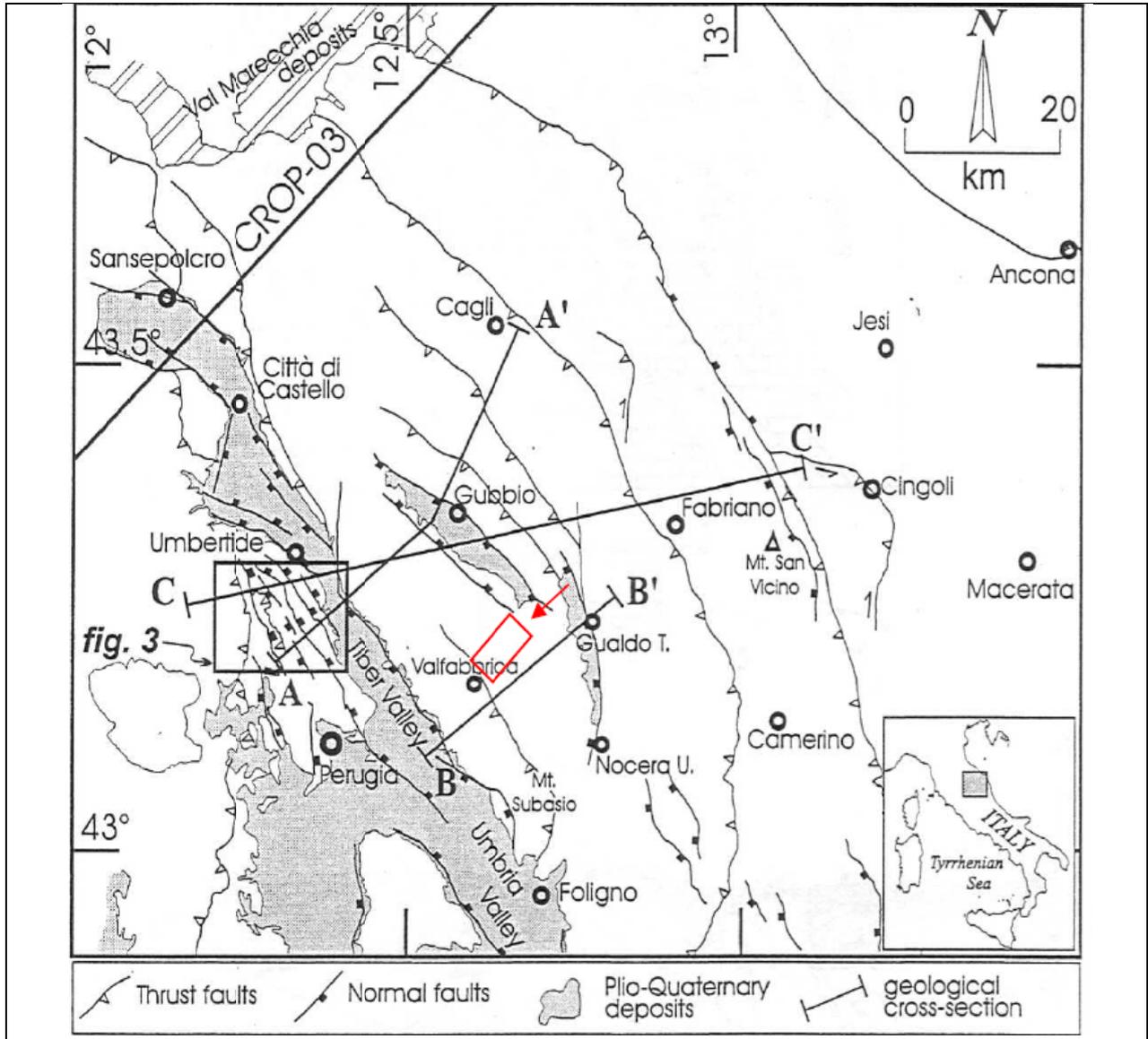
Una successiva fase distensiva, datata Pliocene sup.-Pleistocene, cui sono riferite le lineazioni tettoniche rilevate nell'area di nostro interesse, che ha generato un insieme di faglie dirette ad alto angolo, con orientamento principale NO-SE, ed immersione sia orientale che occidentale. A tali sistemi sono associate ulteriori lineazioni, a componente cinematica generalmente transtensiva, che hanno dislocato le lineazioni principali, con orientamento E-O e NE-SO.

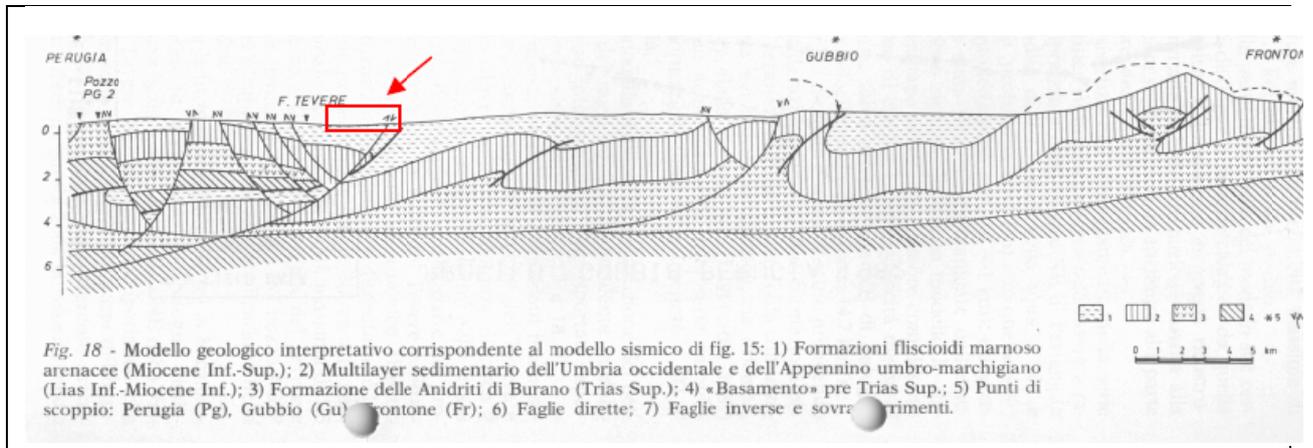
Da quanto è possibile rilevare in bibliografia, tramite l'acquisizione di nuovi dati geofisici, prevalentemente di tipo sismico (es. CROP 03), l'insieme di tali strutture distensive plio-pleistoceniche è stato riferito alla presenza di un'importante faglia normale (Bordiera), che si

estende lungo il bordo interno della valle del Tevere, immergendosi verso E, fino almeno alla profondità di 12 km al di sotto della catena appenninica (Faglia Altotiberina).

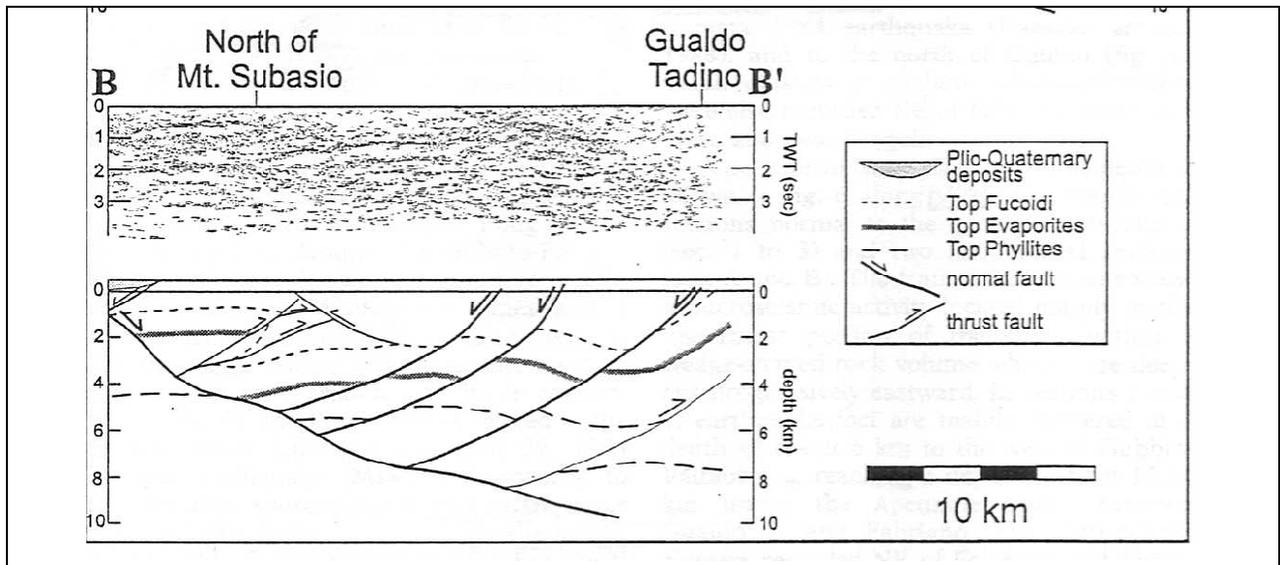
Tale megastruttura risulterebbe avere il ruolo di **master fault** distensiva dell'area umbro-marchigiana, costituendo l'orizzonte di scollamento dei sistemi dislocativi distensivoplio-pleistocenici, sia ad immersione orientale (interpretabili come splays sintetici), sia occidentale (coniugate antitetiche), in un quadro tettonico sismicamente attivo, come evidenziato dalla sismicità storica e strumentale.

Vengono di seguito allegate alcune figure tratte dalla bibliografia disponibile, esemplificative del contesto tettonico regionale, con evidenziata in rosso l'area d'interesse. In particolare sono riportate una planimetria con evidenziate le principali faglie inverse e dirette presenti a scala regionale, due sezioni schematiche rappresentanti diversi modelli interpretativi del contesto tettonico crostale ed un possibile schema del modello sismogenetico dell'area.

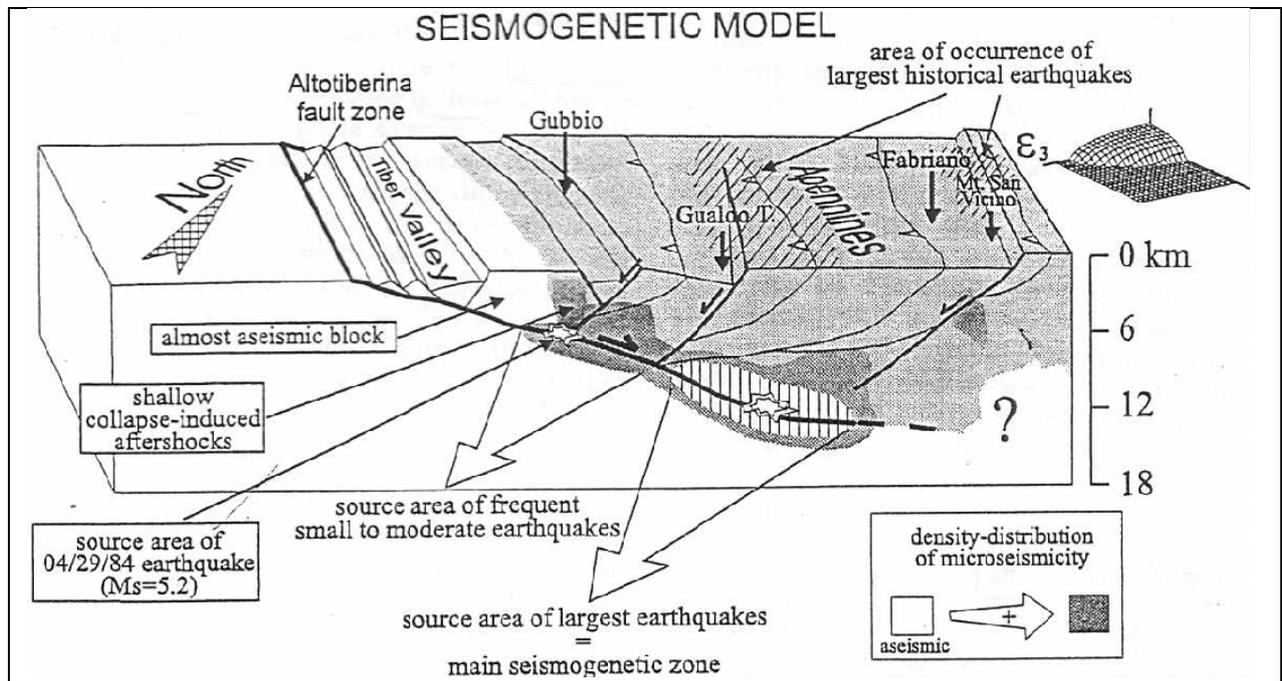




(modificato da G. Lavecchia et alii, 1984)



(modificato da P. Boncioet alii, 1998)



(modificato da P. Boncioet alii, 1998)

Per quanto concerne l'area studiata l'analisi strutturale delle deformazioni e le dislocazioni rilevate, associate ai sistemi tettonici principali, ha permesso di individuare diversi sistemi dislocativi che si differenziano per tipologia e cronologia del cinematismo; si rileva un sistema di deformazione antecedente a componente compressiva (sovrascorrimenti e faglie inverse) sbloccato e disarticolato da numerose fratture a carattere distensivo (faglie dirette), con lineazioni a componente transtensiva, che hanno generato il modello strutturale riportato nelle tavole di sintesi (carte e profili geologici).

Per quanto concerne le fasce cataclastiche che interessano prevalentemente litologie a minore competenza, riferibili alla componente pelitica (dalle siltiti marnoso-calcaree alle argilliti marnose). Il grado di disturbo elevato subito dalle rocce e l'elevato grado di caoticità della fascia cataclastizzata non ha consentito l'acquisizione, in affioramento, delle caratteristiche geostrutturali del bedrock, lungo il piano di faglia stesso.

In affioramento le fasce cataclastizzate relative ai piani di faglia sono costituite dalla presenza di materiale fortemente alterato e plasticizzato legato alla frizione dei blocchi litoidi e caratterizzate da una struttura caotica all'interno della quale si rinvencono elementi pseudo-litoidi talora sigmoidali (lithons), di dimensioni da centimetriche a decimetriche.

La massa caotica è costituita da materiale di natura marnoso argilloso prevalente dove risultano completamente obliterate le strutture sedimentarie originarie e dove prevale la presenza di microstrutture caratterizzate da una fitta fogliettatura, in genere dell'ordine da

millimetrico a centimetrico (cataclasiti foliate) che denunciano il tipo di movimento subito dagli strati rocciosi.

La fogliettaura è caratterizzata da superfici ondulate e traslucide, con elevata componente argillosa. Gli elementi sono delimitati dalle suddette superfici dette anche S-surfaces, mentre, i lithons sono tangenti ai piani di taglio minori (C-surfaces), a loro volta subparalleli al contatto tettonico principale, e immergono nel senso opposto a quello del movimento tettonico; sono inoltre presenti altre superfici coniugate distensive (Riedel sintetiche ed antitetiche), che dislocano le superfici C ed S.

4. GEOMORFOLOGIA

L'area interessata dal tracciato in progetto è riferibile dal punto di vista geomorfologico, è riferibile ad un rilievo collinare con direttrice appenninica NO-SE, calibrata nel tempo all'azione modellatrice del Fiume Chiascio che rappresenta l'elemento idrografico principale dell'area e dai corsi d'acqua secondari, tributari di sinistra del fiume (Rio Risacco)

Dall'analisi geomorfologica si è accertata la presenza di rilievi collinari caratterizzati da forme generalmente con profilo dei crinali arrotondato e con i fianchi che degradano verso l'area valliva aperta, a fondo piatto, dove scorre il Fiume Chiascio. Le forme del rilievo che si riscontrano testimoniano un modellamento e una evoluzione del rilievo ad opera principalmente delle acque di scorrimento superficiale e dei movimenti gravitativi di massa.

Morfologicamente l'area interessata dall'intervento si presenta costituita da rilievi collinari con versanti a media pendenza e elevata pendenza, accentuata localmente dall'erosione di testata di tributari di sinistra del fiume Chiascio. L'andamento del versante risulta piuttosto irregolare con gradini e scarpate riferibili a modellamento superficiale determinato da diversi agenti che hanno agito nel tempo, non secondaria sicuramente risulta l'attività antropica.

Alla base delle scalinature si ritrova diffusamente la coltre detritica eluvio-colluviale sopra descritta con spessori non sempre ben stimabili poiché data la copertura arbustiva risulta difficoltoso distinguere il limite litologico con la sottostante roccia in posto.

L'area è caratterizzata dalla presenza di zone sommitali (crinali), ad andamento regolare, semi-pianeggianti. I processi morfogenetici in atto sono essenzialmente rappresentati dall'erosione canalizzata dagli agenti di modellamento superficiale che generano impluvi fortemente incassati nel terreno, caratterizzati da regimi stagionali, che in occasione di eventi particolari di pioggia assumono caratteristiche torrenziali con elevata energia lineare.

L'analisi particolareggiata delle forme e dei processi morfogenetici ci induce a ritenere, data la presenza di corsi d'acqua con elevata energia lineare e fortemente incassati nei depositi miocenici, che l'area è interessata da una accentuata attività erosiva pilotata da un forte controllo strutturale sia passivo (litotipo affiorante) che attivo (sistemi di discontinuità e grado di fratturazione del bedrock). La natura del substrato roccioso e dei sedimenti di copertura è, infatti, elemento distintivo e determinante per i tipi di processi morfogenetici dominanti nell'area d'interesse.

Il tracciato si sviluppa su una struttura di tipo collinare con quote variabili da circa 300 a circa 400 m s.l.m. e direzione SO-NE.

L'intero substrato roccioso è pervaso da sistemi di faglie coniugate che ne aumentano il grado di fratturazione favorendo i processi di alterazione superficiale. La formazione Marnoso-Arenacea si rinviene a tratti ricoperta da coltri di materiale eluvio - colluviale accumulate principalmente nelle depressioni topografiche.

Il substrato roccioso è costituito dalla formazione della Marnoso-Arenacea costituita da una successione pelitico arenacea con rapporto A/P variabile da 1/5 a 1/10. La percentuale e la disposizione giaciturale dei sedimenti marnosi e siltosi condizionano generalmente la maggiore propensione al dissesto gravitativo.

La maggior parte dei fenomeni franosi è concentrata nelle aree con sviluppate coltri pluvio-colluviali anche se è riscontrato che alcuni dissesti hanno interessato anche il basamento roccioso. I dissesti riconosciuti sono, rispetto al grado di attività, classificati come quiescenti; per la loro distribuzione e ubicazione si vedano le carte geomorfologiche allegate al progetto.

Per quanto riguarda i meccanismi cinematici di innesco e messa in posto si tratta di fenomeni di scorrimento prevalentemente roto-traslazionale o con meccanismo complesso. Le aree in dissesto si trovano frequentemente in corrispondenza di sistemi di faglie o joints che tendono a diminuire le caratteristiche geomeccaniche e di resistenza al taglio dell'ammasso roccioso. Ciò è stato evidenziato da osservazioni di campagna e a volte provato da brusche variazioni giaciture in prossimità di tali aree.

La pendenza molto variabile dei versanti appare determinata dalle unità litologiche presenti e dal loro assetto geologico strutturale nonché litologico; laddove prevalgono le litofacies arenacee ed in modo accentuato dove l'assetto degli strati risulta areggipoggio, le pendenze raggiungono i valori più elevati. La presenza di unità pelitiche o di litofacies continentali da luogo a versanti più blandi con pendenze notevolmente inferiori.

L'area è stata già oggetto, durante le lavorazioni legate al precedente appalto, di operazioni di scavo e riporto, con realizzazione di scarpate provvisorie di scavo, in corrispondenza delle zone in trincea, con pendenze massime pari a circa l'85% e altezze superiori a 20 m.

Particolare attenzione dovrà essere posta in fase di cantiere alla regimazione idraulica delle aree che sono già state oggetto di intervento antropico. Esempio tipico è l'area di deposito e rimodellamento morfologico nella zona del Viadotto Ca' Baldaccio esaurita nel precedente appalto, che necessita attualmente di opere di sistemazione ambientale che limitino i fenomeni di erosione da parte delle acque di scorrimento superficiale.

Per quanto riguarda il reticolo idrografico, la quasi totalità dei fossi che scendono lungo i versanti in oggetto, si presentano con un basso grado di gerarchizzazione, la densità di drenaggio è medio alta e i pattern idrografici sono di tipo angolato, indice di un forte controllo strutturale sull'orientamento degli stessi.

La maggior parte dei fossi inoltre esercita una elevata e marcata incisione lineare, in particolare nella parte mediana e distale del loro profilo con scarpate fluviali di diversa altezza.

L'elemento idrografico principale di scorrimento delle acque superficiali è rappresentato dal Rio Risacco, fortemente incassato nel substrato miocenico.

Nei successivi paragrafi saranno descritti i dissesti gravitativi individuati, attivi o quiescenti, interferenti con il tracciato in aree in cui non sono ancora state realizzate le opere d'arte.

4.1 DESCRIZIONE DEI DISSESTI GRAVITATIVI ATTIVI O QUIESCENTI IN INTERFERENZA AL TRACCIATO, INTERESSANTI OPERE DA REALIZZARE

4.1.1 DISSESTO GRAVITATIVO N. 1

Il tracciato in progetto, attraversa dalla prog. 15+805 a 15+895, in rilevato, un'area in cui è stato individuato un corpo di frana di limitate dimensioni, che interessa una vallecola con direzione SE-NO per un'estensione complessiva di circa 2 ha. Il dissesto è stato definito attraverso analisi delle foto aeree con approccio multiscalare e multitemporale, rilevamento di campagna ed interpretazione delle indagini eseguite in loco; il rilevamento ha permesso di riconoscere in campagna elementi geomorfologici caratterizzanti (scarpate secondarie di frana) che confortano l'interpretazione effettuata (vedi foto n.3). Si allega un'immagine satellitare dell'area in questione.

Il corpo di frana, nel suo complesso, ha una forma allungata, con l'asse longitudinale orientato in direzione NNO-SSE apice che lambisce la quota 422 m s.l.m. e piede che raggiunge la quota di circa 350 m s.l.m. . Le dimensioni del corpo sono:

- asse longitudinale di 240 m circa;
- asse trasversale di circa 90 m nella zona di massima espansione, in prossimità della



Figura 2: Immagine satellitare area dissesto gravitativo n.1 (tratta da Google Earth)

Le indagini geologiche e geotecniche dirette ed indirette eseguite hanno permesso di individuare con maggiore precisione, le caratteristiche granulometriche e composizionali dei corpi coinvolti, mentre, come detto precedentemente, l'analisi e l'interpretazione delle foto aeree, dei rilievi topografici ed il rilevamento geomorfologico di dettaglio hanno permesso di ipotizzare lo sviluppo areale del corpo in oggetto. Sono stati stimati spessori medi pari a circa 7-9 m (vedi sezione geologica longitudinale e sezioni trasversali).

Il corpo di frana è costituito da depositi prevalentemente fini limo argillosi con pezzame marnoso ed arenaceo in percentuale e dimensione variabile, in assetto caotico. Si ritiene che il meccanismo cinematico abbia coinvolto sia la coltre eluvio colluviale superficiale, sia la frazione a maggior grado di alterazione del basamento marnoso arenaceo. E' plausibile ipotizzare un meccanismo cinematico prevalentemente rototraslazionale con superficie di scorrimento con inclinazione media di circa 15-18°.

All'interno del dissesto sono stati ipotizzati, attraverso considerazioni morfologiche, differenti corpi (vedi carta geologica) e nicchie secondarie. Non avendo indicazioni di carattere diretto che indichino movimento dei corpi nell'ambito dell'ultimo ciclo stagionale, il dissesto è stato definito come quiescente.

E' necessario tuttavia osservare che le attuali condizioni dinamiche potrebbero mutare in funzione del regime meteorologico, climatico e a causa dei processi di evoluzione morfologica del versante e climatici dell'area. Per quanto riguarda la rappresentazione grafica del corpo di frana descritto si rimanda alla carta geomorfologica di dettaglio ed alle sezioni geologiche redatte.

Per quanto riguarda le informazioni di carattere idrogeologico si sono considerati i dati relativi ad un piezometro (S24) della campagna ANAS del 1994 e le misure del livello statico in foro di sondaggio delle perforazioni S6/01, S7/01, S8/01 e S9/01; tale ricostruzione ha evidenziato un livello statico posto ad una profondità media in corrispondenza del corpo del rilevato pari a circa 6 m da p.c.. Considerando i dati in possesso non si è attualmente in grado di definire se la superficie piezometrica ricostruita rappresenta lo stato di morbida, che generalmente risulta più gravoso per quanto riguarda la stabilità dei versanti.

4.1.2 DISSESTO GRAVITATIVO N. 2

Il tracciato in progetto, attraversa, dalla prog. 15+965 a 16+060, in rilevato, un'area in cui è stato riconosciuto un corpo di frana di limitate dimensioni che interessa un'avallecola con direzione SE-NO, per un'estensione complessiva di circa 2,5 ha. Il dissesto è stato individuato e caratterizzato attraverso analisi delle foto aeree con approccio multiscalare e multitemporale, rilevamento di campagna ed interpretazione delle indagini eseguite in loco; il rilevamento ha permesso di riconoscere in campagna elementi geomorfologici caratterizzanti (scarpate secondarie di frana) che confortano l'interpretazione effettuata.

Il corpo di frana in questione è stato segnalato nel "Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico - Inventario dei fenomeni franosi e situazioni di rischio da frana" dell'Autorità di Bacino del Fiume Tevere e classificato con grado di attività quiescente e cinematisimo di tipo rotazionale traslazionale, di cui si allega di seguito uno stralcio con indicato l'elemento di interesse e un'immagine satellitare dell'area in questione.

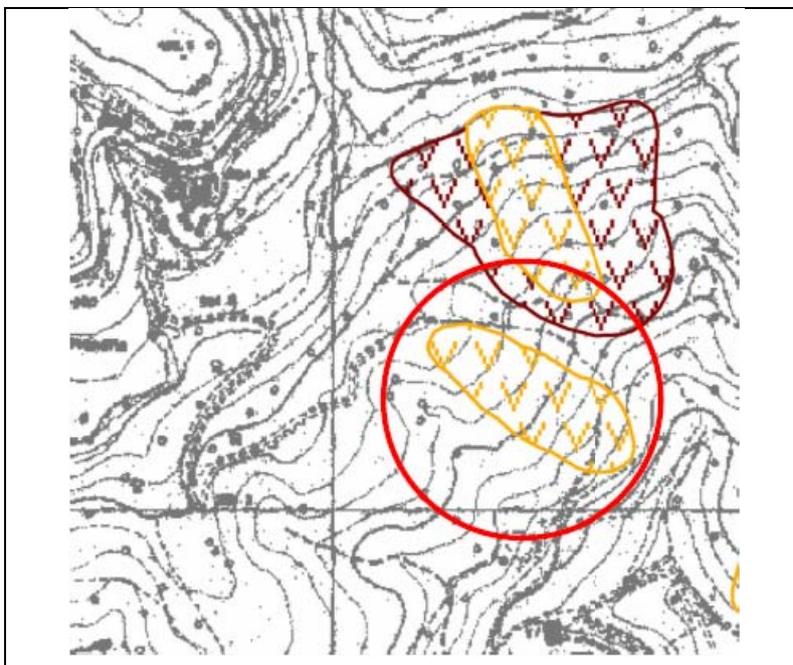


Figura 3: stralcio carta inventario dei fenomeni franosi e situazioni di rischio da frana, Autorità di Bacino del Fiume Tevere



Figura 4: immagine satellitare area dissesto gravitativo n.2(tratta da Google Earth)

Il corpo di frana individuato, nel suo complesso, ha una forma allungata con l'asse longitudinale orientato in direzione NNO-SSE apice superiore alla quota 425 m s.l.m. e piede che raggiunge quota di circa 355 m s.l.m. .

Le dimensioni del corpo sono:

- asse longitudinale di 270 m circa;
- asse trasversale di circa 90 m nella zona di massima espansione, in prossimità della zona di attraversamento del tracciato stradale.

Le indagini geologiche e geotecniche dirette ed indirette eseguite hanno permesso di individuare con maggiore precisione le caratteristiche granulometriche e composizionali dei corpi coinvolti, mentre, come detto precedentemente, l'analisi e l'interpretazione delle foto aeree, dei rilievi topografici ed il rilevamento geomorfologico di dettaglio hanno permesso di ipotizzare lo sviluppo areale del corpo in oggetto.

Sono stati stimati spessori medi pari a circa 11-13 m (vedi sezione geologica longitudinale e sezioni trasversali).

Il corpo di frana è costituito da depositi prevalentemente fini limo argillosi con pezzame marnoso ed arenaceo in percentuale e dimensione variabile, in assetto caotico. Si ritiene che il meccanismo cinematico abbia coinvolto sia la coltre eluvio colluviale superficiale, sia la frazione a maggior grado di alterazione del basamento marnoso arenaceo.

All'interno del dissesto sono stati ipotizzati, attraverso considerazioni morfologiche, differenti corpi (vedi carta geologica) e nicchie secondarie. Non avendo indicazioni di carattere diretto che indichino movimento dei corpi nell'ambito dell'ultimo ciclo stagionale, il dissesto è stato definito come quiescente.

E' plausibile ipotizzare un meccanismo cinematico prevalentemente rototraslazionale con superficie di scorrimento variamente inclinata, da pochi gradi nella parte inferiore del corpo, a circa 15-20° nella porzione medianosuperiore. E' necessario tuttavia osservare che le attuali condizioni dinamiche potrebbero mutare in funzione del regime meteorologico, climatico e a causa dei processi di evoluzione morfologica del versante.

Per quanto riguarda la rappresentazione grafica del corpo di frana descritto si rimanda alla carta geomorfologica di dettaglio ed alle sezioni geologiche redatte.

Per quanto riguarda le informazioni di carattere idrogeologico si sono considerati i dati relativi ad un piezometro (S24) della campagna ANAS del 1994 e le misure del livello statico in foro di sondaggio delle perforazione S6/01, S7/01, S8/01 e S9/01; tale ricostruzione ha evidenziato un livello statico molto superficiale posto ad una profondità media in corrispondenza del corpo del rilevato da 1,5 a 2,5 m da p.c.. Considerando i dati in possesso non si è attualmente in grado di definire se la superficie piezometrica ricostruita rappresenta lo stato di morbida, che generalmente risulta più gravoso per quanto riguarda la stabilità dei versanti.

E' importante evidenziare che è stata rilevata la presenza di una venuta d'acqua ad una quota compresa tra 355 e 360 m s.l.m. in corrispondenza della zona di piede del dissesto riconosciuto.

4.1.3 DISSESTO GRAVITATIVO N. 3 (IMBOCCO O GALLERIA PICCHIARELLA)

Il tracciato in progetto, in corrispondenza dell'imbocco occidentale della galleria Picchiarella, intercetta un'area in cui si è sviluppata una frana di limitate dimensioni, durante il precedente appalto, proprio in corrispondenza dell'esecuzione delle opere in scavo per la realizzazione del suddetto imbocco. L'estensione complessiva del dissesto era pari a circa di circa 0,5 ha.

A seguito dell'avvenuto dissesto fu eseguito un rilievo topografico speditivo per definirne le dimensioni, fu realizzato da ANAS Compartimento dell'Umbria un sondaggio di caratterizzazione litologica e successivamente vennero tombati gli scavi sino a quel momento realizzati, per arrestare l'inevitabile evoluzione cinematica.

Il dissesto è quindi caratterizzato attraverso il rilievo topografico, il rilevamento di campagna e l'interpretazione delle indagini eseguite in loco.

Il corpo di frana individuato nel suo complesso ha una forma ellissoidale con gli assi di lunghezza comparabile e direzione di movimento verso NO.

Le dimensioni del corpo sono:

- asse longitudinale di 80 m circa;
- asse trasversale di circa 65 m nella zona di massima espansione.

Sono stati stimati spessori massimi pari a circa 7-9 m (vedi sezione geologica longitudinale e sezioni trasversali).

Il corpo di frana è costituito da depositi prevalentemente fini in assetto caotico. Si ritiene che il meccanismo cinematico abbia coinvolto la coltre eluvio colluviale superficiale, utilizzando come superficie di scollamento il contatto tra la suddetta coltre ed il basamento litoide sottostante

Attualmente il dissesto è stato definito come quiescente anche se le operazioni di tombamento dei fronti di scavo dell'imbocco dovrebbero aver bloccato l'evoluzione di cinematisimo, ipotizzato con meccanismo prevalentemente rotazionale. E' necessario tuttavia osservare che le attuali condizioni cinematiche muterebbero in funzione del regime meteorologico, climatico e a causa dei processi di evoluzione morfologica del versante quali realizzazione di nuovi scavi in assenza di adeguate opere di contenimento del versante.

Per quanto riguarda la rappresentazione grafica del corpo di frana descritto si rimanda alla carta geomorfologica di dettaglio ed alle sezioni geologiche redatte.

Per quanto riguarda le informazioni di carattere idrogeologico si è a disposizione di un solo dato relativo alla misura di un livello statico in foro di sondaggio durante la realizzazione del sondaggio SGG-S2, che ha indicato una quota piezometrica puntuale pari a circa 408 m s.l.m..

Data l'assenza di un congruo numero di punti d'acqua misurati nell'area, non è stato possibile definire un modello idrogeologico tridimensionale del sito in questione.

4.1.4 MONITORAGGIO DEL VERSANTE SOTTOSTANTE L'ABITATO DI CASACASTALDA

L'ANAS S.p.A. - Compartimento della Viabilità per l'Umbria con sede in Perugia ha condotto, nel periodo Luglio 2004 - Febbraio 2005, una campagna d'indagini atta alla creazione di una rete di monitoraggio geotecnico del versante sottostante l'abitato di Casacastalda, nell'ambito dei lavori di costruzione della S.S. 318 di Valfabbrica, tratto in variante da S.S. n° 3 bis, in loc. Lidarno, a Schifanoia, V° Lotto, II° Stralcio.

In particolare, tali indagini hanno riguardato l'area interessata dalla realizzazione della Galleria Casacastalda ed il versante presente a monte.

In data 11 Gennaio 2005, è stato iniziato il monitoraggio di due tubi inclinometrici (S5a e S7a) e di 4 tubi piezometrici (S1b, S4b, S5b, S6b); dal 24 Febbraio 2005 il monitoraggio è stato integrato attraverso la lettura anche dei tubi inclinometrici denominati S8b e S9b, eseguiti successivamente.

PROGETTO ESECUTIVO

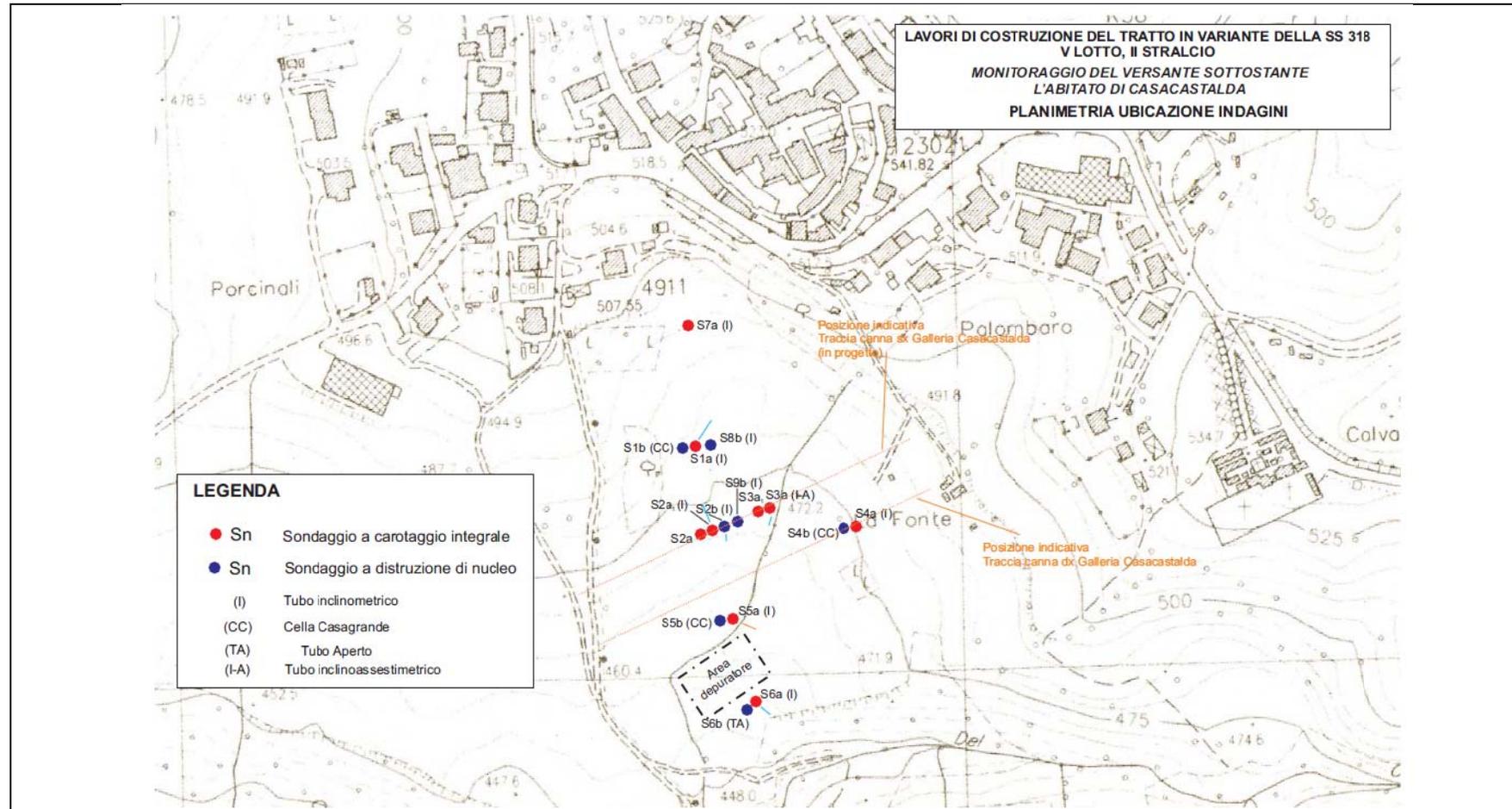
RELAZIONE GEOLOGICA ED IDROGEOLOGICA

Il monitoraggio è stato effettuato con cadenza di letture di circa 10 gg sino al 10 Febbraio 2005 e successivamente è proseguito con intervalli di misure di circa 15 gg sino al 3 Giugno 2005.

Con l'inizio della stagione estiva, si è iniziato a monitorare gli strumenti con cadenza mensile. Dalla lettura del 21 ottobre 2005, la cadenza è ritornata ad essere quindicinale. La rete di misura, costituita da n. 4 tubi inclinometrici e n. 4 piezometri, ha le seguenti caratteristiche:

INCLINOMETRO	PROFONDITA' STRUMENTO	NUMERO LETTURE
sigla	m	n.
S5a	38.6	39
S7a	28.7	28
S8b	30.0	30
S9b	30.0	30

TUBO PIEZOMETRICO	TIPOLOGIA STRUMENTO	PROFONDITA' STRUMENTO
S1b	<i>C. Casagrande</i>	17.7
S4b	<i>C. Casagrande</i>	19.0
S5b	<i>C. Casagrande</i>	17.5
S6b	<i>Tubo Aperto</i>	7.35



4.1.5 Analisi e commento dei dati relativi al monitoraggio in oggetto

- **Tubo inclinometrico S5a**

Il monitoraggio del tubo inclinometrico S5a ha inizio l'11 gennaio 2005 attraverso una sonda SISGEO Mod. S242 e le letture eseguite sino al 24 febbraio del 2005 evidenziano una deformazione del tubo inclinometrico ad una profondità di 15 m da p.c. in direzione SSO con un modulo che può essere stimato in circa 27 mm.

Dal 9 marzo 2005 al 14 aprile 2005, si continua ad osservare un incremento della deformata alla stessa profondità ma con velocità più bassa, tanto da raggiungere alla data del 14 aprile 2005 una deformazione globale di circa 30 mm.

Dalla lettura successiva, sino alla fine del ciclo di monitoraggio (4 novembre 2005), non si osservano ulteriori deformazioni. Il 5 agosto 2005 la lettura è stata eseguita utilizzando sia la centralina d'acquisizione mod. C900U, sia la centralina d'acquisizione mod. Archimede. Quest'ultima è stata poi usata sino alla fine del monitoraggio in oggetto.

- **Tubo inclinometrico S7a**

Il monitoraggio del tubo inclinometrico S7a ha inizio l'11 gennaio 2005 attraverso una sonda SISGEO Mod. S242 e la prima lettura d'esercizio, del 21 gennaio 2005, non evidenzia deformazioni; quelle successive, invece, sino al 6 maggio 2005, evidenziano una deformazione del tubo inclinometrico ad una profondità di 4 m da p.c., con direzione SSE e un modulo totale che può essere stimato in circa 57 mm.

Dalla lettura successiva, sino al 5 agosto 2005, non si osservano ulteriori deformazioni. Dal 6 settembre 2005, sino alla fine del monitoraggio si rileva nuovamente un incremento della deformazione, con velocità estremamente più bassa, sino a raggiungere un modulo totale di circa 60 mm.

Il 5 agosto 2005 la lettura è stata eseguita utilizzando sia la centralina d'acquisizione mod. C900U, sia la centralina d'acquisizione mod. Archimede. Quest'ultima è stata poi usata sino alla fine del monitoraggio in oggetto. 3

- **- Tubo inclinometrico S8b**

Il monitoraggio del tubo inclinometrico S8b ha inizio il 24 febbraio 2005 attraverso una sonda SISGEO Mod. S242 e le letture eseguite sino al 6 maggio 2005 evidenziano una deformazione del tubo inclinometrico ad una profondità di 6 m da p.c. in direzione ESE con un modulo che può essere stimato in circa 12 mm.

Dalla lettura successiva, sino alla fine del ciclo di monitoraggio (4 novembre 2005), non si osservano ulteriori deformazioni.

Il 5 agosto 2005 la lettura è stata eseguita utilizzando sia la centralina d'acquisizione mod. C900U, sia la centralina d'acquisizione mod. Archimede. Quest'ultima è stata poi usata sino alla fine del monitoraggio in oggetto.

- **Tubo inclinometrico S9b**

Il monitoraggio del tubo inclinometrico S9b ha inizio il 24 febbraio 2005 attraverso una sonda SISGEO Mod. S242 e le letture eseguite sino al 3 giugno 2005 evidenziano una deformazione del tubo inclinometrico ad una profondità di 9 m da p.c., con direzione S e con un modulo totale che può essere stimato in circa 13 mm.

Dalla lettura successiva, sino al 5 agosto 2005, non si osservano ulteriori deformazioni. Dal 6 settembre 2005, fino alla fine del monitoraggio, si ha un nuovo incremento della deformazione sino a raggiungere un modulo totale pari a circa 19 mm.

Il 5 agosto 2005 la lettura è stata eseguita utilizzando sia la centralina d'acquisizione mod.

C900U, sia la centralina d'acquisizione mod. Archimede. Quest'ultima è stata poi usata sino alla fine del monitoraggio in oggetto.

- **- Tubo piezometrico S1b**

Il monitoraggio della cella Casagrande ha inizio l' 11 gennaio 2005 con la stessa cadenza di letture della strumentazione inclinometrica.

Le letture permettono di evidenziare la presenza di una falda direttamente legata ai cicli meteorici stagionali che risente, delle variazioni del regime delle piogge in modo non costante.

Dal gennaio 2005, sino al maggio 2005 si osserva un livello piezometrico prossimo a pianocampagna, mentre, dalla lettura successiva, sino a quella del 21 ottobre 2005, il livello oscilla tra 1 e 2 m da p.c., tornando al disopra di 1 m da p.c. nell'ultima lettura eseguita. A fronte di variazioni anche importanti nel regime delle piogge non si osservano comunque oscillazioni di rilievo della quota piezometrica.

Nel febbraio 2005 si è rilevata l'occlusione del presente piezometro, ciò ha portato ad una mancanza di dati dal 10 febbraio 2005 a 9 marzo 2005. Dal ciclo successivo, operazioni in campagna hanno permesso di liberare il tubo S1b e ripristinare la corretta funzionalità dello strumento. Una nuova occlusione è stata riscontrata in data 5 agosto 2005, si è comunque continuato a monitorare lo strumento pur non essendo sicuri del corretto funzionamento dello stesso.

- **- Tubo piezometrico S4b**

Il monitoraggio della cella Casagrande ha inizio l' 11 gennaio 2005 con la stessa cadenza di letture della strumentazione inclinometrica. Le letture permettono di evidenziare la presenza di una falda direttamente legata ai cicli meteorici stagionali che risente delle variazioni del regime delle piogge in modo non costante. Il trend di variazione del livello piezometrico misurato è simile a quello osservato in S1b anche se di entità minore; si osserva, infatti, un valore sempre molto prossimo al piano di campagna che non scende mai al disotto di 0.6 m da p.c.

Anche in questo caso quindi, a fronte di variazioni anche importanti nel regime delle piogge, non si osservano comunque oscillazioni di rilievo della quota piezometrica. Nel febbraio 2005 si è rilevata l'occlusione del presente piezometro ciò ha portato ad una mancanza di dati dal 10

febbraio 2005 a 9 marzo 2005. Dal ciclo successivo, operazioni in campagna hanno permesso di liberare il tubo S1b e ripristinare la corretta funzionalità dello strumento. Una nuova occlusione è stata riscontrata in data 5 agosto 2005, si è comunque continuato a monitorare lo strumento pur non essendo sicuri del corretto funzionamento dello stesso.

- Tubo piezometrico S5b

Il monitoraggio della cella Casagrande ha inizio l' 11 gennaio 2005 con la stessa cadenza di letture della strumentazione inclinometrica. Le letture permettono di evidenziare la presenza di una falda direttamente legata ai cicli meteorici stagionali, che risente delle variazioni del regime delle piogge in modo non costante.

Dal gennaio 2005, sino al maggio 2005 si osserva un livello piezometrico prossimo a piano campagna (> 0.5 m da p.c.) mentre, dalla lettura successiva, sino all'agosto 2005 si ha un decremento del livello sino a circa 1,3 m da p.c. , successivamente si rileva un progressivo nuovo innalzamento fino a circa 0.8 m da p.c. .

Anche in questo caso, a fronte di variazioni anche importanti nel regime delle piogge non si osservano comunque oscillazioni di rilievo della quota piezometrica.

- Tubo piezometrico S6b

Il monitoraggio del tubo aperto ha inizio l' 11 gennaio 2005 con la stessa cadenza di letture della strumentazione inclinometrica.

Le letture evidenziano un livello di falda piuttosto costante, prossimo a circa 3.3 m da p.c., che non sembra risentire delle variazioni pluviometriche durante l'intero periodo di monitoraggio.

I dati derivanti dal monitoraggio geotecnico in oggetto hanno permesso di evidenziare la presenza di un dissesto interessante l'area monitorata.

Le informazioni acquisite indicano la presenza di superfici di scivolamento con profondità variabile da 4 a 15 m da p.c., con orientamento generale verso S ma che in realtà varia da strumento a strumento tra ESE e SSO.

La massima deformazione misurata è stata quella in corrispondenza della tubazione S7a, pari a circa 60 cm; nel periodo che va dall'11 gennaio 2005 al 4 novembre 2005, si è quindi riscontrata una velocità di deformazione media pari a circa 6 mm/mese.

Interessante osservare comunque che, in tutti gli strumenti, la maggior parte del movimento è avvenuto nel periodo che va dal gennaio al maggio 2005

Il movimento quindi non risulta costante nel tempo ma sembra essere profondamente legato alle variazioni del regime delle piogge, con momenti di stasi in corrispondenza dei periodi scarsamente piovosi ed accelerazioni successivamente ad intense piogge. I rapporti tra livello piezometrico e piogge sono osservabili nei grafici allegati.



Direzione Progettazione e
Realizzazione Lavori

S.S. 318 DI VALFABBRICA

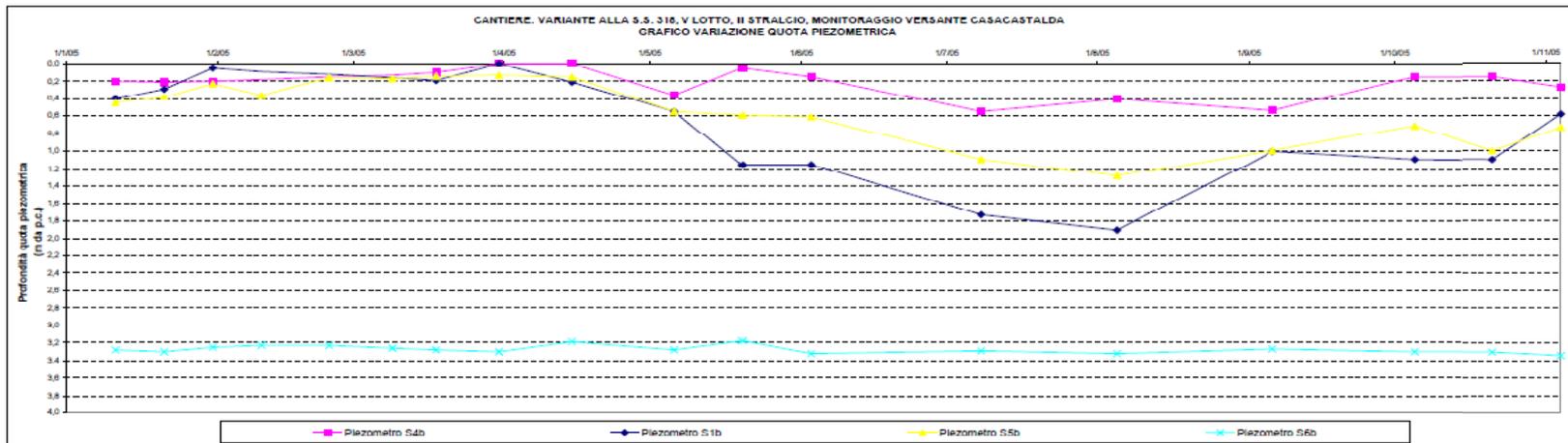
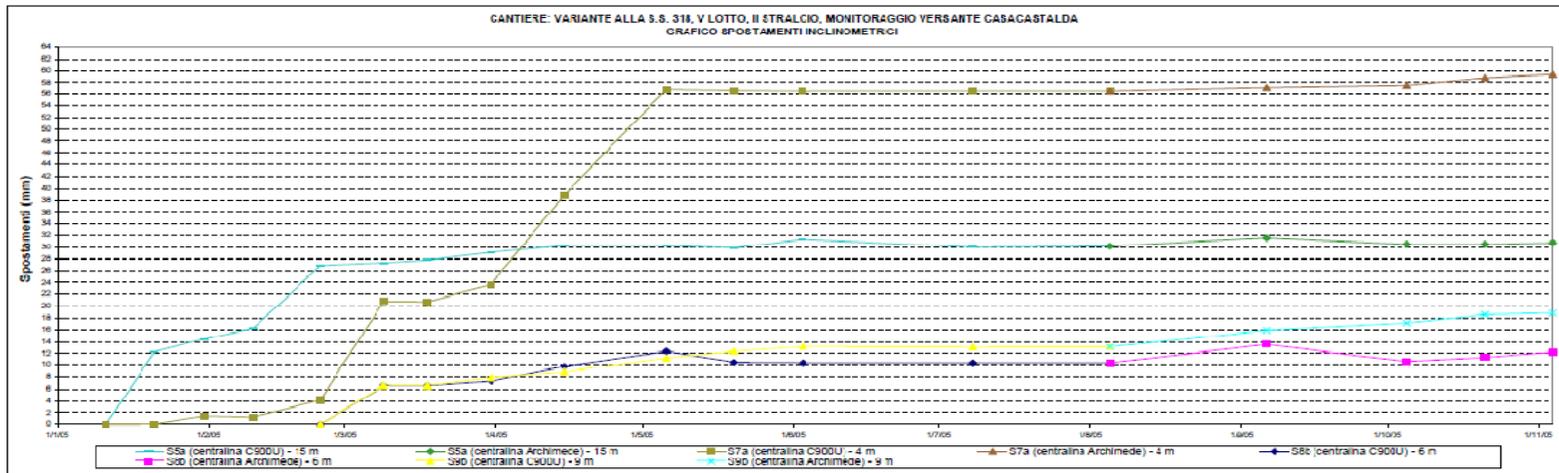
Tratto Valfabbrica-Schifanoia - Interventi di completamento dal Km 16+224 al Km 19+354

Lotto 5 : 1 stralcio parte B: raddoppio galleria Picchiarella e viadotto Tre Vescovi

2 stralcio: raddoppio galleria Casacastalda e viadotto Calvario

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GEOLOGICA ED IDROGEOLOGICA

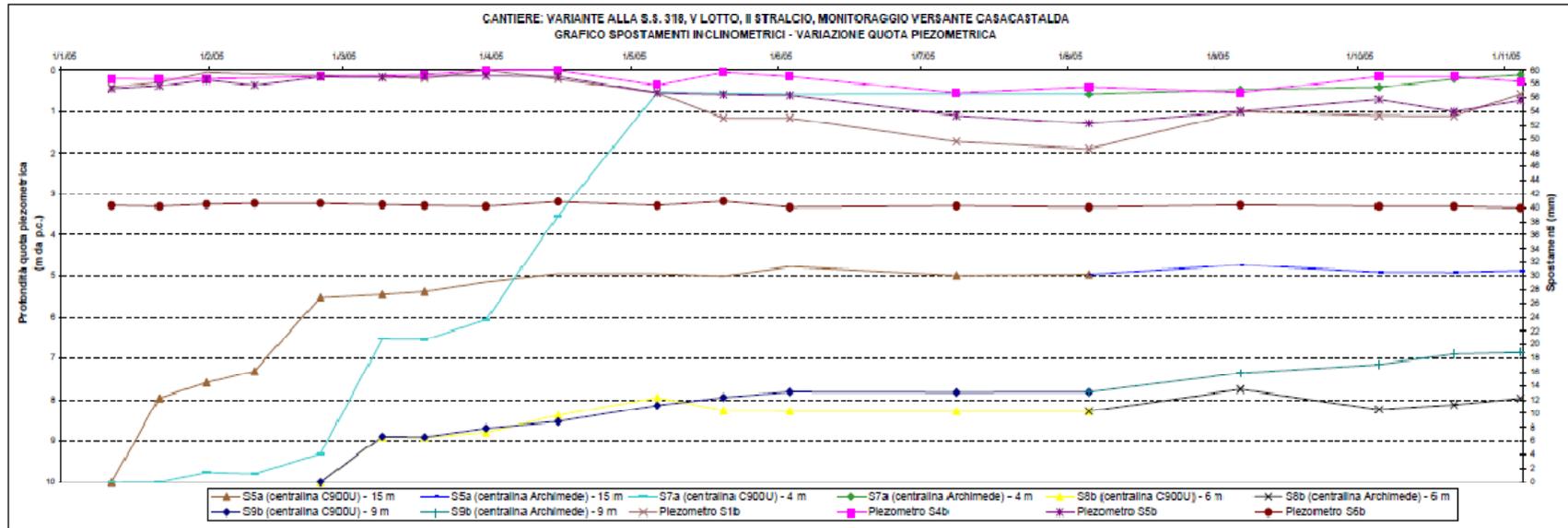


MANDATARIA

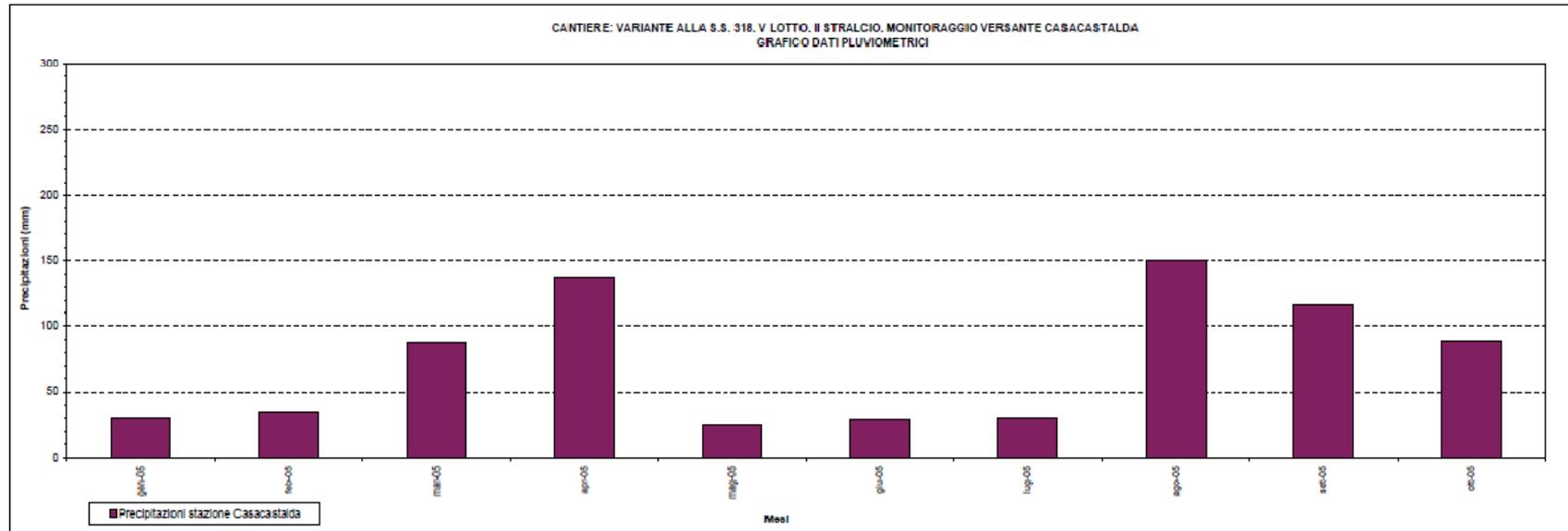


MANDANTE





PROGETTO ESECUTIVO
RELAZIONE GEOLOGICA ED IDROGEOLOGICA



MANDATARIA



MANDANTE



5. IDROGEOLOGIA

L'area oggetto di studio è interessata prevalentemente dalla presenza della formazione della Marnoso-Arenacea, subordinatamente da depositi fluvio-lacustri e coperture di alterazione, gravitative ed antropiche. Considerando le caratteristiche granulometriche tessiturali e tettoniche delle unità litologiche riscontrate sono stati distinti due complessi idrogeologici discriminabili per caratteristiche litologiche e di permeabilità di seguito descritti:

- **Complesso idrogeologico delle coltri eluvio-colluviali**, dei depositi di frana e dei terreni antropici: il complesso è costituito dalle coltri di disfacimento del substrato e dai termini antropici ed è costituito da corpi prevalentemente limosi. Le litofacies sono caratterizzate da una permeabilità di tipo primario per porosità funzione del fuso granulometrico ma generalmente bassa. Per tale tipo di complesso la permeabilità, funzione della granulometria, può variare in generale all'interno del seguente range $K = 1 \times 10^{-6} \div 1 \times 10^{-7} \text{m/s}$.

- **Complesso idrogeologico delle Argille Varicolori**: il complesso è costituito da argilliti variegata a colorazione variabile in strati di spessore eterogeneo inglobati blocchie strati competenti di calcareniti biancastre e calcilutiti biancastre. Sono considerate nell'insieme praticamente impermeabili (permeabilità estremamente bassa).

- **Complesso idrogeologico della Marnoso Arenacea a prevalenza pelitica**: il complesso è costituito da litofacies prevalentemente marnose e siltose con intercalazioni arenacee e calcarenitiche di spessore da decimetrico a plurimetrico e con rapporto arenaria/pelite variabile da 1/5 a 1/10. Anche in questo caso, come per il complesso precedente la permeabilità, di tipo secondario per fratturazione, è bassa. Tali litofacies reagiscono generalmente agli stress tettonici in modo duttile formando campi di fratture con frequenza elevata ma scarsa persistenza e limitata apertura. In questo complesso la permeabilità può variare in generale all'interno del seguente range $K = 1 \times 10^{-6} \div 1 \times 10^{-8} \text{m/s}$.

Dalla descrizione sopra esposta è facilmente comprensibile come la circolazione idrica sotterranea nella Marnoso-Arenacea non è mai particolarmente abbondante e spesso limitata a circuiti poco profondi e comunque sempre di modesta entità, se paragonati a quelli presenti in altri litotipi affioranti nella zona Umbro-Marchigiana. Non fa eccezione la zona presa in esame.

I dati freaticometrici in possesso non hanno permesso in generale una ricostruzione dell'andamento della superficie piezometrica della falda superficiale lungo il tracciato; solo in alcune aree il modello ha portato alla ricostruzione delle isofreatiche per la presenza di un maggior numero di dati. Ed in particolare tali aree sono: zona galleria Barcaccia e zona aree in dissesto tra le prog. 15+800 e 16+100. La ricostruzione ha riguardato un'area limitata in prossimità del tracciato stradale.

Considerando i dati in possesso non si è attualmente in grado di definire se la superficie piezometrica ricostruita rappresenta lo stato di "morbida". L'analisi di tali dati ha permesso principalmente lo studio delle falde più superficiali mentre non sono stati individuati dati inerenti alla circolazione più profonda, che comunque non interessa mai direttamente il tracciato in progetto.

5.1 DA IMBOCCO EST GALLERIA CASACASTALDA- SISTEMAZIONI IDRAULICHE E AMBIENTALI

Nel tratto principale compreso tra le località Tre Vescovi, Barcaccia e Casacastalda la principale asta drenante è rappresentata dal Rio Risacco, anch'esso tributario di sinistra del F. Chiasco. Questo svolge un'intensa attività erosiva testimoniata dalla elevata energia lineare del corso d'acqua.

Lo spartiacque individuato in corrispondenza del centro abitato di Casacastalda separa i corsi d'acqua che si immettono direttamente nel F. Chiasco dagli affluenti di sinistra del T. Rasina, tributario anch'esso del F. Chiasco.

I corsi d'acqua presentano caratteristiche dinamiche erosive di tipo torrentizio. L'idrografia è caratterizzata da una densità di drenaggio piuttosto elevata in relazione alla bassa permeabilità dei terreni affioranti.

L'erosione fluviale e le scarse caratteristiche di permeabilità determinano tempi di corrivazione ridotti, contribuendo a far sì che gli apporti idrici risultano strettamente dipendenti dalla stagionalità, diventando più intensi nei periodi invernali e primaverili.

Si alternano così a fasi prolungate strettamente erosive che si susseguono a fasi deposizionali (più brevi).

Gli ammassi rocciosi maggiormente interessati da intensa fratturazione e da numerosi fenomeni di dislocazione tettonica (principalmente nei livelli arenacei litoidi e calcarenitici) sono sede di accumuli idrici sotterranei con presenza di una circolazione sotterranea, che è caratterizzata da un acquifero multifalda, a volte interconnesso, fortemente dipendente dal grado di fratturazione e dalla interconnessione dei sistemi di fratture dell'ammasso roccioso. Acquiferi in pressione si possono trovare all'interno delle zone cataclizzate, delimitate da livelli marnosi-argillosi, che fungono da acquiclude.

L'imbocco orientale della galleria di Casacastalda è ubicato ai piedi del versante collinare posto in destra del torrente Pian dell'Abate; la morfologia dell'area è quella di rilievo collinare con direzione longitudinale appenninica e versanti variamente acclivi legati alla situazione geologico strutturale e all'azione erosiva impostata preferibilmente lungo zone di debolezza con evidenti fenomeni di incisione dei fossi, che appaiono fortemente incassati all'interno delle strutture collinari.

Nelle zone dove affiora la formazione geologica delle Argille Varicolori si osserva un cambiamento repentino della morfologia con pendenze del rilievo piuttosto blande

andamento morfologico arrotondato e legato alle caratteristiche geomeccaniche di resistenza dei terreni a basse e a scendenti e alla natura prevalentemente limoso argillosa del deposito. A valle dell'imbocco, affiora la formazione della Marnosa Arenacea che, nell'area di fondovalle è ricoperta da coltri eluvio-colluviali di spessore variabile in funzione dei fenomeni di trasporto e di erosione superficiale.

Il reticolo idrografico di superficie rispecchia le caratteristiche geomeccaniche dei litotipi affioranti; le argille varicolori sono caratterizzate da una bassa permeabilità, che si riflette nell'organizzazione gerarchica dei corsi d'acqua secondo pattern idrografici di tipo dendritico, mentre tratti lineari si rinvengono dove sono presenti versanti fortemente acclivi e dove le situazioni geologiche dettano un controllo sullo sviluppo del reticolo idrografico (tracciati lineari, valli asimmetriche dovuti a assetto monoclinale, scorrimento su superficie di strato e piano di faglia).

Durante l'esecuzione dei sondaggi n°5- n°6 si sono notate risalite d'acqua all'interno delle verticali geognostiche da cui si evince che è presente una circolazione idrica all'interno delle coltri detritiche superficiali, di tipo stagionale.

6. SISMICITA'

6.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I riferimenti normativi Nazionali in materia di classificazione sismica a cui si è fatto riferimento, risultano:

- L. 02/02/74, n. 64: *Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.*
- D.M. 16/01/96: *Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.*
- Ord.P.C.M. del 12/06/1998 n.2788 "*Individuazione delle zone ad elevato rischio sismico del territorio nazionale*".
- Ord.P.C.M. del 20 marzo 2003 n. 3274 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*". (Gazzetta n. 105 del 8-5-2003)
- Ord.P.C.M. del 2 ottobre 2003 n. 3316 "*Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003*".
- Ord.P.C.M. del 3 maggio 2005 n. 3431 "*Ulteriori modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 Allegat*".
- Ordinanze Ministeriali in materia di classificazione sismica
- Ord.P.C.M. del 28 aprile 2006 n. 3519 "*Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*" (G. U. 11 maggio 2006 n. 108)
- D.P.C.M. del 12 ottobre 2007 "*Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni*" (G. U. 29 gennaio 2007 n. 24)"
- D.M. 14 gennaio 2008 "*Norme Tecniche per le Costruzioni*"

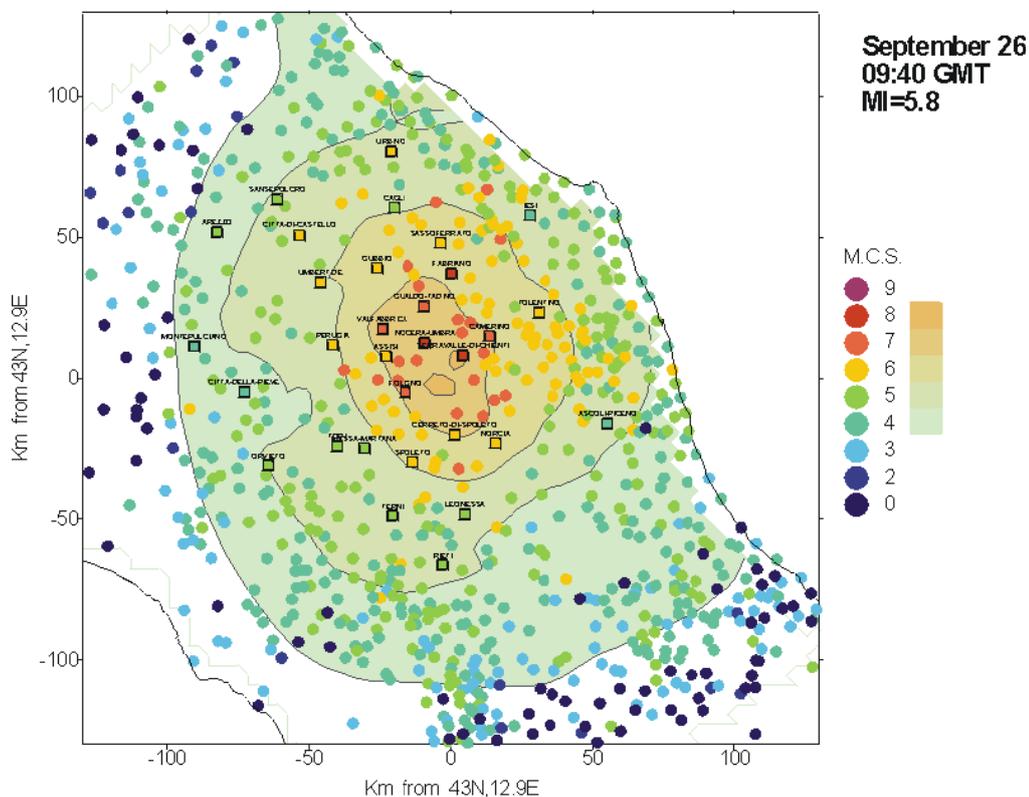
I riferimenti normativi della Regione Umbria in materia di classificazione sismica sono i seguenti:

- DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA REGIONALE 18 settembre 2012, n. 1111- "*Aggiornamento della classificazione sismica del territorio regionale dell'Umbria*".
- DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA REGIONALE 18 settembre 2012, n.1112- "*Interventi di prevenzione del rischio sismico. Approvazione del Programma per l'utilizzo delle risorse finanziarie di cui all'OPCM n. 4007 del 29 febbraio 2012 - Annualità 2011*".

6.2 SIMPLICITÀ STORICA

Secondo la zonazione GNDT 1996, l'area di Valfabbrica-Casacastalda, in cui è inserito il tracciato in progetto risiede all'interno della zona sismogenetica 45, legata al margine interno della piastra padano-adriatica-ionica in subduzione sotto la catena appenninica: in essa i meccanismi di rottura attesi sono misti, con prevalenza di meccanismi dip-slip.

In realtà l'area di progetto ha principalmente risentito dell'alta sismicità legata alle zone orientali di catena, con più di 10 eventi in catalogo di intensità uguale o maggiore a IX, legate alla presenza di importanti strutture distensive ad andamento nell'insieme arcuato con direzioni da NO-SE a N-S verso meridione. Un esempio di ciò è costituito dalla recente crisi sismica del 1997-1998, con $I_{max} = IX$. Si riporta di seguito l'immagine dei risentimenti legati alla scossa del 26 settembre delle 11.40 locali.



Risentimenti legati alla scossa del 26 settembre 1997 delle 11.40.

La zonazione sismogenetica ZS9(G.N.D.T.) assegna il territorio del comune di Valfabbrica alla zona sismogenetica 919 (Appennino Umbro) in cui sono previste magnitudo (MW) massime attese pari a 6,37. Tale zona include le sorgenti sismogenetiche responsabili dei terremoti di più elevata magnitudo che caratterizzano l'arco appenninico settentrionale e centrale. La stessa è caratterizzata da un elevato numero di terremoti, molti dei quali di magnitudo

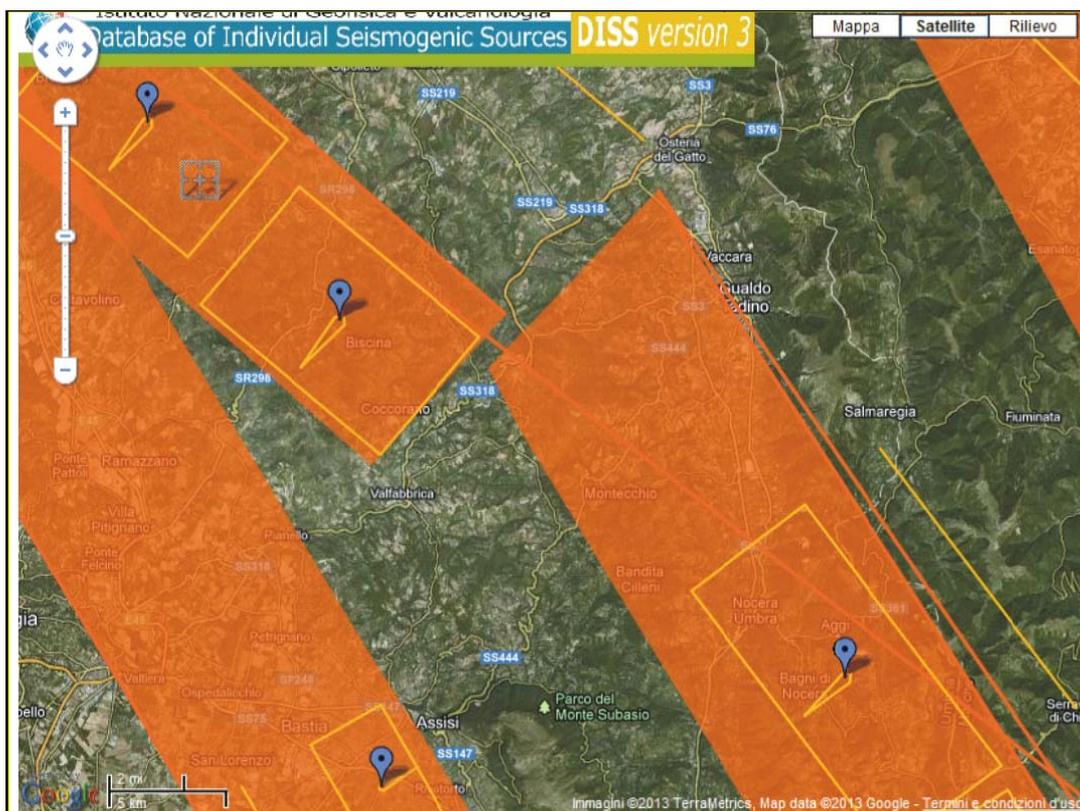
maggiore o uguale a 5 ed è caratterizzata da faglie e sistemi di faglie legati all'estensione appenninica.

Dallo stralcio della tabella 1 della zonazione sismogenetica ZS9 - App. 2 al Rapporto conclusivo, possono essere ricavati la distribuzione di frequenza degli eventi, la magnitudo massima (Md), la classe di profondità dello strato sismogenetico e la profondità efficace della zona sismogenetica sopra citata (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**):

Zona	Numero di eventi Md>2.0	Numero di eventi Md>2.5	Numero di eventi Md>3.0	Magnitudo massima (Md)	Classe di profondità km	Profondità efficace km
919	3001	1545	421	5.0	8 - 12	8

Distribuzione di frequenza degli eventi, la magnitudo massima (Md), la classe di profondità dello strato sismogenetico e la profondità efficace della zona sismogenetica.

Dal database delle sorgenti sismogenetiche (DISS version 3) si sono evidenziate tre faglie sismogenetiche:



Sorgenti sismogenetiche (DISS version 3) con evidenza delle tre faglie sismogenetiche.

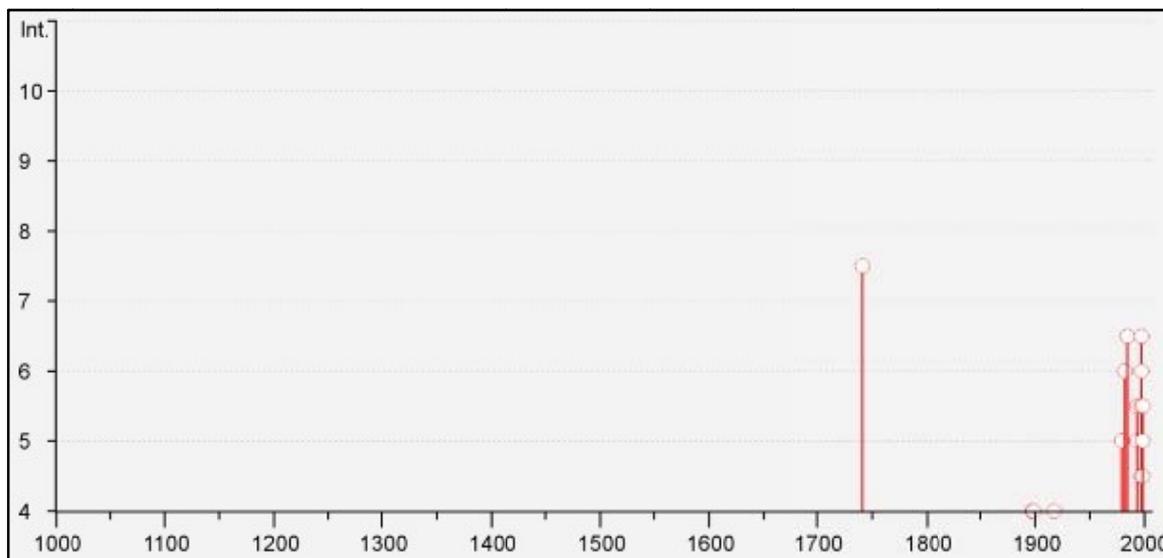
Il grado di sismicità dell'area interessata dal progetto in esame è relativamente modesto sia in termini di frequenza degli eventi, sia di classe di magnitudo. In **Errore. L'origine riferimento**

non è stata trovata. sono stati riportati gli effetti risentiti nel comune di Valfabbrica, così come estratti dal DBMI11, il Database delle Osservazioni Macrosismiche dei Terremoti Italiani utilizzate per la compilazione del Catalogo Parametrico CPTI11 (sito internet: <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/>).

L'eventosismico più importante risentito è quello del Fabrianese avvenuto il 24 aprile 1741. Fu registrata una magnitudo $M_w=6.21$ con intensità massima risentita di IX grado MCS e intensità risentita nell'area di Valfabbrica di VII-VIII grado MCS. Un altro evento che ha avuto risentimenti nell'area di progetto si è verificato il 29 aprile 1984 con epicentro nell'area di Gubbio-Valfabbrica; fu registrata una magnitudo $M_w=5.65$ con intensità massima risentita di VII grado MCS e intensità risentita nell'area di Valfabbrica di VI-VII grado MCS. Lo stesso risentimento nell'area di Valfabbrica si ha per l'evento sismico del 26 settembre 1997 avvenuto nell'area dell'Appennino Umbro-Marchigiano, con $M_w=6.01$ e Intensità massima VIII-IX grado MCS. Altri quattro eventi hanno avuto risentimenti nell'area di progetto e si sono verificati il 17 ottobre 1982 con epicentro a Valfabbrica, e il 26 settembre 1997, il 3 ottobre 1997 e il 6 ottobre 1997 con epicentro nell'Appennino Umbro-Marchigiano; l'intensità risentita nel comune di Valfabbrica è di VI grado MCS. Tutti gli altri eventi sismici verificatisi finora nell'area di progetto hanno avuto risentimenti inferiori al VI grado MCS, cioè al di sotto della soglia del danno. In **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** è riportato il grafico che evidenzia la distribuzione delle Intensità risentite al sito (Is) dei terremoti verificatisi nel comune di Valfabbrica dal 1000 al 2002.

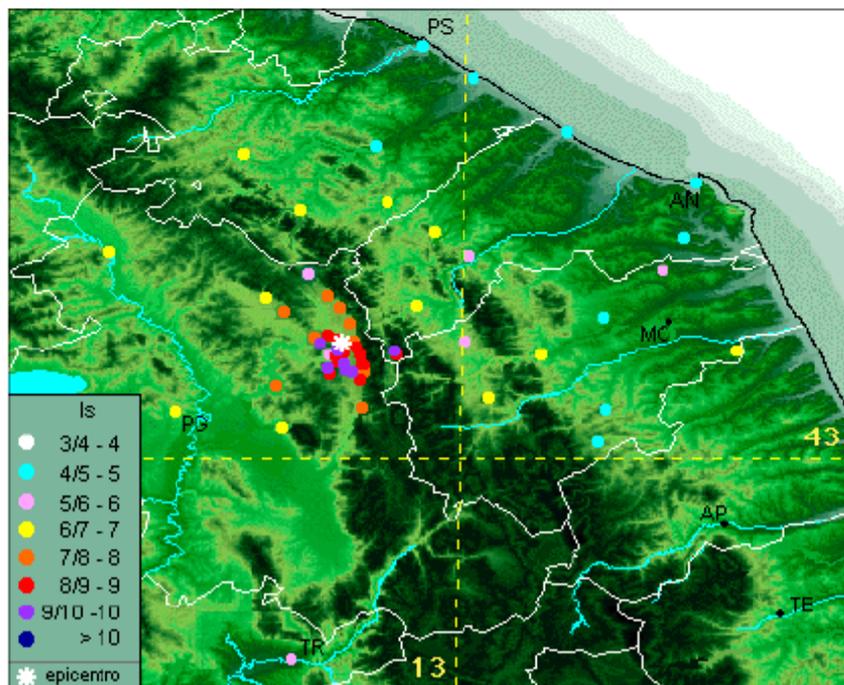
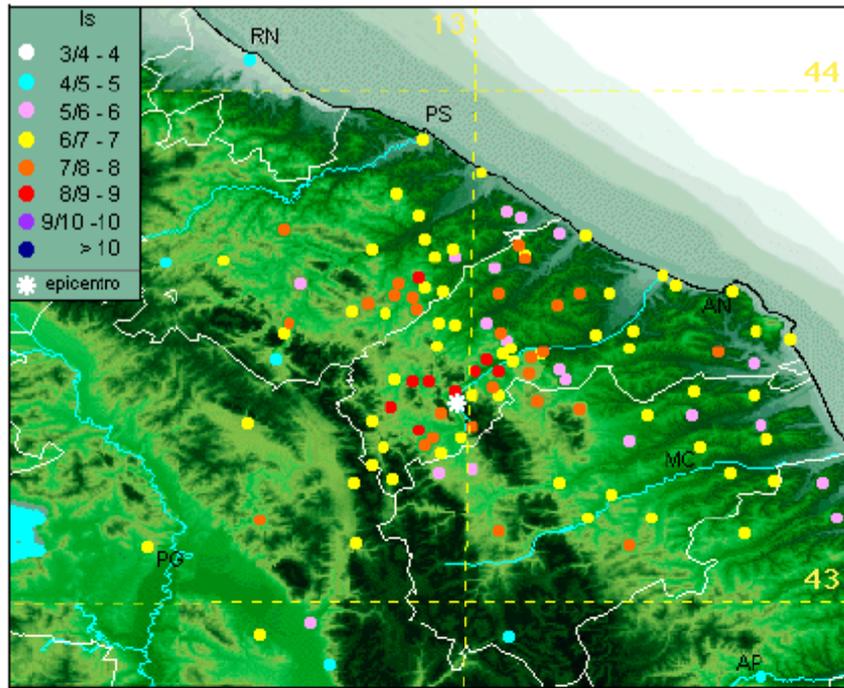
Is	Anno MeGi Or	Area epicentrale	Io	Mw
7-	1741 04 24 09:00	Fabrianese	9	6.21 ±0.13
6-	1984 04 29	Gubbio/Valfabbrica	7	5.65 ±0.09
6-	1997 09 26	Appennino Umbro-	8-9	6.01 ±0.09
6	1982 10 17	Valfabbrica	6	4.67 ±0.09
6	1997 09 26	Appennino Umbro-		5.70 ±0.09
6	1997 10 03	Appennino Umbro-		5.25 ±0.09
6	1997 10 06	Appennino Umbro-		5.46 ±0.09
5-	1993 06 05	Gualdo Tadino	6	4.74 ±0.09
5-	1997 10 14	Appennino Umbro-	7-8	5.65 ±0.09
5-	1998 03 26	Appennino Umbro-	6	5.29 ±0.09
5-	1998 04 05	Appennino Umbro-	6	4.81 ±0.09
5	1979 09 19	Valnerina	8-9	5.86 ±0.09
5	1993 06 04	Nocera Umbra	5-6	4.50 ±0.13
5	1998 06 02	Appennino umbro-	5-6	4.28 ±0.09

Catalogo sismico di sito riferito al comune di Valfabbrica. Dati modificati a partire da Gruppo di Lavoro CPTI, 2011 (Io=intensità epicentrale; Mw=magnitudo; Is=intensità risentita al sito).

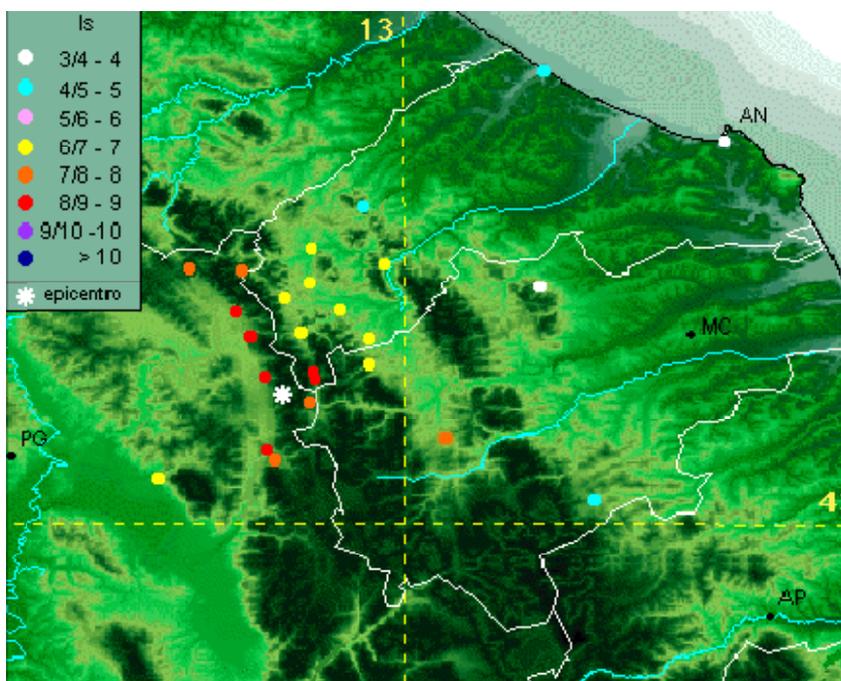


Distribuzione delle intensità risentite al sito (Is) dei terremoti verificatisi nel comune di Valfabbrica dal 1000 al 2002

Nelle due figure seguenti sono riportati i dati macrosismici dei due terremoti enunciati (fonte: catalogo DOM GNDT)



Intensità sempre superiore al 7° MCS è comunque stata risentita anche in occasione del terremoto di Fiuminata del 1747. Si riporta la mappa relativa, e di seguito una descrizione di questi tre terremoti.



Come si vede dai dati sopra riportati, la zona di interesse è comunque sede di una certa sismicità, che ha dato origine in passato, ma anche recentemente, a terremoti d'intensità intorno al 6° grado.

6.3 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Il rischio sismico è definito dal prodotto di tre parametri secondo l'equazione:

$$R = P * V * E$$

Dove:

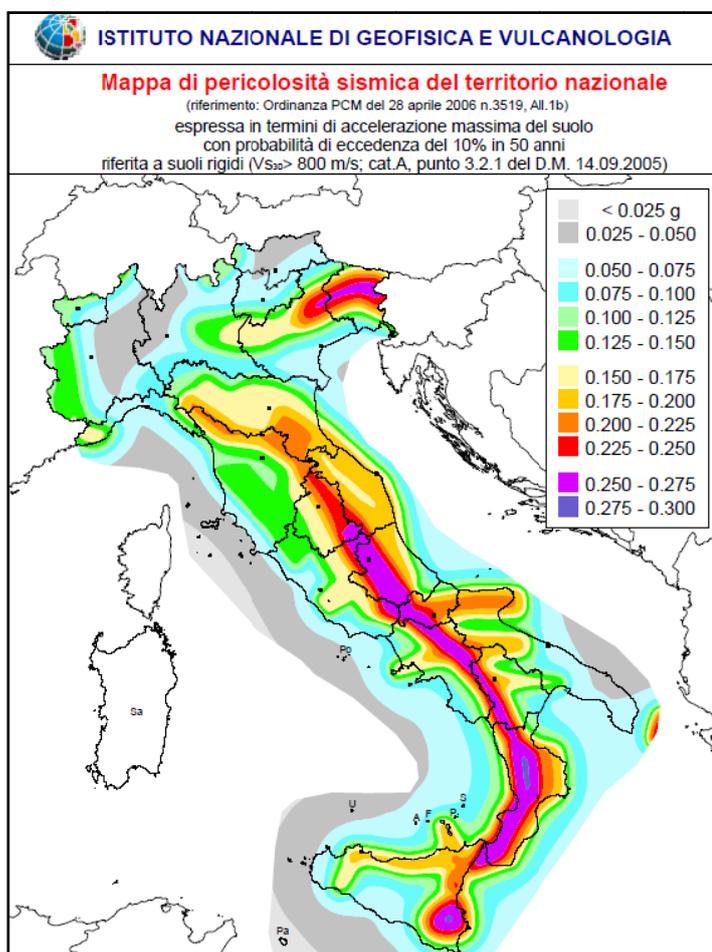
- P indica la pericolosità,
- V indica la vulnerabilità, ossia la propensione da parte di un bene esposto a subire un danno a seguito di un determinato evento calamitoso;
- E= indica l'esposizione, ossia il valore dell'insieme degli elementi esposti a rischio all'interno dell'area considerata.

La pericolosità sismica, intesa in senso probabilistico, è lo scuotimento del suolo atteso in un dato sito con una certa probabilità di eccedenza in un dato intervallo di tempo, ovvero la probabilità che un certo valore di scuotimento si verifichi in un arco spazio temporale definito. Questo tipo di stima si basa sulla definizione di una serie di elementi di input (quali catalogo dei terremoti, zone sorgente, relazione di attenuazione del moto del suolo, ecc.) e dei parametri di riferimento (per esempio: scuotimento in accelerazione o spostamento, tipo di suolo, finestra temporale, ecc.).

La pericolosità sismica di base classifica il territorio su vasta scala al fine di programmare le attività di prevenzione e pianificazione delle emergenze.

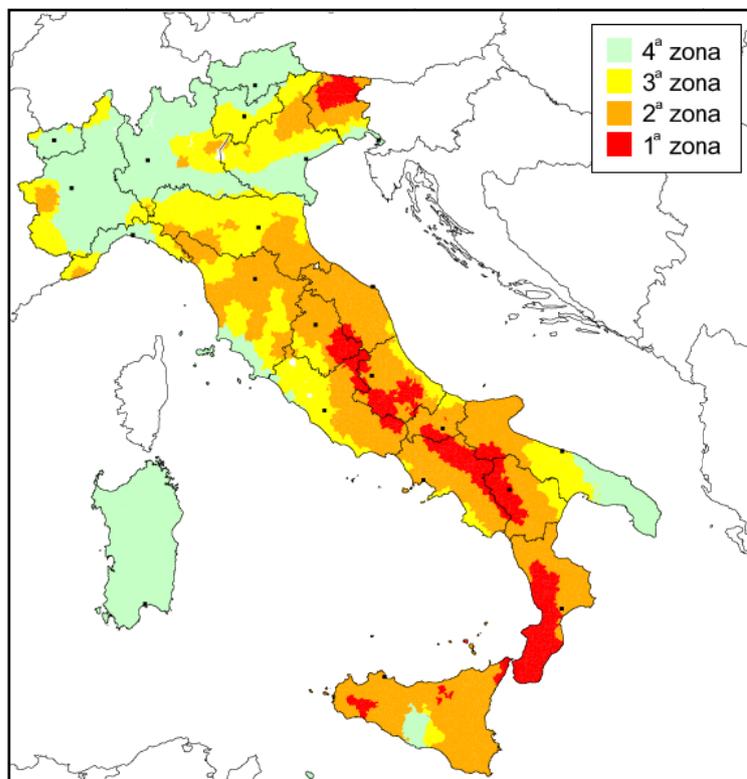
Dopo l'approvazione da parte della Commissione Grandi Rischi del Dipartimento della Protezione Civile nella seduta del 6 aprile 2004, la mappa della pericolosità sismica realizzata nel 2004 è diventata ufficialmente la mappa di riferimento per il territorio nazionale con l'emanazione dell'Ordinanza PCM 3519/2006 (G.U. n.105 dell'11 maggio 2006).

Di seguito si riporta la carta di pericolosità sismica del territorio nazionale:



Carta di pericolosità sismica del territorio nazionale (fonte INGV).

Secondo la mappa delle zone sismiche del 2003, che suddivide il territorio italiano in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima (ag) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.



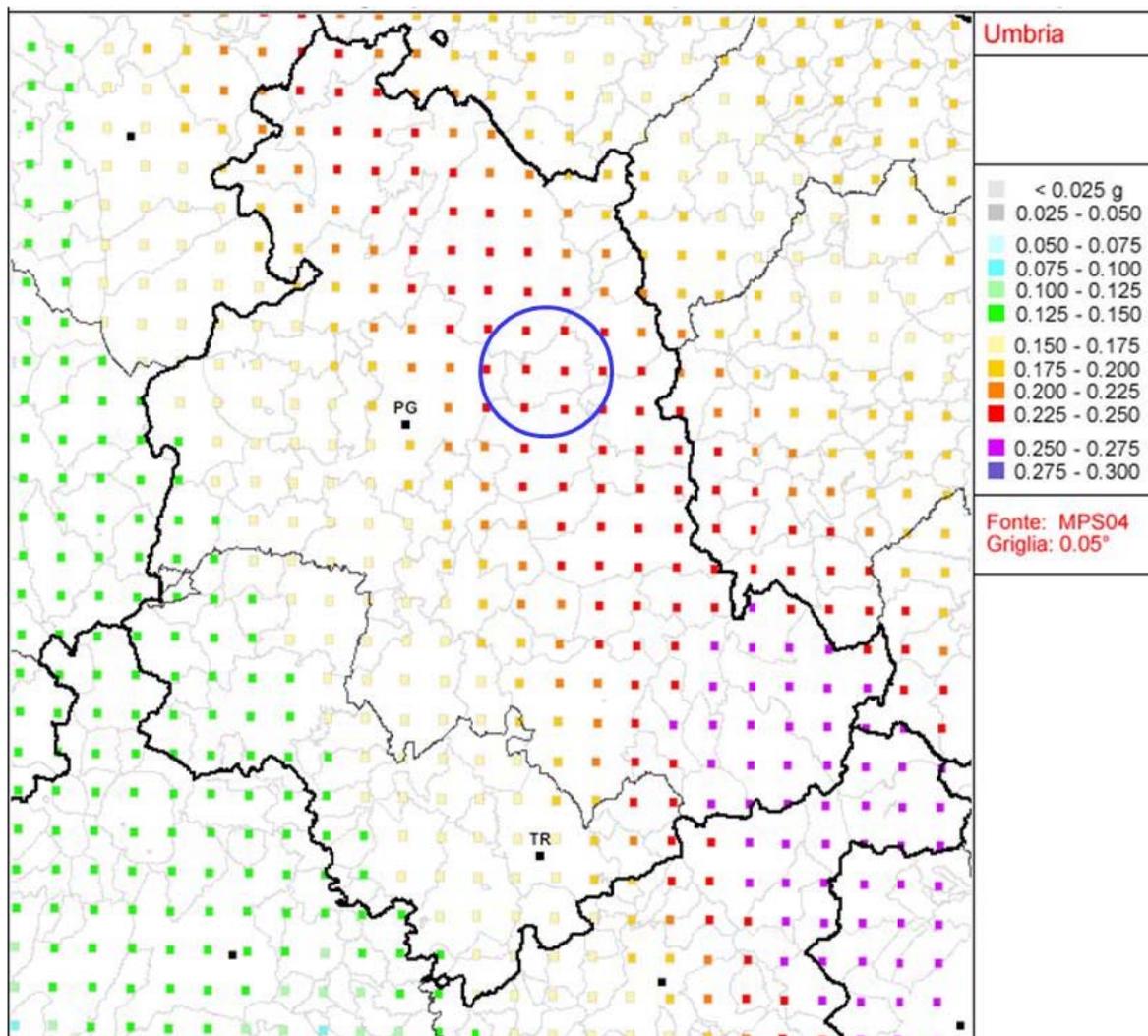
Mapa delle zone sismiche del territorio nazionale del 2003 (fonte INGV)

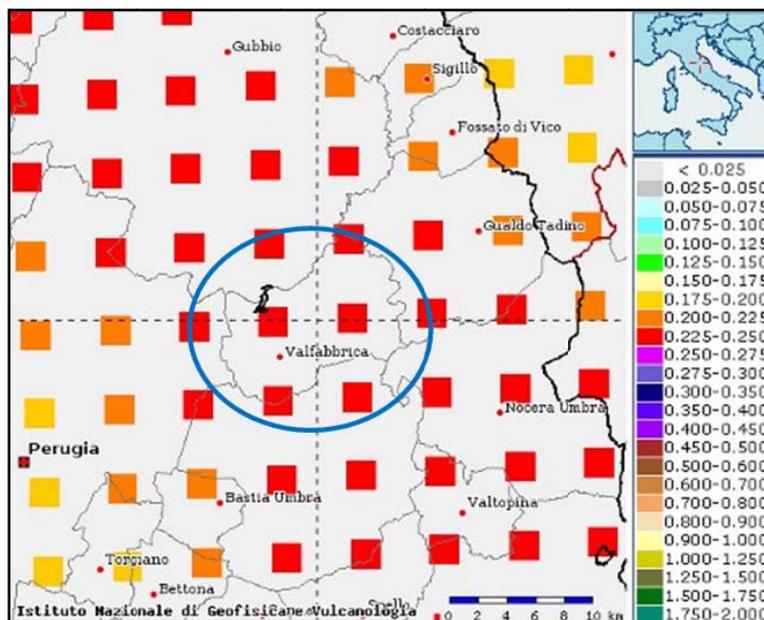
ZONA SISMICA	DESCRIZIONE
Zona 1	É la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.
Zona 2	Nei comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti.
Zona 3	I Comuni interessati in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti.
Zona 4	É la meno pericolosa. Nei comuni inseriti in questa zona le possibilità di danni sismici sono basse.

I valori di accelerazione orizzontale massima (a_g) per le varie zone sismiche sono riportate nella tabella seguente:

zona sismica	accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g)
1	$a_g > 0.25$
2	$0.15 < a_g \leq 0.25$
3	$0.05 < a_g \leq 0.15$
4	$a_g \leq 0.05$

Di seguito si riporta la mappa dei valori di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi $V_{s30} > 800$ m/s categoria A per la regione Umbria. Come si evince dalla carta il comune di Valfabbrica presenta valori di PGA compresi tra 0.225-0.250 g.



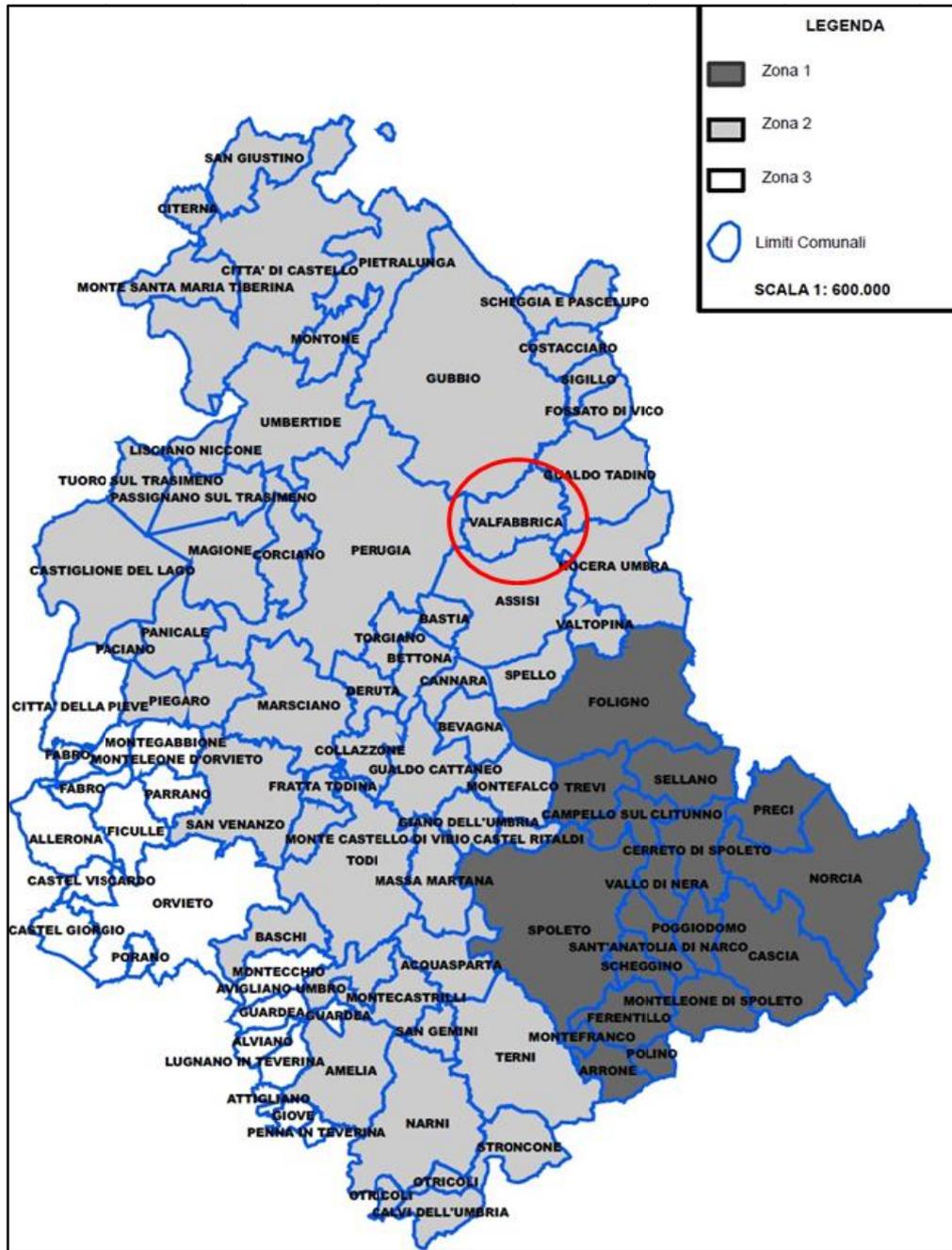


Valori di pericolosità sismica (OPCM del 28 aprile 2006 n. 3519, All. 1b) espressi in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat. A, punto A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005).

L'aggiornamento della classificazione sismica dell'Umbria è stato sviluppato in coerenza con gli studi dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) redatti su incarico del DPCN (Dipartimento di Protezione Civile Nazionale), pubblicati nel 2004 e presi a riferimento per la definizione della pericolosità sismica nazionale e per l'individuazione dei criteri di classificazione, approvati con Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006.

Tali studi si basano essenzialmente sulle conoscenze derivanti dai cataloghi dei terremoti, dalle ricerche sulla zonazione sismogenetica, dagli studi delle relazioni di attenuazione del moto del suolo e dalle valutazioni di a_{max} (accelerazione massima) attesa con determinati tempi di ritorno. Senza entrare nel merito delle specifiche argomentazioni, per le quali si rimanda alla fonte, diremo soltanto che la zonazione sismogenetica del territorio nazionale, così come indicato nell'appendice 2 (Zonazione sismogenetica ZS9) assegna l'Umbria a più zone sismogenetiche della Catena Appenninica settentrionale e centrale, principalmente sono coinvolte le zone 918, 919 e 920 (Medio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Val di Chiana-Ciocciaria) che, anche in virtù della loro maggiore estensione in senso NN/O-SS/E, coprono quasi tutto il territorio regionale in senso appenninico.

Il **Comune di Valfabbrica** è classificato secondo l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale della Sicilia n. 408 del 19.12.2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale dell'Umbria n. 1111 del 18 settembre 2012 (BUR n. 47 del 3/10/2012) in Zona Sismica 2.



Classificazione sismica del territorio della Regione Umbria ai sensi del D.G.R. n. 1111 del 18 settembre 2012

Comune	Zona sismica ai sensi della OPCM 3274/03 e precedente DGR	Nuova Zona sismica n. 1111/12
Valfabbrica	Zona 2	Zona 2

6.4 VELOCITÀ SISMICA EQUIVALENTE VS30 E CATEGORIA DI SOTTOSUOLO AI SENSI DELLE NTC08

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, le NTC 2008 definiscono 7 categorie in cui suddividere i terreni d'imposta in base ai valori di velocità delle onde sismiche trasversali nei primi 30 m sotto il piano di posa della fondazione (Vs30).

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Per VS30 si intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati fino a 30 metri di profondità dal piano di fondazione, determinata secondo la seguente formula:

$$V_s = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove h_i e V_i indicano rispettivamente lo spessore (in metri) e la velocità delle onde di taglio dello strato i esimor, entro i 30 m dalla fondazione.

Ai fini dei calcoli strutturali il terreno è stato considerato come di categoria di sottosuolo C.

7. DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO TECNICO DI DETTAGLIO DEL SOTTOSUOLO E PROBLEMATICHE GEOLOGICO APPLICATIVE LUNGO IL TRACCIATO

7.1 TRATTA DA PROG. KM 16+448 A PROG. KM 16+531

Il tracciato prevede, in questa tratta, il completamento della Galleria Picchiarella in canna destra ed in particolare la realizzazione dell'imbocco O ed il completamento di un limitato tratto in naturale. Lo scenario è costituito da una morfologia collinare, sviluppatasi nei terminitorbiditici della Formazione litoide. L'are di imbocco è caratterizzata dalla presenza di una coltre eluvio colluviale individuata attraverso le indagini dirette ed indirette con spessore massimo variabile da 6 a 8 m.

Per l'analisi della distribuzione areale e verticale della coltre eluvio colluviale si consultino la carta geologica e le sezioni geologiche longitudinali e trasversali. Al disotto della coltre dei depositi continentali si riscontra la presenza del basamento con assetto a reggipoggio rispetto all'andamento naturale del versante. La zona di imbocco intercetta un'area in cui si è sviluppata una frana di limitate dimensioni, durante il precedente appalto, proprio in corrispondenza dell'esecuzione delle opere di scavo per la sua realizzazione. L'estensione complessiva del dissesto era pari a circa di circa 0,5 ha.

A seguito della frana fu eseguito un rilievo topografico speditivo per definirne le dimensioni e fu realizzato, da ANAS Compartimento dell'Umbria, un sondaggio di caratterizzazione litologica. Successivamente vennero tombati gli scavi sino a quel momento realizzati, per arrestare l'inevitabile evoluzione cinematica.

Il corpo di frana ha una forma ellissoidale con gli assi di lunghezza comparabile e direzione di movimento verso NO.

Le dimensioni del corpo sono:

- asse longitudinale di 80 m circa;
- asse trasversale di circa 65 m nella zona di massima espansione.

Sono stati stimati spessori massimi pari a circa 7-9 m (vedi sezione geologica longitudinale e sezioni trasversali). Il corpo di frana è costituito da depositi prevalentemente fini limo in assetto caotico. Si ritiene che il meccanismo cinematico abbia coinvolto la coltre eluvio colluviale superficiale, utilizzando come superficie di scollamento il contatto tra la suddetta coltre ed il basamento litoide sottostante.

L'area in naturale della Galleria Picchiarella interessa esclusivamente la formazioni di base di natura flyschoidale. La litologia dominante nell'intera area risulta essere quella torbiditica riferibile al Membro di Galeata FMA4 con rapporto arenaria/pelite variabile da 1/5 a 1/10. Le marne, di colore da marrone al grigio, sono frequentemente argillose a volte con laminazione piana e generalmente sottilmente stratificate con spessori variabili dai 5 ai 20 centimetri, con interstrati millimetrici argillosi o sabbiosi. Risultano spesso alterate, con grado di alterazione

che tende generalmente a diminuire proporzionalmente con la profondità. I livelli arenacei hanno spessore generalmente decimetrico e raramente arrivano al metro formando comunque a volte bancate plurimetriche costituite da più strati in contatto sedimentario erosivo. Hanno colore dal marrone al grigio e granulometria generalmente media con gradazione prevalentemente diretta e subordinatamente inversa. Nella tratta ancora da scavare si incontreranno litotipi prevalentemente marnosi con giacitura monoclinale, immersione media verso E e inclinazione media di circa 25°.

I rilievi strutturali di superficie hanno evidenziato la presenza, oltre alle discontinuità di carattere sedimentario, riferibili alla stratificazione ad alla laminazione, una serie di sets di fratture di origine tettonica con andamento appenninico sia ad alto angolo (origine distensiva) che a basso angolo (origine compressiva) e con andamento antiappenninico associabili a eventi deformativi con componente prevalentemente transtensiva. Per il dettaglio di tali risultanze si rimanda alla lettura degli elaborati relativi ai rilievi strutturali di superficie. Nel tratto di interesse della Galleria Picchiarella, è stata ricostruita la presenza di una falda superficiale che interessa le coperture eluvio colluviali e le unità litoidi sottostanti. Tale falda è già stata riscontrata durante la realizzazione della galleria ed è attualmente visibile in corrispondenza del fronte di scavo aperto e richiede un pompaggio al frontedi non rilevante entità per permettere di lavorare in sicurezza. L'acquifero ha bassivalori di permeabilità e la falda tende a drenare, probabilmente, verso l'asse del fossoposto a valle dell'imbocco.

7.2 GALLERIA CASACASTALDA

L'imbocco orientale della galleria di Casacastalda è situato ai piedi del versante collinare posto in destra al torrente Pia dell'Abate, la morfologia dell'area di interesse è quella di un pendio con inclinazione longitudinale del 20% inciso da corsi d'acqua profondamente incassati nelle strutture dei rilievi collinari.

A monte della sezione di imbocco affiora la formazione geologica delle argille varicolori, che insieme alle caratteristiche morfologiche del pendio contribuisce a determinare un contesto di instabilità e di bassa resistenza geomeccanica dei terreni. In prossimità dell'imbocco e a valle dello stesso, affiorano i litotipi della formazione Marnoso-Arenacea (caratterizzata dall'alternanza di strati marnosi e strati arenacei) che, nell'area di fondo valle, sono ricoperti da coltri eluvio-colluviali di spessore variabile in funzione dei processi di trasporto ed erosione superficiale.

Come si evince dalla Carta Geologica realizzata all'imbocco ovest della galleria è presente la formazione della Marnosa arenacea, costituita da alternanze ritmiche di marne e arenarie ed in particolare si rinviene il membro pelitico arenaceo. La marnosa arenacea occupa gran parte del territorio collinare dove si sviluppa il tracciato della galleria, conferendo all'area un motivo strutturale a blande pieghe monoclinali variamente ondulate, e bruscamente fagliate sul tratto orientale. Si evidenziano parziali accavallamenti dei fianchi orientali delle anticlinali con

fenomeni di sovrascorrimento importanti. Nel tratto in esame le strutture presentano una generale direzione appenninica NW-SE con vergenza Nord-Est delle strutture plicative e immersioni O-SO delle monoclinali.

La **Marnosa Arenacea** è costituita da alternanze di strati marnosi di colore grigio (con componenti argillose) e di strati arenacei quarzoso-micacei con cemento calcitico-argilloso. La formazione è associata spesso a blocchi torbiditici-calcarenitici passanti a loro volta a marne calcaree. In alcune zone la marnosa arenacea si presenta sostanzialmente costituita da marne siltose grigie emipelagiche senza intercalazioni arenacee, che giustifica il comportamento pseudo-plastico del materiale.

Le marne presentano spessori variabili da qualche decimetro al metro, lo stesso vale per i livelli calcarenitici e di arenarie da quanto emerge dai sondaggi. In profondità sono presenti strati calcarenitici a granulometria medio fine, calcilutitie livelli marnoso siltosi con intercalazioni di peliti, caratterizzati da un grado variabile di fratturazione e ricementazione.

Gli orizzonti marno-argillosi e argillo-scistososi si osservano frequenti piani di taglio, laminazioni e strutture che testimoniano situazioni di stress tettonico.

Seguendo lo sviluppo progressivo della galleria, si rinvengono lembi disarticolati appartenenti alla formazione delle **Argille Varicolori** costituita da una componente prevalentemente argillosa e caratterizzate da scaglie di argillocisti e marnoscisti, con presenza di materiale interstiziale. All' interno della formazione argillosa e argillo-scistosa sono inglobati frammenti di rocce lapidee calcaree di varia natura e provenienza (calcari marnosi verdastri, calcari selciferi e diaspri, calcareniti e blocchi di arenarie a diversa granulometria e pezzatura.

Le argille varicolori si ritrovano intercalate anche all' interno della marnosa arenacea, come evidenziato in alcuni sondaggi, dove si ritrovano livelli anche a diverse profondità.

Il contatto tra la marnosa arenacea e le argille varicolori è sempre di tipo tettonico, segnato dalla presenza di faglie dirette che determinano un tipico andamento a "ribassamenti" successivi.

I **terreni di copertura**, sono caratterizzati da una vasta eterogeneità litologica, e si distinguono in:

- Depositi Eluvio-Colluviali: formati da clasti e ciottoli calcarenitici inglobati in matrice argillosa con intercalazioni di livelli ghiaiosi. Tali depositi sono derivanti dal trasporto gravitativo e dal trasporto fluviale delle coltri di alterazione delle unità sottostanti.
- Detriti di Falda: dovuti essenzialmente a trasporto gravitativo e costituiti da clasti a spigoli vivi di arenarie, calcareniti e marne, in matrice sabbio-argillosa.
- Depositi di frana: ove presenti dissesti, o messi in posto durante fenomeni passati.

In generale dai rilevamenti geologici condotti si registra che le coperture sono costituite prevalentemente da clasti arenacei e calcarenitici immersi in matrice limoso-sabbiosa, e che gli spessori di tali coperture risultano maggiori nel settore centrale di sviluppo del tracciato).

Lungo lo sviluppo del tracciato sono presenti diversi ordini di scarpate su cui affiorano le unità marnose con intercalazioni di arenarie. Le aree di sbancamento sono caratterizzate dalla presenza di depositi di riporto prodotti dagli scavi costituiti da depositi eterometrici di marne e calcareniti immersi in matrice sabbio-argillosa.

Dai sondaggi effettuati n°4-5-6-7 (sondaggi del Progetto Costruttivo 2003) emerge la presenza di una faglia con andamento NE-SO e sono state riscontrate placche di argilloscisti varicolori con zone intensamente fratturate. In corrispondenza delle quali si rinvencono anche falde spesse e orizzonti saturi con gradiente idraulico che presenta livelli di stabilizzazione superiore alla quota di rinvenimento (nel sondaggio n°5 è stata riscontrata la presenza di falda artesianica con **livello statico a +5 m** dal pc.