

S.S. N. 4 "SALARIA"

**ADEGUAMENTO DEL TRATTO TRISUNGO-ACQUASANTA TERME.
TRATTO GALLERIA VALGARIZIA - ACQUASANTA TERME. LOTTO 2 DAL
KM 155+400 AL KM 159+000 (EX AN6)**

PROGETTO DEFINITIVO

COD. **AN257**

PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GP INGEGNERIA - ENGEKO - GDG - ICARIA

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Giorgio Guiducci
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Roma n° 14035

IL PROGETTISTA:

Dott. Ing. Vasco Truffini
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Terni n° A1245

IL GEOLOGO:

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

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Marco Abram
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A2808

IL RESPONSABILE DI PROGETTO

Pianificatore Territoriale Marco Colazza

IL R.U.P.

Dott. Ing. Vincenzo Catone

PROTOCOLLO

DATA

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

 **Sintagma**

Dott. Ing. N. Granieri
Dott. Ing. V. Truffini
Dott. Ing. L. Spaccini
Dott. Arch. A. Bracchini
Dott. Ing. E. Bartolucci
Dott. Ing. L. Casavecchia
Dott. Geol. G. Cerquiglini
Dott. Ing. F. Pambianco
Dott. Ing. M. Abram
Dott. Arch. C. Presciutti
Dott. Agr. F. Berti Nulli
Geom. S. Scopetta
Geom. M. Zucconi

MANDANTI:

 **GPI INGEGNERIA**
GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl

Dott. Ing. G. Guiducci
Dott. Ing. E. Moscatelli
Dott. Ing. A. Signorelli
Dott. Ing. A. Belà
Dott. Ing. G. Lucibello
Dott. Arch. G. Guastella
Dott. Geol. M. Leonardi
Dott. Ing. G. Parente

 **engeko**

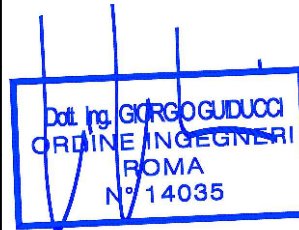
Dott. Ing. C. Muller

 **GEOTECHNICAL DESIGN GROUP**

Dott. Ing. D. Carlaccini
Dott. Ing. C. Consorti
Dott. Ing. E. Loffredo
Dott. Ing. S. Sacconi

 **ICARIA**
società di ingegneria

Dott. Ing. V. Rotisciani
Dott. Ing. F. Macchioni
Dott. Ing. G. Verini
Dott. Ing. V. Piunno
Dott. Ing. G. Pulli



GEOLOGIA E GESTIONE MATERIE GEOLOGIA Relazione geologica

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG. ANNO	T00-GE00-GEO-RE01-D			
DPAN257	D 22	T00GE00GEORE01		D	-
D	Aggiornamento	gen-23	R. Salucci	G. Cerquiglini	G. Guiducci
C	Revisione a seguito istruttoria Anas	ott-22	R. Salucci	G. Cerquiglini	G. Guiducci
B	Emissione per consegna finale	giu-22	R. Salucci	G. Cerquiglini	G. Guiducci
A	Emissione	mag-22	R. Salucci	G. Cerquiglini	G. Guiducci
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE	7
4	ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO	10
4.1	FORMAZIONI LITOLOGICHE	10
4.2	DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI	15
5	GEOMORFOLOGIA	20
5.1	ANALISI DELLA PIANIFICAZIONE GEOMORFOLOGICA (PAI-IFFI)	21
5.1.1	Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico del Fiume Tronto	21
5.1.2	Cartografia progetto IFFI	23
5.2	FENOMENI FRANOSI E FORME DI DEPOSITO RICADENTI NEL CORRIDOIO DI STUDIO	25
6	IDROGEOLOGIA	34
6.1	COMPLESSI IDROGEOLOGICI AFFIORANTI NELL'AREA DI STUDIO INTERESSATA DALLE OPERE IN PROGETTO	34
6.1.1	Complesso idrogeologico dei depositi alluvionali attuali e terrazzati recenti ed antichi – Complesso 1	34
6.1.2	Complesso idrogeologico dei depositi detritici eluvio-colluviali – Complesso 2	34
6.1.3	Complesso idrogeologico della sequenza del miocene superiore e pliocene inferiore (Formazione della Laga) – Complesso 3	35
6.1.4	Complesso idrogeologico delle Marne a Pteropodi, Marne con Cerrognana, Bisciario e Scaglia Cinerea – Complesso 4a/4b	35
6.1.5	Complesso idrogeologico dei travertini – Complesso 5	35
6.2	COMPLESSO TERMALE DI ACQUASANTA	35
6.3	MONITORAGGIO PIEZOMETRICO	37
7	INDAGINI GEOGNOSTICHE – GEOFISICHE – GEOTECNICHE	38
7.1	. INDAGINI PREGRESSE	38
7.2	. INDAGINI PER IL PROGETTO DEFINITIVO – CAMPAGNA 2022	41
8	SISMICITA' DELL'AREA	43
8.1	SISMICITA STORICA DELL'AREA DI STUDIO	44
8.2	SORGENTI SIMOGENETICHE – FAGLIE "CAPACI"	47
8.2.1	Faglie "capaci"	48

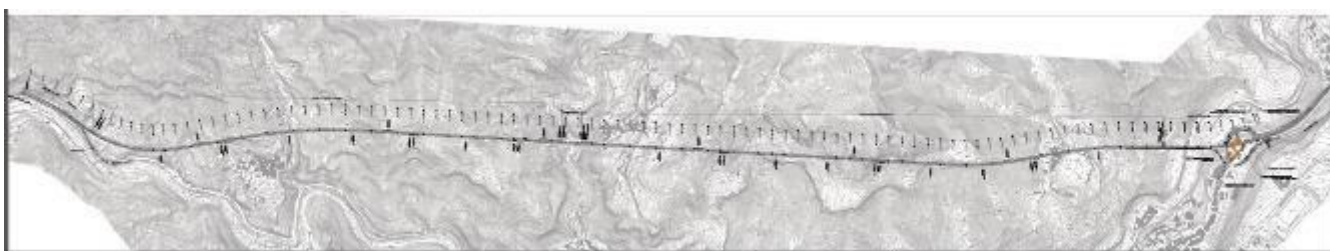
8.3	CLASSIFICAZIONE SISMICA	50
8.4	AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA E AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA	55
8.5	MICROZONAZIONE SISMICA DI I LIVELLO	56
8.6	SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE	56
9	ANALISI DEL TRACCIATO	57

1 INTRODUZIONE

L'intervento oggetto del presente Progetto Definitivo riguarda l'adeguamento del tratto di viabilità S.S n. 4 "Salaria" tra la galleria Valgarizia e Acquasanta Terme. (Lotto 2 dal km 155+400 al km 159+000).

Dal punto di vista altimetrico l'area in cui si inserisce il tracciato di progetto si ubica su orografie che presentano quote variabili tra circa i 300 e 750 m s.l.m., ascrivibili a settori tipicamente di fascia pedemontana.

Figura 1-1: Inquadramento Geografico del tracciato di progetto.



La presente relazione geologica, descrive la geologia, la geomorfologia e l'idrogeologia del territorio attraversato dal corridoio di progetto di adeguamento del lotto 2 del tratto Trisungo _ Acquasanta Terme della SS4 Salaria dal km 155+400 al km 159,00.

Lo studio si è basato sulle seguenti attività:

- Ricerca ed acquisizione di tutte le informazioni bibliografiche disponibili in letteratura
- Analisi ed elaborazione delle informazioni contenute nei precedenti studi geologici a base del Progetto Preliminare del 2004 e del Progetto Definitivo del 2005
- Analisi ed elaborazione delle indagini eseguite nelle precedenti fasi progettuali sopra citate costituite da un sondaggio a carotaggio continuo con esecuzione di un log multi-parametrico in foro, da analisi chimico-fisiche eseguite su campioni d'acqua in esso prelevati e da n.5 tomografie sismiche a rifrazione.
- Analisi delle informazioni acquisite nel corso dei sopralluoghi e dei rilievi eseguiti dagli scriventi
- Analisi dei risultati di nuove campagne di indagini geognostiche geofisiche e geotecniche eseguite nel 2022 direttamente dalla committente ANAS.

Le considerazioni di natura geologica e più in generale il Modello Geologico di Riferimento elaborato potrà essere ulteriormente affinato ed approfondito quando tutti i risultati della campagna di indagine in corso di esecuzione saranno resi disponibili.

In questa fase è stato già eseguito un rilevamento geomeccanico di dettaglio costituito da n. 22 stazioni di rilevamento della qualità degli ammassi litoidi e per il cui dettaglio si rimanda agli specifici elaborati (T00-GEO0-GEO-RE03).

Oltre alla presente relazione geologica, fanno parte integrante di questo studio anche i seguenti elaborati di carattere geologico, ai quali si rimanda per i dettagli e gli approfondimenti sulle diverse tematiche:

- T00-GE00-GEO-RE02 (Relazione geomeccanica);
- T00-GE00-GEO-RE03 (Schede rilevamento geologico);
- T00-GE00-GEO-PU01/03 (Planimetria ubicazione indagini);
- T00-GE00-GEO-PU02 (Planimetria ubicazione stazioni geomeccaniche);
- T00-GE00-GEO-RE04/05/07 (Documentazione indagini pregresse);
- T00-GE00-GEO-RE06/08/09/10 (Documentazione indagini progetto definitivo);
- T00-GE00-GEO-CG01 (Carta geologica scala 1:5.000);
- T00-GE00-GEO-CG02/03 (Carta geologica di dettaglio scala 1:2.000);
- T00-GE00-GEO-CG04/05 (Carta geomorfologica scala 1:2.000);
- T00-GE00-GEO-CG06/07 (Carta Aree rischio geomorfologico PAI IFFI e da rilevamento scala 1:2000);
- T00-GE00-GEO-CI01/02 (Carta idrogeologica scala 1:2.000);
- T00-GE00-GEO-FG01/02/03 (Profilo geologico asse principale scala 1:2.000);
- T00-GE00-GEO-FG04 (Profilo geologico rampe svincolo scala 1:2.000);
- T00-GE00-GEO-SG01/11 (Sezioni geologiche trasversali scala 1:2.000).

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- D.M. LL.PP. 11.3.88. Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. G.U. Repubblica Italiana n.127.
- Circ. LL.PP. 24.09.1988 n.30483 Istruzione applicativa - Norme Tecniche per terreni e fondazioni
- Eurocodice 7.3 (2002) Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita con prove in sito – UNI.
- O.P.C.M. n.3274 del 2003 Il recente riordino della normativa antisismica in Italia inizia con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 2003 che fornisce i primi elementi in materia di classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. E' in questa ordinanza che viene introdotta la classificazione dei terreni in base al parametro Vs30.
- OPCM n.3316 del 02.10.2003 recante modifiche e integrazioni dell'OPCM n. 3274
- DGR Marche n. 1046 del 29/luglio/2003 Delibera con cui la regione Marche ha recepito l'ordinanza 3274/2003
- OPCM n.3431 del 03.05.2005, Norme Tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici.
- NTC 23 settembre 2005. Il 23 settembre 2005 vengono pubblicate in Gazzetta Ufficiale le nuove NTC, che contengono tutta la normativa italiana relativa alla progettazione degli edifici. È previsto che le nuove NTC entrino in vigore il 23 ottobre 2005; per la precisione in tale data inizia un periodo di 18 mesi di applicazione sperimentale durante il quale è possibile far riferimento alla vecchia normativa (legge 1086/1971, legge 64/1974).
- Decreto Legislativo n.152 del 3.03.2006 "Tutela dell'ambiente".
- O.P.C.M. 3519 del 2006. Nel corso del 2006 una nuova Ordinanza (OPCM 3519/2006) ha adottato la mappa di pericolosità sismica MPS04 quale riferimento ufficiale, e ha definito i criteri che le Regioni devono seguire per aggiornare le afferenze dei Comuni alle 4 zone sismiche. Tuttavia, questa Ordinanza non obbliga le Regioni a aggiornare tali afferenze.
- DM 14 gennaio 2008. Il 4 febbraio 2008 viene pubblicato in Gazzetta Ufficiale il DM 14 gennaio 2008 contenente le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni. Le norme definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni, le prestazioni richieste in termini di resistenza meccanica e stabilità, anche in caso di incendio, e di durabilità. Il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti fornisce, con la Circolare 617/2009, le istruzioni per l'applicazione delle nuove NTC di cui al DM del 14 gennaio 2008.

- NTC 2018 – DM 08/2018 In data 17 gennaio 2018 è stato pubblicato il decreto del Ministero delle infrastrutture dei trasporti n. 8/2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni" entrato in vigore il 22 marzo 2018 che ha leggermente modificato le categorie di suolo e di cui in data 21 gennaio 2019 sono state pubblicate le istruzioni per l'applicazione.

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

Le successioni attraversate nel corridoio, nel quale si sviluppa il tracciato di progetto, appartengono al Dominio Umbro-Marchigiano e ricadono all'interno del Foglio 132 – Norcia della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, disponibile sul sistema CARG (ISPRA), mentre risultano assenti quella alla scala 1:50.000, Fogli 32-Ascoli piceno e 338-Acquasanta Terme.

Le età delle formazioni rocciose sono comprese tra l'Oligocene superiore della Scaglia Cinerea, ed il Miocene superiore (Messiniano), della Formazione della Laga. Ad esse vanno aggiunti i depositi recenti, costituiti dalle alluvioni terrazzate, detriti di versante ed i depositi eluvio-colluviali.

Dall'analisi bibliografica presa in esame e dai rilievi, è stato ricostruito il quadro geologico strutturale dell'area che è il risultato delle principali fasi deformative che hanno interessato l'Italia Centrale e, quindi, la catena Appenninica Umbro-Marchigiana a partire dal Giurassico, che costituisce la parte sudorientale dell'Appennino Settentrionale.

La zona in oggetto si è originata a seguito degli eventi orogenetici che nel corso del Miocene hanno interessato il bacino Umbro-Marchigiano. Tale bacino di sedimentazione è stato, infatti, coinvolto dalle compressioni successivamente alternatesi nel tempo, provenienti da Ovest e dirette verso Est che, a seguito dell'evolversi della catena Appenninica, hanno trasformato il bacino stesso in un'avanfossa torbida ubicata sul fronte della catena appenninica. A seguito di queste fasi di compressione si sono strutturati diversi bacini esterni, limitati ad Ovest dalla dorsale Umbro-Marchigiana, tra cui il Bacino della Laga è quello più esteso e rilevante, nonché di interesse per l'oggetto di studio.

La struttura dell'area è localizzata a oriente della dorsale Appenninica Umbro-Marchigiana tra il fronte di sovrascorrimento dei Monti Sibillini ad Ovest e la struttura della Montagna dei Fiori ad Est (Boni & Colacicchi, 1966), come mostrato in Figura 3-1.

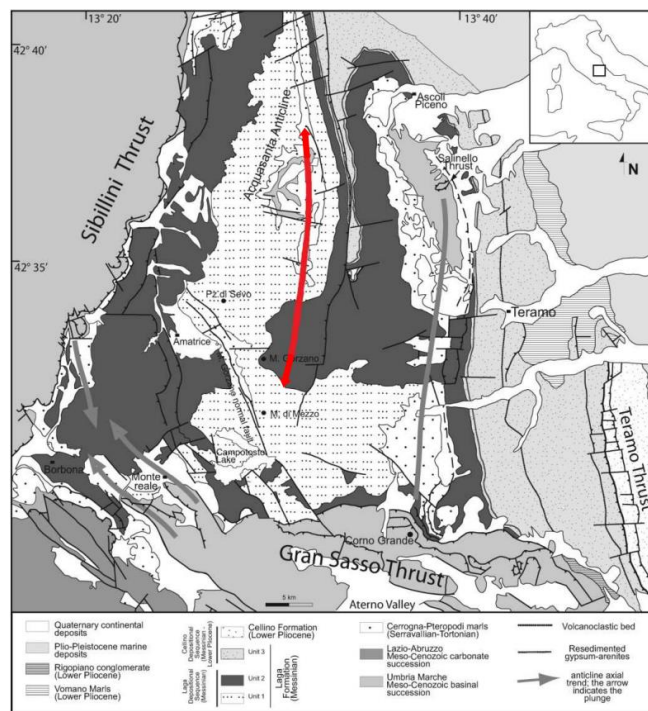


Figura 3-1: Quadro tettonico del Bacino della Laga (modificato da Bigi et alii, 2011). La linea rossa rappresenta l'anticlinale di Acquasanta.

L'anticlinale di Acquasanta presenta l'asse con orientazione N-S, vergente verso est, accavallandosi alle strutture più esterne. La stratificazione nella parte coincidente con l'area di Acquasanta (zona di cerniera dell'anticlinale), è suborizzontale, mentre diventa molto inclinata da subverticale fino a rovescia nelle aree più distali.

Le tracce del sovrascorrimento sono mascherate dalla presenza di potenti coltri detritiche, costituite da ghiaie calcaree di pezzatura variabile fra le ghiaie minute e i blocchi, contenute in matrice per lo più sabbioso limosa.

Numerose faglie normali dislocano o invertono le strutture compressive ivi presenti con direzione NW-SE (Figura 3-2), dislocando il thrust dei Sibillini. Tra i sistemi di faglie normali più significativi nell'area, sono presenti quello del Monte Vettore e Monte Castello-Monte Cardosa, colmata da depositi fluvio-lacustri e chiaramente delimitata da faglie bordiere.

Come noto, il sistema di faglie Monte Bove-Monte Vettore è di cruciale importanza poiché è attivo ed è stato identificato come quello responsabile delle scosse sismiche di Agosto-Ottobre 2016.

Sotto l'aspetto tettonico, l'area oggetto di studio è interessata da un andamento strutturale generale di tipo monoclinale, con presenza di pieghe a più piccola scala in funzione degli sforzi compressivi Miocenici - Pliocenici avvenuti durante l'orogenesi appenninica. Dal punto di vista della tettonica fragile l'area è caratterizzata dalla presenza di faglie a vergenza adriatica (Est) sul lato marchigiano e a vergenza tirrenica (Ovest) sul lato abruzzese.

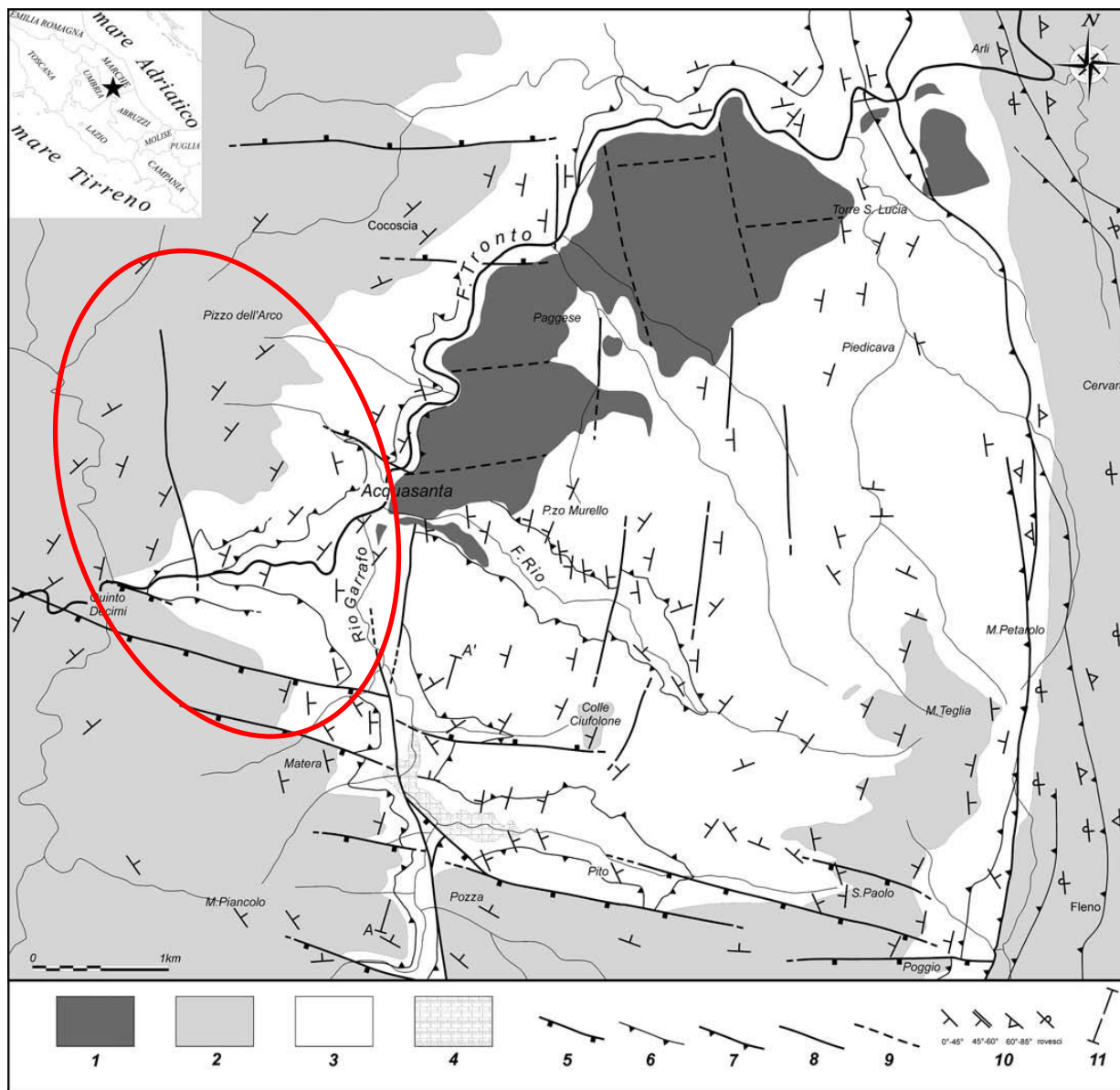


Figura 3-2: Schema strutturale dell'area di Acquasanta Terme, con evidenza buona parte dell'area oggetto di studio cerchiata in rosso. LEGENDA: 1) Travertini (Pleistocene); 2) Formazione della Laga (Messiniano p.p.); 3) Scaglia Variegata, Scaglia Cinerea, Bisciario, Marne con Cerrognia e Marne a Pteropodi (Paleocene-Messiniano p.p.); 4) Scaglia Rosata (Cretaceo sup.-Paleocene); 5) faglia diretta, i trattini indicano il tetto; 6) sovrascorrimenti e piani di scollamento, i triangoli indicano il tetto; 7) sovrascorrimento regionale, i triangoli indicano il tetto; 8) faglia trascorrente; 9) faglia incerta e sistemi di frattura; 10) giacitura della stratificazione (Menichetti, 2008).

4 ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO

4.1 FORMAZIONI LITOLOGICHE

Relativamente l'assetto litostratigrafico, come osservabile nella Carte geologiche allegate (T00-IA05-AMB-CG01-A alla scala 1:5.000 e T00-GE00-GEO-CG02-A/CG03A alla scala 1:2.000), la successione dal basso verso l'alto è così rappresentata: Scaglia Cinerea, Bisciario; Marne con Cerrognana; Marne a Pteropodi (entrambe eteropiche dello Schlier); Formazione della Laga in cui si distinguono, dal basso verso l'alto, tre membri: membro pre-evaporitico, membro "evaporitico" (coevo della Formazione gessoso-solfifera) e membro post-evaporitico.

Di seguito, per ciascuna formazione, sono descritti i caratteri principali:

- **Scaglia Cinerea (SC)**, di età variabile tra l'Eocene sup. e l'Oligocene sup., costituita essenzialmente da calcari marnosi e marne di colore grigio e presenta uno spessore di 100-200 m; la porzione inferiore è generalmente più calcarea mentre quella superiore è più marnosa. Il limite superiore è posto in corrispondenza della comparsa della selce e di un livello vulcanoclastico (Livello Raffaello), correlabile in tutta l'area umbro-marchigiana, che cade sopra il limite Oligocene-Miocene.

Nell'area in questione la Scaglia Cinerea affiora nell'incisione operata dal Rio Garrafo e dal Fiume Tronto, passando lateralmente al Bisciario in prossimità della terminazione periclinale del nucleo della piega che costituisce l'anticlinale di Acquasanta.



- **Bisciario (bis)**, caratterizzato dalla presenza di marne e calcari siliceo-marnosi, ben stratificati, grigi e grigio-verdastri (ocracei se alterati), con intercalazioni di vulcanoclastiti (cineriti e tufiti prevalenti) e di bentonite vulcanoderivate. Liste e noduli di selce grigio-nerastra sono localmente presenti nella parte inferiore-media della formazione. Mentre nell'area settentrionale del bacino Marchigiano sono sporadicamente presenti calcareniti costituite da gusci di foraminiferi risedimentati, nell'area meridionale sono prevalenti. Gli apporti vulcanici testimoniano una cospicua attività vulcanica calcalina nel Miocene inf.. La dimensione dei granuli feldspatici aumenta costantemente verso W, indicando come probabile area sorgente la provincia vulcanica della Sardegna occidentale. I limiti litostratigrafici della Formazione del Bisciario sono identificabili in corrispondenza di caratteristici livelli vulcanoclastico. Il limite tra Scaglia Cinerea e Bisciario coincide con la base del Livello Raffaello, uno strato bentonitico di spessore compreso tra 3 e 30 cm di colore grigio-verdastro con colorazione ocra se alterato (rinvenuto durante il rilevamento geologico-stratigrafico di dettaglio 1:2.000 sull'area di progetto). Il Livello Raffaello corrisponde

quindi al primo evento vulcanoclastico del Bisciario ed è riconoscibile in tutto il Bacino umbro Marchigiano. Il limite superiore dei Bisciario coincide con la base del livello Piero della Francesca, uno strato bentonitico di spessore compreso tra 10 e 15 cm, particolarmente "ricco" in biotite. Pur non essendo sempre di facile riconoscimento sul terreno, questo marker coincide con un marcato cambiamento litologico da litotipi calcarei, grigi e grigio-verdastri, tipici del Bisciario, da quelli decisamente più marnosi grigio azzurri dello Schlier. Lo spessore e la litologia del Bisciario variano ampiamente



nel bacino. Le aree rialzate presentano spessori minori (da 15 a 70-80 m) e litofacies marnose e calcareo marnose, mentre le zone depresse contengono litofacies calcareo-silicee e detritiche con spessori maggiori fino a 150 m. Sulla base dei litotipi dominanti si riconoscono ovunque tre membri litostratigrafici. Essi sono dal basso verso l'alto: 1) Membro marnoso inferiore; 2) Membro calcareo-siliceo-tufitico; 3) Membro marnoso superiore.

- **Marne con Cerrognia (mc-mcc)** le quali nella porzione meridionale del bacino marchigiano esterno (Bacino della Laga in esame), sostituiscono lo Schlier. La formazione è costituita da alternanze di marne, marne calcaree e marne argillose, in strati medi e sottili, associate a torbiditi carbonatiche talora laminati, in strati medio-spessi. La stratificazione è molto spesso obliterata da un clivaggio diffuso e da un'intensa bioturbazione (si notano tracce di Zoophycos, Cylindrites, burrows, Lamellibranchi ed Echinidi di grandi dimensioni). In tutta l'unità sono inoltre frequenti gli slumpings. Per quanto riguarda le intercalazioni detritiche, i bioclasti sono talora rappresentati, per la maggior parte, da Foraminiferi planctonici (Globigerinoides, Globoquadrina, Orbulina) e bentonici (Anomaliniidae, Nodosariidae, Rolaliidae) ai quali possono associarsi resti di Molluschi, Briozoi, Alghe coralline, Balanidi, Amphistegina sp., Operculina sp.. In quest'ultimo caso si tratta, per la maggior parte, di organismi di acque poco profonde che in genere danno origine ai "Calcarei a Briozoi e Litotamni" diffusi nel Miocene calcareo del Lazio e dell'Abruzzo. Le torbiditi carbonatiche, provenienti dall'erosione di aree del dominio laziale-abruzzese, si assottigliano e diventano più rare verso N, fino a sparire all'altezza della linea Fiastrone-Fiastrella (CANTALAMESSA ed altri, 1980, 1981, 1982, 1983). Gli spessori variano dai 50-200 m delle dorsali ai 300-400 m delle depressioni, dove maggiori sono gli accumuli torbiditici e gli slumpings. L'unità è parzialmente eteropica con le Marne a Pteropodi al cui passaggio è presente un banco di calcarenite di elevato spessore (membro calcarenitico delle Marne con Cerrognia) che costituisce un elemento guida nel paesaggio a livello geologico-geomorfologico. La deposizione delle unità in esame si estende dal Burdigaliano p.p. alla porzione inferiore del Tortoniano medio; soltanto nelle successioni delle aree più profonde essa si

arresta alla fine del Tortoniano inferiore.

- **Marne a Pteropodi (mp)**, presenti al di sopra delle Marne con Cerrognia e alla base della sequenza torbiditica. Esse sono costituite inferiormente da emipelagiti grigio-verdoline o grigiastre, bioturbate, con rare e sottili intercalazioni calcareo-marnose e calcarenitiche; superiormente da peliti scure, euxiniche,



talora bituminose, laminate, con intercalazioni di arenarie fini grigiastre, in strati sottili e medi. Queste ultime si rinvencono solo in corrispondenza delle dorsali, e rappresentano le parti più fini e distali (depositi di overbank) delle torbiditi della Formazione della Laga che si andavano depositando nelle depressioni. Le Marne a Pteropodi presentano parziali rapporti di eteropia sia con le Marne con Cerrognia, sia con la Formazione della Laga. Le microfaune a Foraminiferi planctonici presenti nelle Marne a Pteropodi hanno consentito una precisa definizione biostratigrafica dell'unità. Ad essa corrispondono la Zona a Globigerinoides obliquus extremus



(porzione superiore), la Zona a Globorotalia conomiozea e la porzione basale della Zona atipica. Tali zone mostrano caratteri complessivi, soprattutto per quanto riguarda i planctonici, abbastanza simili a quelli delle omonime zone presenti nello Schlier. L'età delle Marne a Pteropodi si estende pertanto dal Tortoniano medio p.p. al Messiniano inferiore (base della Zona atipica). Nelle

successioni delle aree più profonde, invece, lo studio biostratigrafico ha consentito di definire un'età che dalla parte

sommitale del Tortoniano inferiore si estende fino alla base del Messiniano (Zona a Globorotalia conomiozea).

- Al di sopra delle formazioni descritte, si depositarono le successioni torbiditiche attraverso il riempimento di una serie di bacini generati dalla migrazione verso E dell'avanfossa appenninica.

L'individuazione del Bacino Umbro-Romagnolo, che si estende anche su una parte delle Marche, fu seguita dall'individuazione del Bacino Marchigiano Interno e, successivamente, da quella del Bacino



Marchigiano Esterno. Tutti questi bacini mostrano un'evoluzione nel tempo da una fase iniziale di avanfossa ad una fase finale di bacino satellite (piggy back).

- Il Bacino Marchigiano Esterno, in cui ricade l'area in studio, presenta una morfologia complessa per la presenza di alcuni bacini minori: due nella parte settentrionale e uno in quella meridionale. I bacini settentrionali contengono la Formazione Marnoso Arenacea "urbinate" e la Formazione di S. Donato; la vasta parte meridionale del Bacino Marchigiano Esterno (bacino della Laga) contiene la Formazione della Laga.

- La **Formazione della Laga (U1-U2)**, di età afferente al Messiniano-Miocene sup., sovrastante le Marne a Pteropodi, è costituita da una potente successione torbiditica (oltre 3.000 m) che ha colmato l'omonimo bacino; questo si era però individuato già a partire dal Miocene inf. e medio. Tra i bacini minori marchigiani, quello della Laga è il più grande e si estende da Cingoli (a N) al F. Pescara (a S). La Formazione della Laga costituisce un ciclo sedimentario del 1° ordine, di tipo regressivo, ed è suddivisibile in 3 membri: "pre-evaporitico", "evaporitico", "post-evaporitico". Il Membro Pre-evaporitico (Messiniano p.p.) presente nell'area di studio, è costituito da prevalenti arenarie da medio grossolane a fini a stratificazione da molto spessa a media, con intercalati livelli pelitici, in sede Progetto Definitivo del 2005 sono state differenziate la litofacies arenaceo-pelitica a grandi banconi, la litofacies arenaceo-pelitica e pelitico arenacea sulla base di n°3 serie stratigrafiche che hanno fornito un'ulteriore analisi nel rapporto percentuale Arenaria-Marna che ha permesso di distinguere due Unità all'interno della Formazione (U1 ed U2) descritte di seguito.

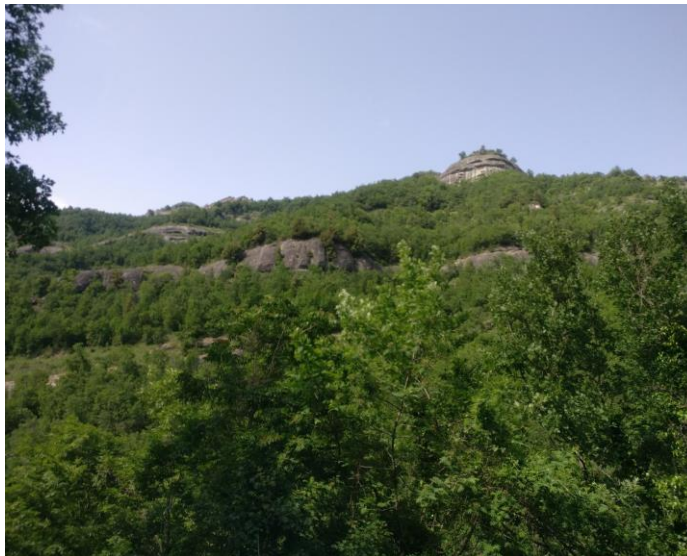


Foto 4-8 – Vista del massiccio montuoso a monte dell'abitato di Favallanciana interamente costituito dal Flysch della Laga (U1-U2)

U1 - alternanza arenaria (A)-marna (M) in strati a contatto netto. Arenarie grigio-azzurre, giallastre se alterate, a granulometria fine al tetto e grossolana alla base, in strati di spessore tra 48 e 200 cm. costituite da muscovite, feldspati, quarzo e da cemento di natura calcarea, tenaci e massicce. Marne grigio-azzurre a fratturazione oblunga, in strati di spessore tra 3 e 30 cm. Il rapporto A/M è compreso tra 9,20 e 9,69 con percentuale di arenaria dal 90,20 al 90,31% e di marna dal 9,80 al 9,69%. (Valori dedotti dalle Serie Stratigrafiche n°1 e 3).

U2 - alternanza arenaria (A)-marna (M) in strati a contatto netto. Arenarie grigio-azzurre, giallastre se alterate, a granulometria fine al tetto e grossolana alla base, in banchi di spessore tra 15 e 700 cm. costituite da muscovite, feldspati, quarzo e da cemento di natura calcarea, tenaci e massicce. Marne argillose ed in subordine calcaree grigio-azzurre a fratturazione oblunga, in strati di spessore tra 3 e 60 cm. Generalmente il rapporto A/M è compreso tra 13,00 e 18,75 con percentuale di arenaria dal 93 al 95% e di marna dal 7 al 5%, occasionalmente A/M tra 1 e 1,5 con percentuale di arenaria del 40-70% e di marna del 60-30%. Sono presenti intervalli con rapporto A/M compreso tra 5 e 6% con percentuale di arenaria dell'83-85% e marna del 17-14%.



4.2 DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI

Al di sopra delle formazioni sopra descritte si rinvencono i depositi alluvionali relativi ai corpi idrici principali (F. Tronto) e secondari (fossi e rii laterali) nei diversi ordini, i depositi di versante eluvio-colluviali e di frana ed i travertini.

I **travertini (Trav)**, presenti solo in destra idrografica, sono ben visibili nei pressi dell'abitato di Acquasanta Terme ed in località Cagnano. Si tratta di concrezioni carbonatiche deposte dalle acque dure ruscellanti da processi tipo "cascata": per tali motivi è talvolta possibile distinguere una netta stratificazione, con andamento concordante rispetto a quello dei flussi d'acqua che li ha messi in posto. Particolare attenzione va posta alle terre rosse; trattasi di travertini affioranti in maniera non arealmente continua sopra i terreni in posto rappresentati, in Località C. Roccolo, dalle Marne con Cerroagna.



Foto 4-10 – Contatto Scaglia Cinerea (sc) Travertini (Trav) visibile sulla strada di collegamento Santa Maria – Acquasanta.



Foto 4-11 – Particolare contatto Scaglia cinerea (sc) – Travertini (Trav) in cui si riscontrano livelli di conglomerati.

Il **detrito di versante** che si presenta caratterizzato da tre diversi tipi di depositi:

- **(A):** Blocchi ed elementi arenacei di dimensioni comprese tra 20 e 45 mc ed il cmc, immersi in matrice sabbioso-limosa se presente, derivanti dal disfacimento degli strati rocciosi sovrastanti o per accumuli di paleofrana;

- **(B):** Detrito comminuto di natura arenacea o marnoso-calcareo, immerso in matrice sabbioso-limosa se presente, derivante dal disfacimento della roccia in posto;



Foto 4-12 - Detrito costituito da clasti di natura arenacea o marnoso-calcareo in matrice sabbioso-limosa.

- **(C):** elementi arenacei, marnoso-calcarei, calcareo marnosi e travertinosi di dimensioni inferiori al mc, immersi in matrice sabbioso-limosa o argillosa se presente, accumulato a seguito di fenomeni franosi.



Foto 4-13 - Detrito costituito da elementi accumulati a seguito di fenomeni franosi (Svincolo Acquasanta).

I **depositi alluvionali (II-III-IV)** costituiscono i terrazzi alluvionali del F. Tronto ed in subordine dei rii laterali suoi tributari. Si tratta prevalentemente di depositi ghiaiosi non cementati in matrice sabbiosa a clasti arrotondati di dimensioni variabili, anche grossolane. Frequenti sono le eteropie di facies sia laterali che verticali. Più in dettaglio:

- **(II):** Depositi alluvionali del II° ciclo fluviale del F. Tronto: limi argilloso-sabbiosi, sabbie, ghiaie con inclusi arenacei;
- **(III):** Depositi alluvionali del III° ciclo fluviale del F. Tronto: limo sabbioso, sabbie e ghiaie;
- **(IV):** Depositi alluvionali del IV° ciclo fluviale del F. Tronto: sabbie e ghiaie.



Foto 4-14 – Panoramica terrazzo alluvionale del IV° ciclo fluviale del F. Tronto che sarà attraversato dall’omonimo Viadotto in progetto.

I depositi alluvionali attuali e recenti (all) del F. Tronto: sabbie, ciottoli, ghiaia, massi.



Foto 4-15 – Alluvioni attuali del Fiume Tronto presso la tratta di attraversamento del Viadotto omonimo.

I **depositi di frana (F)** costituiscono la coltre di copertura detritica prodottasi prevalentemente per crioclastismo e ricoprente in maniera discontinua i fondivalle, le vallecicole d'erosione ed i versanti. Si tratta per lo più di clasti a spigoli vivi in matrice più fine, priva di cemento. Lo spessore della coltre è variabile, passando da pochi metri anche a 20-30m.

5 GEOMORFOLOGIA

L'area in esame ricade in un contesto in cui l'evoluzione geomorfologica è iniziata alla fine del Pleistocene inferiore. In seguito al continuo innalzamento della catena Appenninica è iniziata l'azione selettiva che ha determinato l'evoluzione geomorfologica attuale. Pertanto, nelle litologie in cui prevalgono orizzonti arenacei, più resistenti all'erosione, si riscontrano morfologie aspre e valli più strette e incassate, quasi subverticali. Nelle aree in cui invece sono maggiori le frequenze e gli spessori degli strati marnoso-argillosi, le forme del paesaggio risultano più dolci, con valli più ampie e versanti meno acclivi (Adamoli, 1991). Mentre quando si rinviene una morfologia a gradini si deduce la presenza dell'alternarsi di strati arenacei con strati marnoso-argillosi, come ad esempio il Flysch della Laga.

In generale i processi morfogenetici hanno agito in maniera selettiva, condizionati nella loro evoluzione dall'"influenza strutturale" (giacitura degli strati, caratteristiche geomeccaniche, spessore degli strati, ecc.). Pertanto frequenti sono le scarpate strutturali impostate sulle litologie più competenti (membro calcareo delle Marne con Cerrognana), oppure sulle bancate arenacee della Formazione della Laga. La differenza di competenza fra i diversi litotipi in affioramento ha prodotto, sempre per erosione selettiva, la creazione di "superfici ad influenza strutturale" come quelle impostate sulle Marne a Pteropodi, le quali danno luogo a vere e proprie "rottture del pendio" tramite superfici subpianeggianti che modificano sostanzialmente la morfologia.

La geomorfologia generale del territorio circostante, è quindi strettamente legata alle litologie predominanti. L'alternanza di condizioni di stabilità morfologica e di intensa morfogenesi ha provocato lo smembramento della morfologia superficiale, per opera di processi di erosione areale alternati a fenomeni di erosione lineare entrambi legati all'azione delle acque correnti superficiali. Si sono pertanto innescati processi fluvio-denudazionali che hanno modificato l'originale morfologia fino a fargli assumere l'attuale configurazione.

Di fondamentale importanza risulta l'assetto tettonico dell'area, in quanto la sopramenzionata anticlinale presente ad Acquasanta, ha contribuito alla formazione di una morfologia asimmetrica, legata alle sue condizioni strutturali di tipo monoclinale: i Monti della Laga hanno la particolarità di avere un versante poco inclinato, verso il quale gli strati tendono a scivolare (franapoggio), e un versante molto più ripido dove gli strati sono inclinati verso la montagna (reggipoggio). La giacitura a franapoggio è tale per cui gli strati sono inclinati verso valle e quindi non conferiscono una grande stabilità al sistema, determinando frane per scivolamento lungo le superfici di stratificazione. Nei versanti a reggipoggio invece si possono verificare frane di crollo che consistono in distacchi di blocchi, arenacei in questa circostanza, di dimensioni variabili dalle pareti verticali caratterizzate da un'intensa fratturazione.

La presenza di orizzonti argilloso-limosi conferisce una scarsa permeabilità primaria, impedendone l'assorbimento idrico. Infatti, in assenza di fratture profonde, l'acqua scorre in superficie con velocità più o meno elevata in base alla pendenza ed al tipo di vegetazione, e contemporaneamente erode ed approfondisce l'alveo. Ciò determina la formazione di numerose emergenze idriche, scivoli d'acqua, incisioni torrentizie e cascate in tutto l'areale di Acquasanta Terme. Il processo d'infiltrazione avviene nei versanti con giacitura a reggipoggio, mentre la riemersione delle acque avviene in quelli a franapoggio e lungo le linee di debolezza strutturale (faglie, fratture e strati più erodibili).

Dal punto di vista altimetrico l'area in cui si inserisce il tracciato di progetto si ubica su orografie che presentano quote variabili tra circa i 300 e 750 m s.l.m., ascrivibili a settori tipicamente di fascia pedemontana.

5.1 ANALISI DELLA PIANIFICAZIONE GEOMORFOLOGICA (PAI-IFFI)

Nel presente studio, oltre alle analisi provenienti dai sopralluoghi eseguiti direttamente in sito, si è anche fatto ricorso alle informazioni derivanti dalla consultazione delle diverse banche dati ufficiali.

Sono state pertanto prese in esame le perimetrazioni dei fenomeni franosi censiti sia dal Piano stralcio di Assetto Idrogeologico (PAI) sia dall'Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani (IFFI) la cui ubicazione è visibile nelle Tavole T00-GE00-GEO-CG06/7-A.

5.1.1 Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico del Fiume Tronto

In questo paragrafo si riportano le valutazioni espresse dal Piano Stralcio Di Bacino Per l'Assetto Idrogeologico del Fiume Tronto (adottato con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 3 del 07/06/2007).

Nella figura seguente si riporta uno stralcio della "Carta del dissesto e delle aree esondabili" alla scala 1:25.000 (Tavole 09/05 e 09/06, Fogli 132-2 e 132-3) del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico del Fiume Tronto, redatta ad opera dell'Autorità di Bacino Interregionale del Fiume Tronto (Figura 5-1).

Analizzando nel dettaglio il tracciato in studio si riportano nel seguito le frane intercettate censite dal PAI ed il relativo numero d'ordine:

- nel primo settore (pk. 0+800-0+850 circa), in prossimità dell'abitato di Favalanciata, interferisce con la frana 1467 caratterizzata da pericolosità media (H2);
- tra le pk. 2+300 e 2+550 si osserva la presenza del dissesto 1492 indicato dal PAI con indice di pericolosità basso (H1);
- tra le pk. 4+280 e 4+370 ricade un ulteriore dissesto PAI (1474) con indice di pericolosità medio (H2);
- in ultimo, a monte della zona prossima all'imbocco orientale tra le pk. 4+350 e 4+550 circa, è presente un'altra frana PAI (1475) a pericolosità H2 che non intercetta il tracciato ma potrebbe avere influenza sulla zona di imbocco in caso di rimobilizzazione.

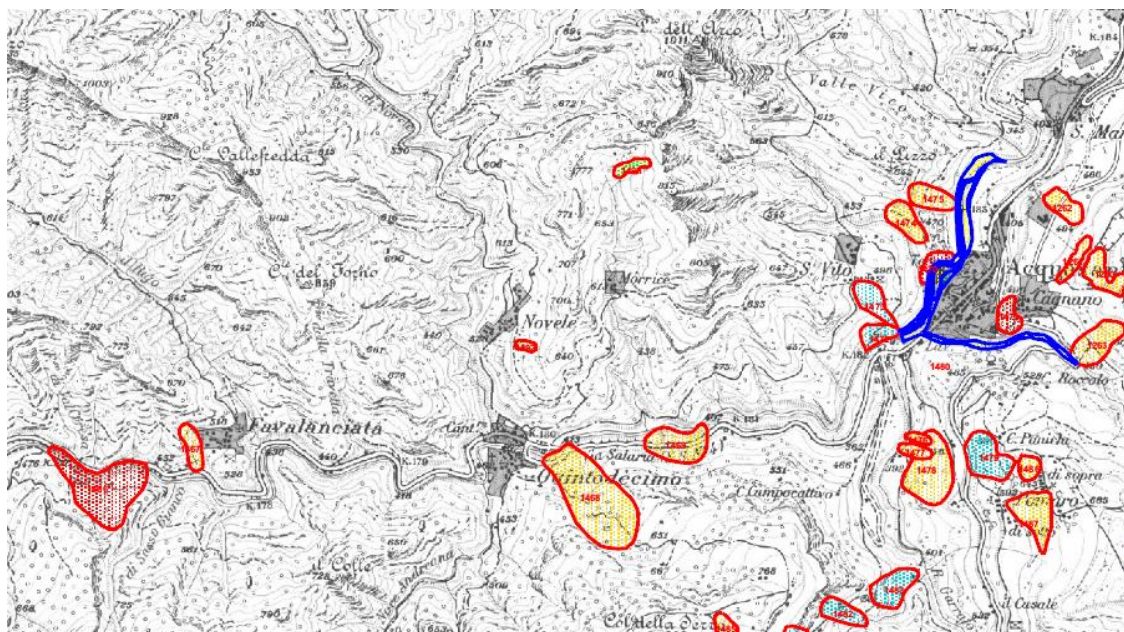


Figura 5-1: Stralcio della "Carta del dissesto e delle aree esondabili" del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico del Fiume Tronto relativamente il settore oggetto di studio tra Favalanziata e Acquasanta Terme (versante sinistro idrografico del Fiume Tronto).

AREE A RISCHIO FRANA

-  AREE A RISCHIO MODERATO - R1
-  AREE A RISCHIO MEDIO - R2
-  AREE A RISCHIO ELEVATO - R3
-  AREE A RISCHIO MOLTO ELEVATO - R4

AREE A RISCHIO ESONDATIONE

-  AREE A RISCHIO MODERATO - E1
-  AREE A RISCHIO MEDIO - E2
-  AREE A RISCHIO ELEVATO - E3
-  AREE A RISCHIO MOLTO ELEVATO - E4

 LIMITI AMMINISTRATIVI COMUNALI

 LIMITE BACINO IDROGRAFICO

Figura 5-2: Legenda della carta di figura precedente

5.1.2 Cartografia progetto IFFI

Il Progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia), realizzato dall'ISPRA e dalle Regioni e Province Autonome, fornisce un quadro dettagliato sulla distribuzione dei fenomeni franosi sul territorio italiano.

I dati sono aggiornati al 2017 per la Regione Umbria; al 2016 per le regioni: Emilia Romagna, Friuli Venezia Giulia, Liguria, Piemonte, Sicilia, Valle d'Aosta e per la Provincia autonoma di Bolzano; al 2015 per la Toscana; al 2014 per la Basilicata e la Lombardia. Per le restanti regioni, tra cui le Marche, i dati sono aggiornati al 2007.

Analizzando nel dettaglio il tracciato in studio si rileva quanto segue:

- tra le pk. 2+140 e 2+280 l'IFFI indica un esteso fenomeno di crollo/ribaltamento che interessa l'intera vallata che si sviluppa ortogonalmente al tracciato che in questo tratto esce allo scoperto (Viadotto Quintodecimo);
- un'altra frana di crollo/ribaltamento si colloca tra le pk. 2+930 e 3+040 circa seguita da un fenomeno che l'IFFI indica come colamento lento che lambisce l'asse di progetto alla pk. 4+270. I dissesti non interferiscono con l'opera in quanto in questo tratto si sviluppa in sotterraneo con coperture elevate;
- poco oltre si sviluppano n. 2 ulteriori dissesti IFFI, indicati come scorrimenti roto-traslativi, che coincidono con le frane PAI 1474 e 1475;
- un'area classificata dall'IFFI come frana di crollo/ribaltamento lambisce l'area di svincolo in corrispondenza del km 4+700-4+900, che corrisponde comunque ad un ammasso detritico;
- infine, in corrispondenza dell'esistente Viadotto Acquasanta-Santa Maria, il tracciato interferisce con un corpo perimetrato dall'IFFI come frane di crollo/ribaltamento.

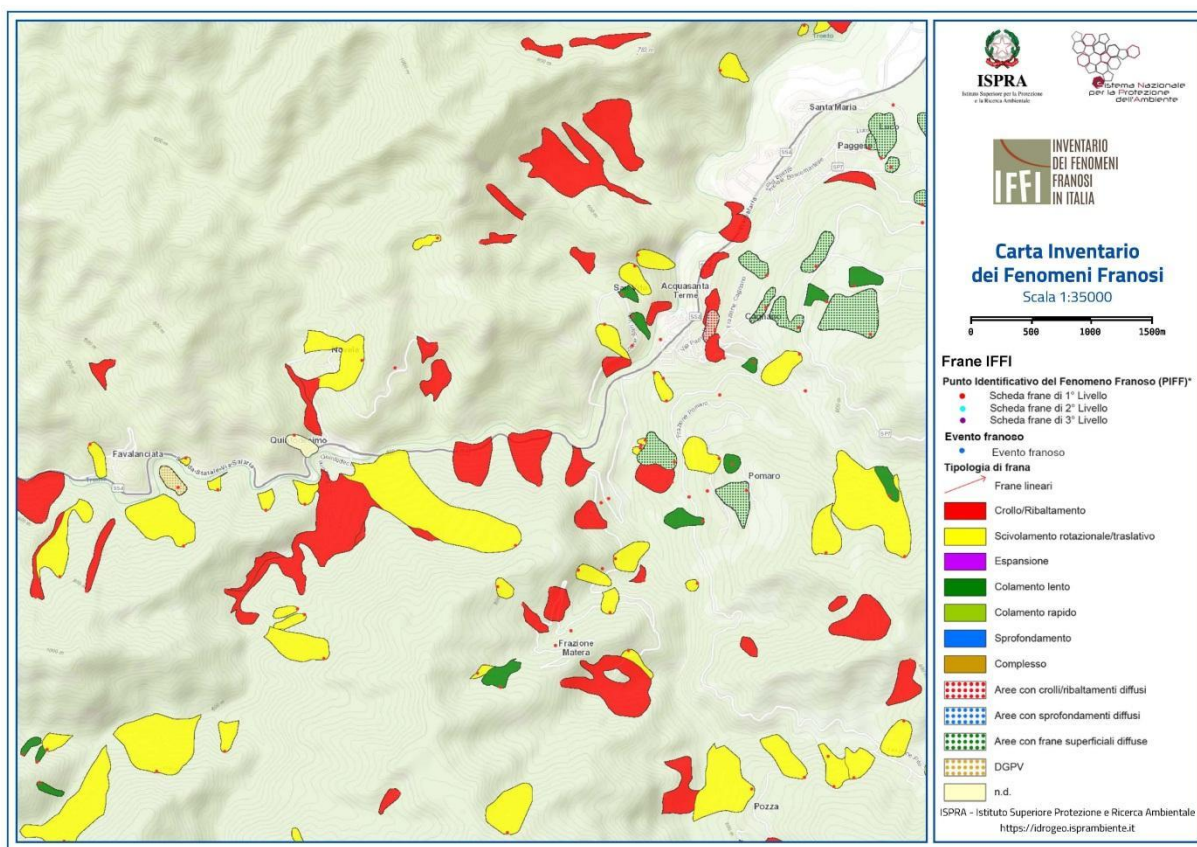


Figura 5-3: Stralcio della "Carta Inventario Fenomeni Franosi" relativamente il settore oggetto di studio tra Favallanciatà e Acquasanta Terme (versante sinistro idrografico del Fiume Tronto).

5.2 FENOMENI FRANOSI E FORME DI DEPOSITO RICADENTI NEL CORRIDOIO DI STUDIO

I dissesti che intercettano il corridoio di studio sono ascrivibili per la grande maggioranza a fenomeni complessi, fenomeni di crollo/ribaltamento (identificabili per lo più come corpi di accumulo) e fenomeni rotazionali/traslativi.

La "struttura" ha anche notevolmente condizionato la tipologia dei fenomeni di versante, condizionando l'innesco delle diverse tipologie di frana in relazione alla litologia sulla quale si sono impostate e alla giacitura degli strati. Inoltre, un ruolo importante nell'innesco di alcuni fenomeni in corrispondenza delle aree di fondovalle è anche da attribuire alla dinamica del F. Tronto, responsabile in alcuni settori dell'erosione al piede del versante e del conseguente innesco di movimenti franosi, soprattutto laddove la giacitura a franapoggio degli strati ha predisposto il pendio a movimenti di massa.

Come anticipato, nello studio eseguito in questa fase progettuale i dati provenienti dal PAI e dall'IFFI sono stati tra loro confrontati e a loro volta sono stati integrati con quanto verificato in sito dagli scriventi. L'insieme delle informazioni ha quindi permesso di elaborare la Carta geomorfologica a scala 1:5.000 (T00-IA05-AMB-CG02) e a scala 1: 2.000 (Elab. T00-GE00-GEO-CG04/CG05), di cui nelle figure che seguono si anticipano alcuni stralci, rimandando direttamente all'elaborato grafico per ulteriori dettagli e approfondimenti.

Analizzando nel dettaglio il tracciato in studio, nel primo settore (pk. 0+800-0+850 circa), in prossimità dell'abitato di Favallanciateda, interferisce con un fenomeno riconducibile a uno scorrimento rotazionale/traslativo (Figura 5-4). In questo tratto, il tracciato precede in galleria (Galleria Favallanciateda) con coperture rispetto alla superficie > 70 m, pertanto il dissesto non interferisce con le opere da realizzare.

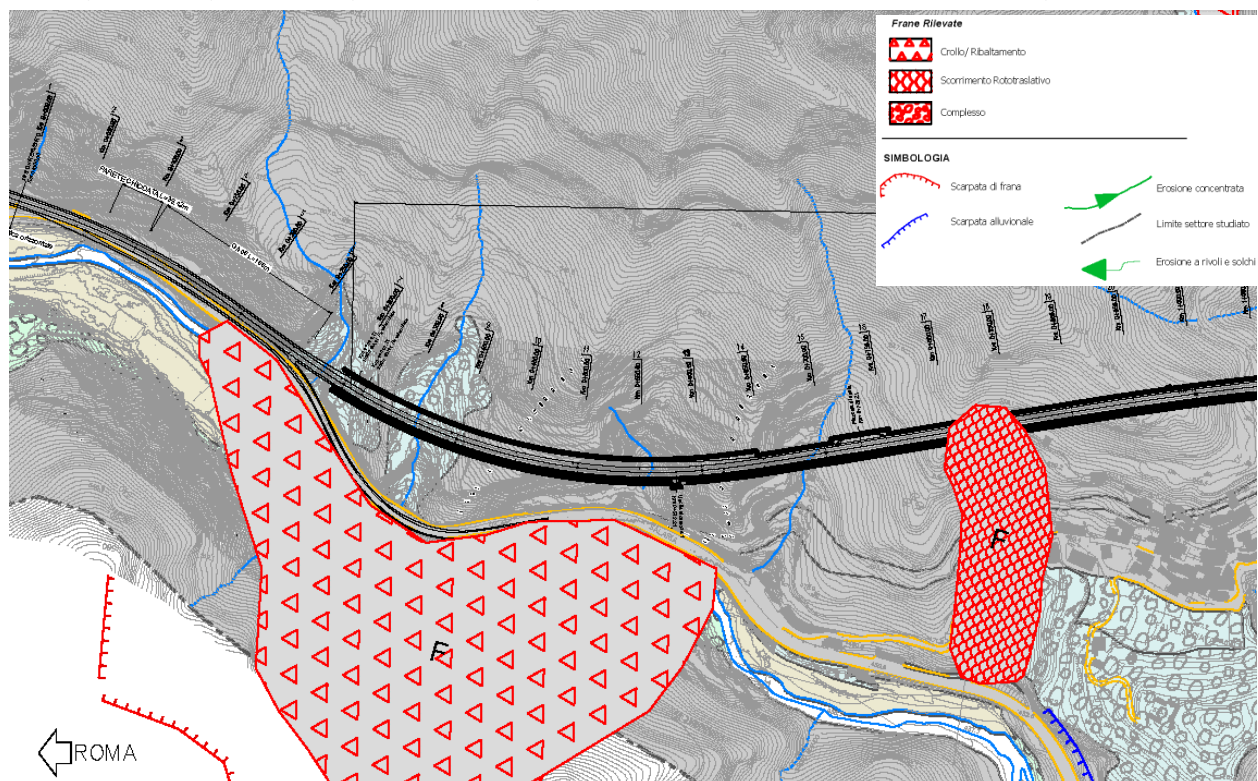


Figura 5-4: Stralcio della Carta geomorfologica a scala 1:2.000 (T00-GE00-GEO-CG04) settore km 0+100 - km 1+000.

Successivamente, tra km 2+000 e km 3+100 (Figura 5-5) il tracciato interseca tra le pk. 2+140 e 2+280 un esteso fenomeno di crollo/ribaltamento che interessa l'intera vallata che si sviluppa ortogonalmente al tracciato che in questo tratto esce allo scoperto (Viadotto Quintodecimo). La frana è caratterizzata dal crollo di blocchi ciclopici (dal mc a dmc) che sono rinvenibili fino alla quota dell'alveo del tributario sinistro del Fiume Tronto (Foto 5-1, Foto 5-2, Foto 5-3). Nei riguardi di questi fenomeni sono stati progettati opportuni interventi di difesa dalla caduta massi (cfr. T00-GE02-GEO-RE01 ed elaborati corrispondenti).

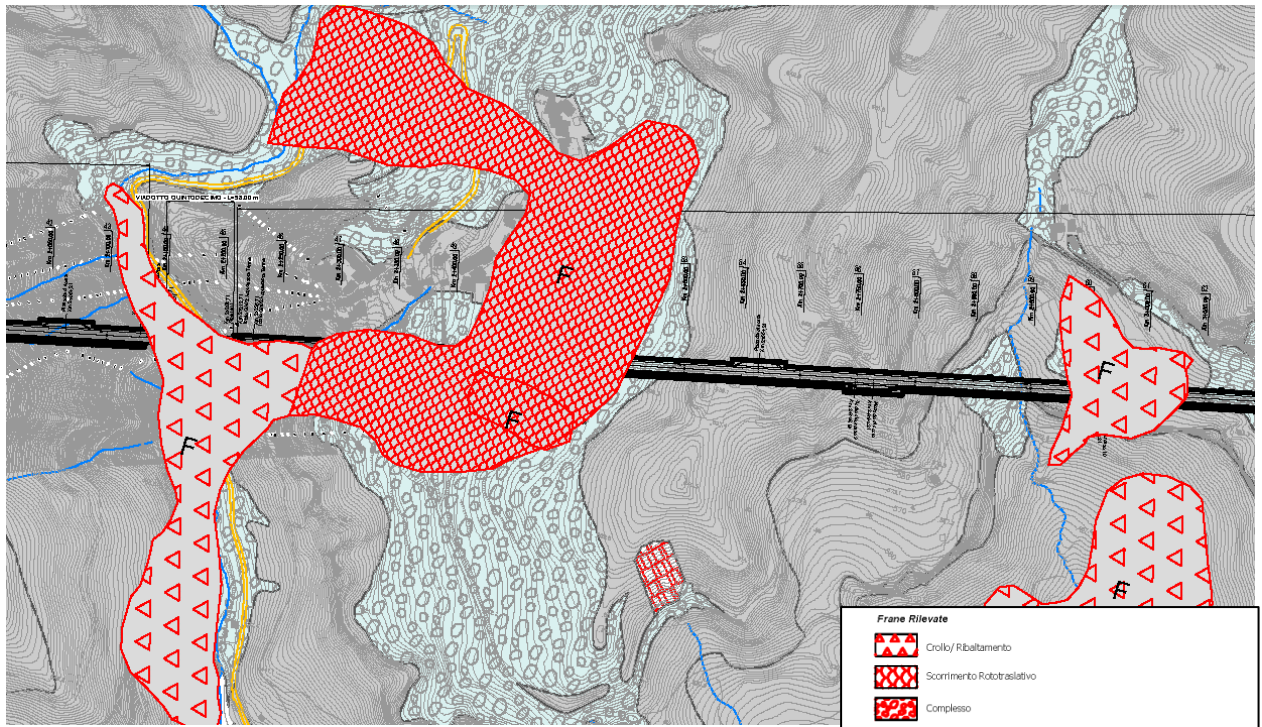


Figura 5-5: Stralcio della Carta geomorfologica a scala 1:2.000 (T00-GE00-GEO-CG04) relativamente il settore tra il km 2+000 e il km 3+200 circa.



Foto 5-1 – Panoramica versante in cui ha sede la spalla sinistra del Viadotto Quintodecimo; si noti l'affioramento delle massive testate di strato del Flysch della Laga da cui si distaccano blocchi ciclopici.



Foto 5-2 – Particolare affioramento delle testate di strato del Flysch da cui si distaccano i blocchi ciclopici.



Foto 5-3 – Masso ciclopico franato fino a quota alveo.

Segue un'altra frana di crollo/ribaltamento, che si colloca tra le pk. 2+930 e 3+040 circa, in un settore in cui la galleria mostra coperture molto elevate e quindi non ne subisce interferenze.

Proseguendo (Figura 5-6) si incontra una frana complessa una tra le pk. 4+280 e 4+370 (Foto 5-4) che interessa un tratto di versante posto ad una quota più alta del tracciato che in questo tratto cammina in galleria con coperture modeste che hanno imposto la realizzazione di interventi di consolidamento che garantiranno l'esecuzione in sicurezza della galleria e, contemporaneamente, un presidio nei confronti dei possibili effetti sul dissesto. Il dissesto ha spessore tale da non arrivare ad interessare l'opera da realizzare; gli interventi di consolidamento sono comunque opportuni sia per permettere la costruzione del fornice in una zona con così bassa copertura, sia per minimizzare eventuali effetti dovuti al detensionamento dello scavo. La Figura 5-7 riporta uno stralcio del profilo geologico del tratto in esame; sullo stesso è stato riportato il profilo della velocità delle onde sismiche ottenuto dallo stendimento n.4. Dai dati di quest'ultimo, si può notare come lo spessore di materiale superficiale "allentato", riconducibile al materiale detritico (formazione B o materiale in dissesto) ha spessore dell'ordine di 5-6 m (vp fino a 1.5 km/s); in superficie si riconosce il deposito di frana fino a velocità delle vp di 0.5-0.75 km/s.

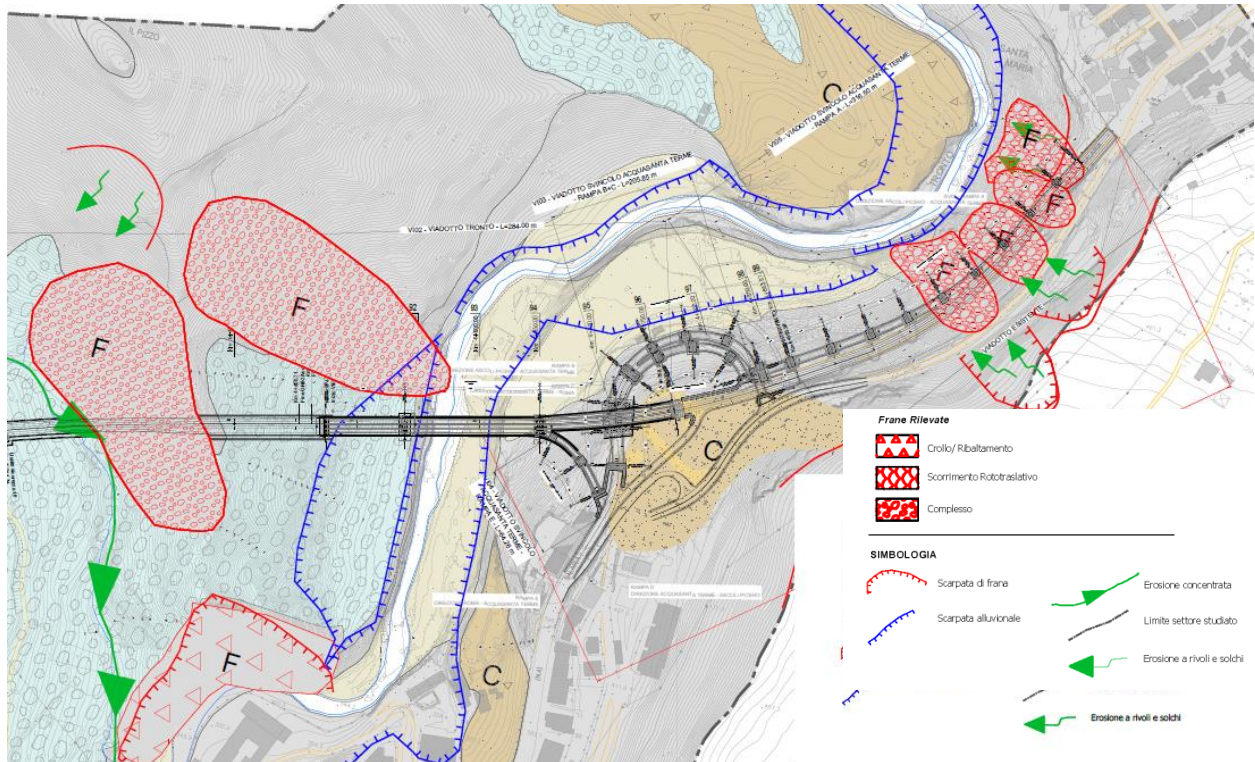


Figura 5-6: Stralcio della la Carta geomorfologica a scala 1:2.000 (T00-GE00-GEO-CG05) relativamente il settore tra il km 4+000 e fine tracciato.

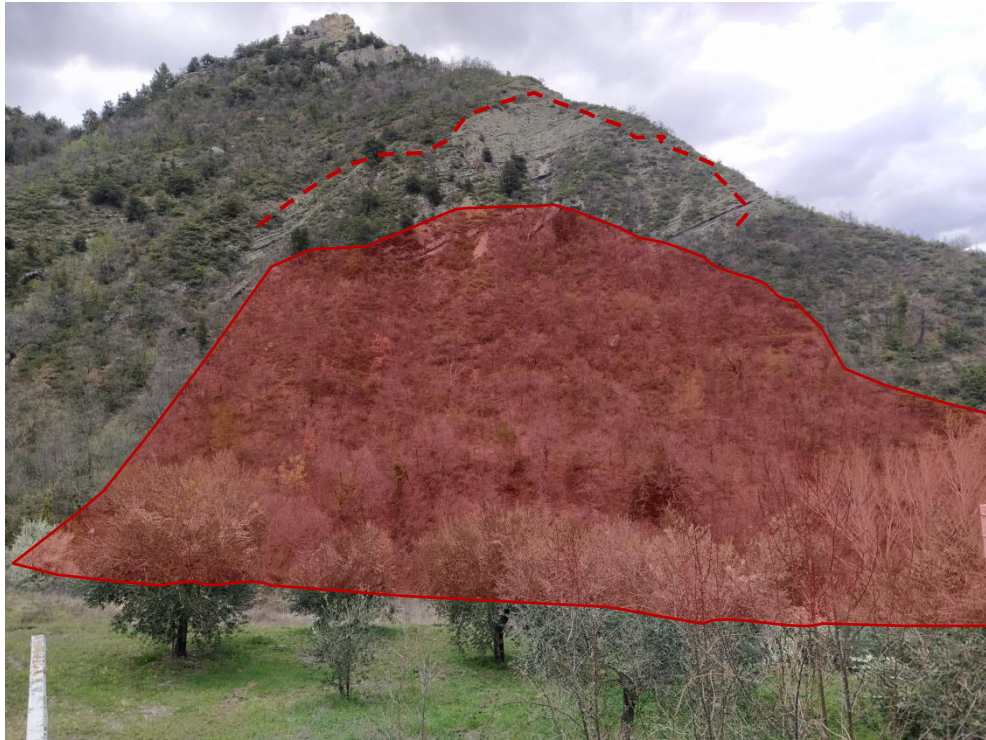


Foto 5-4 – Panoramica frana complessa osservata tra le pk. 4+280 e 4+370; in alto è ben visibile la scarpata di testa.

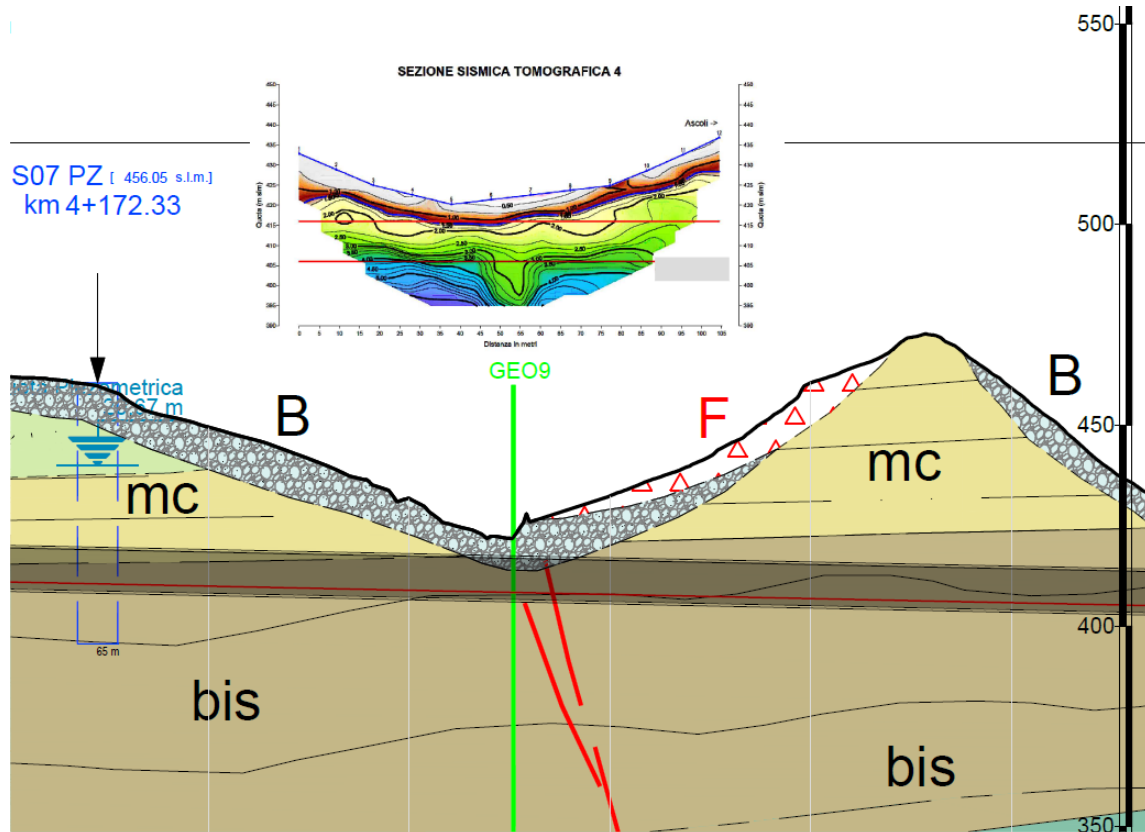


Figura 5-7: Stralcio del profilo geologico nel tratto di interesse con l'andamento della velocità delle onde sismiche rilevate dallo stendimento n.4.

A seguire il tracciato termina il tratto in galleria (pk 4+350 e 4+550) uscendo a giorno in un settore in cui si segnala la presenza , immediatamente a monte , di un dissesto censito dal PAI come frana complessa e di fatto caratterizzato da un versante molto acclive interessato da potenziali distacchi di blocchi (Foto 5-5). Anche per questo dissesto sono state svolte apposite analisi relative alla caduta massi e progettati interventi di difesa in tal senso (cfr. T00-GE02-GEO-RE01).



Foto 5-5 – Panoramica frana complessa osservata tra le pk. 4+350 e 4+550.

Infine, in corrispondenza della zona del Viadotto Acquasanta –Santa Maria (Figura 5-6), il tracciato interferisce con n. 4 dissesti che si sviluppano sul versante attraversato in Viadotto dalla SS4. Si tratta di fenomeni complessi, di modesto spessore, il cui piede è situato a quote superiori rispetto all'alveo attuale in quanto, con tutta probabilità, originatisi a causa dell'azione erosiva di sponda operata dal Fiume Tronto, nel corso della sua evoluzione geologica. Di queste frane, n. 3 hanno coinvolto con il loro movimento la mezzeria lato valle della strada di collegamento situata a monte del Viadotto della SS4 (Foto 5-6, Foto 5-7), come testimoniato da evidenti lesioni e fessurazioni ben visibili sul manto stradale. I dissesti sono stati analizzati con analisi a ritroso per la caratterizzazione del materiale interessato (cfr. Relazione geotecnica di caratterizzazione, T00-GE00-GET-RE01) e gli stessi parametri sono stati impiegati nel dimensionamento delle opere provvisorie propedeutiche alla realizzazione delle fondazioni del viadotto della rampa.



Foto 5-6 – Settore di testata della seconda frana rilevata sulla strada di collegamento Santa Maria- Acquasanta a partire dall'abitato di Santa Maria; si osservi la presenza di un muro in blocchetti realizzato a protezione della strada.



Foto 5-7 – Settore di testata della terza frana osservata sulla strada di collegamento Santa Maria- Acquasanta a partire dall'abitato di Santa Maria; sulla scarpata in basso è visibile il subaffioramento della Scaglia Cinerea.

6 IDROGEOLOGIA

Sulla scorta di quanto in parte già definito e illustrato, è stata elaborata la Carta idrogeologica alla scala 1: 2.000 (T00-GE00-GEO-CI01/02) nella quale sono stati raggruppati i diversi litotipi omogenei dal punto di vista idrogeologico, individuando complessi acquiferi e livelli relativamente impermeabili (aquicludes).

6.1 COMPLESSI IDROGEOLOGICI AFFIORANTI NELL'AREA DI STUDIO INTERESSATA DALLE OPERE IN PROGETTO

Di seguito sono descritti i principali complessi idrogeologici affioranti nell'area oggetto di studio e descritti nella Carta idrogeologica.

Nella figura di seguito si riporta la tabella presente nella Carta idrogeologica con riportati i diversi complessi idrogeologici e le permeabilità stimate per ciascuno di essi.

Complesso idrogeologico		Classe di permeabilità (*)			
Codice	Litologia e codici dei litotipi	$K < 1E^{-8}$	$1E^{-8} < K < 1E^{-6}$	$1E^{-6} < K < 1E^{-4}$	$K > 1E^{-4}$
1	Complesso idrogeologico dei depositi alluvionali attuali e terrazzati recenti ed antichi (all.,II,III,IV, RO)			P	
2	Complesso idrogeologico dei depositi detritici eluvio-colluviali - i depositi detritici (A,B,C)			P	
3	Complesso idrogeologico della sequenza del miocene superiore e pliocene inferiore (formazione della laga : U1, U2)		F/P		
4a 4b	Complesso idrogeologico delle marne a pteropodi, marne con cerroigna, bisciaro e scaglia cinerea (mp, mc, mcc, bis, sc)		F		
5	Complesso idrogeologico dei travertini (Trav)				P/F

(P=porosità; F=fratturazione) (*) Dati stimati da letteratura

Figura 6-1: Tabella delle classi di permeabilità stimate per i diversi complessi idrogeologici presenti nell'area di studio (stralcio estratto dall'elaborato Carta idrogeologica carta idrogeologica-T00-GE00-GEO-CI01/CI02-A).

6.1.1 Complesso idrogeologico dei depositi alluvionali attuali e terrazzati recenti ed antichi – Complesso 1

Tale complesso è essenzialmente caratterizzato da corpi ghiaiosi, ghaioso-sabbiosi, ghaioso-limosi, con intercalate lenti di varia estensione e spessore di natura argilloso-limosa e sabbioso-limosa. Lo spessore è variabile e può raggiungere i 30-35 m. Sono caratterizzati in genere da falde monostrato a superficie libera. L'alimentazione è essenzialmente derivante dalle acque superficiali. La trasmissività varia da 10^{-1} a 10^{-4} m²/s, la permeabilità delle coperture da 10^{-3} m/s in presenza di ghiaie affioranti a 10^{-6} m/s in presenza di limi-argillosi.

L'infiltrazione totale è nettamente superiore al ruscellamento, mentre l'infiltrazione efficace è limitata alle coperture ghiaiose.

6.1.2 Complesso idrogeologico dei depositi detritici eluvio-colluviali – Complesso 2

I depositi detritici presenti soprattutto nei versanti delle dorsali, sono costituiti da clasti derivanti dal disfacimento delle formazioni in posto a granulometria da fine a grossolana in matrice da sabbioso-limosa a limoso-argillosa. In essi sono presenti falde libere di interesse locale a forte escursione annua, alimentate generalmente dalle acque meteoriche. La permeabilità di questo complesso è elevata.

In tale complesso idrogeologico possono anche essere inseriti i depositi di frana i quali, essendo costituiti da sedimenti molto eterogenei (dai grossi blocchi, ai sedimenti più fini), si presume possano essere sede di acquiferi arealmente limitati data la variabilità sia in senso verticale che orizzontale della facies, che pone a contatto depositi caotici e con peculiarità sedimentologiche primarie molto differenti.

6.1.3 Complesso idrogeologico della sequenza del miocene superiore e pliocene inferiore (Formazione della Laga) – Complesso 3

Tale complesso è costituito da corpi caratterizzati da associazioni arenacee, arenaceo-pelitiche e pelitico-arenacee con intercalazioni di marne argillose e argille marnose. La geometria presenta notevoli variazioni di spessore. Essi costituiscono il substrato di fossi e torrenti e a grande scala da "aquiclude" per gli acquiferi carbonatici. La presenza di acqua nei corpi arenacei, dà luogo a numerose sorgenti a regime perenne e stagionale con portate massime superiori anche ai 10 l/s e minime generalmente inferiori a 1 l/s. L'alimentazione è da ricercare negli acquiferi superficiali, con modesti volumi immagazzinati ed una circolazione piuttosto veloce.

L'alimentazione degli acquiferi è principalmente dovuta alle piogge, e secondariamente alle acque superficiali dei fossi e dei torrenti che insistono sui corpi arenacei. Il complesso alimenta il reticolo idrografico, il ruscellamento e l'evapotraspirazione sono superiori all'infiltrazione.

6.1.4 Complesso idrogeologico delle Marne a Pteropodi, Marne con Cerrognia, Bisciario e Scaglia Cinerea – Complesso 4a/4b

Tale complesso è caratterizzato da depositi marnoso-argillosi, marnosi e marnoso-calcarei a permeabilità da bassa a molto bassa. La circolazione idrica sotterranea in tali depositi è legata essenzialmente alla fratturazione, soprattutto dei livelli calcareo-marnosi (4a) intercalati alla sequenza (4b). Le sorgenti alimentate da questo complesso, con portate massime di pochi l/s, sono associate a livelli più calcarei in zone intensamente fratturate. Tale complesso inoltre funge, vista la situazione stratigrafica e strutturale, da "aquiclude" per gli acquiferi carbonatici. Il ruscellamento predomina nettamente sull'infiltrazione.

6.1.5 Complesso idrogeologico dei travertini – Complesso 5

Tale deposito è caratterizzato da depositi di natura ghiaiosa, calcareo-marnosa e marnoso-calcareo, sui quali si è avuta una precipitazione di carbonato di calcio che ha prodotto una cementificazione eterogenea e non uniforme all'interno del deposito.

Danno luogo ad un complesso acquifero dotato di elevata permeabilità primaria vista, la notevole porosità delle concrezioni.

L'alta permeabilità e capacità di immagazzinamento danno luogo a falde stagionali e di modesta entità. L'infiltrazione prevale nettamente sul ruscellamento.

Data l'esigua continuità spaziale, i travertini non si possono considerare area di ricarica tale da dare origine ad importanti manifestazioni sorgive a regime idrologico permanente.

6.2 COMPLESSO TERMAL DI ACQUASANTA

Di seguito si riprende e descrive quanto già riportato nello studio di Progetto Definitivo del 2005 a descrizione del complesso termale di Acquasanta Terme.

Come accennato i calcari Giurassici e Cretacei (acquifero principale) costituiscono la "roccia serbatoio", seppur la composizione chimica delle acque suggerisce le Anidriti di Burano come complesso.

L'analisi del chimismo delle acque evidenzia una prevalente composizione solfato-calcica e clorurata, con presenza di acido solfidrico ed altri ioni poco comuni a testimonianza della lisciviazione di rocce solfatiche. Quest'ultime, individuabili nelle Anidriti di Burano, sono poste a circa 2000m alla base della sequenza Umbro-Marchigiana; qui le acque si mineralizzano e si riscaldano a causa della circolazione profonda, per poi risalire per termoconvezione ed artesianesimo lungo le lineazioni tettoniche di impostazione del talweg del Fiume Tronto.

Prospezioni geofisiche compiute dall'AGIP rilevano una forte elisione tettonica (osservabile anche dagli affioramenti presenti) ed un'evidente sovrapposizione dei termini della successione Umbro- Marchigiana. Ciò comporta l'eliminazione delle litologie marnose che costituiscono gli acquicludes minori (ad esempio le Marne a Fucoidi), ponendo in contatto idrogeologico il complesso acquifero dei calcari giurassici (Calcarea Massiccio, Corniola etc.) con quelli Cretacei della Maiolica, Scaglia bianca e Rossa, entrambi appartenenti all'acquifero principale. Ciò consente la creazione di un unico vasto serbatoio in condizioni artesiane, poiché sovrastato dall'aquiclude intermedio delle marne oligomioceniche (Marne a Pteropodi, Marne con Cerroghna, Bisciario e più in basso la Scaglia Cinerea e variegata).

In particolare l'analisi idrometrica delle sorgenti, rende chiaro come i valori delle portate misurate non siano congruenti con quelli dell'infiltrazione efficace realizzabile nell'intorno dell'area oggetto di studio (circostanza confermata sperimentalmente dai bassi valori di permeabilità ottenuti nelle citate prove Lugeon). Si presume, pertanto, che l'area di ricarica delle falde possa individuarsi nelle sequenze carbonatiche dei M.ti Sibillini (M.Vettore, Piani di Castelluccio). Qui la diffusione dei fenomeni carsici determina elevati valori di infiltrazione efficace delle acque ($l_e > 500$ mm), che alimentano l'acquifero principale rappresentato dai calcari cretacei (Maiolica, Scaglia Bianca e Rossa) in contatto idrogeologico con quelli giurassici (Calcarea Massiccio, Corniola).

È importante ripetere che la forte elisione tettonica subita dai termini marnosi oligo-miocenici dell'aquiclude intermedio (Marne a Pteropodi, Marne con Cerroghna, Bisciario e più in basso la Scaglia Cinerea e variegata), ha comportato una notevole riduzione negli spessori del Bisciario e dalla Scaglia Cinerea. La profonda incisione operata dal Fiume Tronto ha fatto in modo che il Bisciario affiori in alveo; ne consegue la possibilità che l'acquifero principale possa trovarsi a profondità piuttosto ridotte al di sotto dell'alveo fluviale. La presenza di faglie che attraversano sia l'aquiclude intermedio che l'acquifero principale, rende possibile la risalita di acque calde per artesianesimo e termoconvezione. La dimostrazione che tale fenomeno avviene oramai da decine di migliaia di anni è da ricercarsi nella deposizione degli ingenti quantitativi di travertino osservabili in destra idrografica.

6.3 MONITORAGGIO PIEZOMETRICO

Nei piezometri messi in opera in alcuni fori dei sondaggi eseguiti nella campagna 2022 è stato eseguito un monitoraggio dei livelli piezometrici di cui si riportano nella tabella che segue i risultati

In tabella 6.2 sono riassunte le letture piezometriche eseguite:

Sondaggio	Quota boccaforo s.l.m.	Tipo piezometro	Lunghezza piezometro	Letture 15/06/22 m da p.c.	Letture 27/07/22 m da p.c.	Letture 27/87/22 m da p.c.
S00 PZ	456.72	Tubo aperto	30	8.98	8.96	8.87
S01 PZ	513.99	Tubo aperto	85	-	53.55	54,80
S02PZ	431.07	Tubo aperto	35	3.93	3.92	4,07
S03PZ	523.22	Casagrande	100	38.01	29.96	38,40
S05PZ	596.05	Casagrande	174	78.2	62.85	62,87
S07PZ	456.78	Tubo aperto	65	20.63	20.56	20.67
S09PZ	395.35	Tubo aperto	30	18.05	17.96	18,10
S11PZ	391.22	Tubo aperto	30	12.42	12.38	12.80
S12PZ	345.89	Casagrande	29	1.13	1.13	1.15

7 INDAGINI GEOGNOSTICHE – GEOFISICHE – GEOTECNICHE

Per quanto riguarda le indagini geognostiche esistenti nell'area di studio, queste fanno principalmente riferimento a quanto eseguito nelle precedenti fasi progettuali di Progetto Preliminare e di Progetto Definitivo relativamente ai precedenti tracciati di studio e ad una campagna di indagini geognostiche attualmente in corso e non ancora ultimata.

7.1 INDAGINI PREGRESSE

Nel corridoio di progetto, sono state realizzate delle indagini geognostiche nell'ambito degli studi a base del Progetto Preliminare del 2004 e del Progetto Definitivo del 2005. In tali campagne sono stati eseguiti:

- n. 1 sondaggio a carotaggio continuo terebrato fino alla profondità di 80 m. Nel sondaggio è stato eseguito un log multiparametrico per indagare i parametri fisico-chimici dell'acqua intercettata, e confrontarli con i valori tipici della sorgente di acqua sulfurea alimentante le locali Terme; 3 prove di permeabilità in foro (n1 prova Lefranc e n. 2 prove Lugeon). Inoltre sono stati recuperati alcuni campioni di roccia sottoposti a prove di laboratorio.
- n. 5 tomografie sismiche a rifrazione.

Risultanze sondaggio S1

Si seguito si riporta una breve sintesi della stratigrafia del sondaggio S1, eseguito ei pressi dell'abitato di San Vito, e per i cui dettagli si rimanda anche all'elaborato T00-GE00-GEO-RE04 (Documentazione indagini pregresse).

La stratigrafia può essere così riassunta dall'alto verso il basso:

- Da -0.00m a -28.64m Terreni granulari derivanti dall'alterazione delle litologie in posto (depositi eluvio-colluviali).
- Da -28.64m a -50.00m f.f. Alternanza di strati sottili di calcari, calcari marnosi e marne argillose grigie, cui s'intercalano strati di calcareniti (Marne con Cerrogna).
- Da -50.00m a -80.00m f.f. Marne argillose grigie calcari e calcari-marnosi di colore marroncino cui s'intercalano marne calcaree e marne argillose di colore grigio (Bisciario).

I dati ottenuti dal log effettuato in foro di sondaggio S1 del 2003 sono stati confrontati con quelli della risorgiva termale di Acquasanta Terme, e con le letture strumentali eseguite il giorno precedente alla effettuazione del log stesso, all'interno dell'S1. Si riportano qui di seguito i dati e le conclusioni estratte dalla relazione redatta dallo Studio Forlani di Morciano di Romagna allegata all'elaborato T00-GE00-GEO-RE02-A (Documentazione indagini pregresse) a cui si rimanda.

Da ciò si può riassumere, come valori medi:

RISORGIVA TERMALE (quota circa 340.8 m.s.l.m.)

- pH: 6.9
- T: 29.7 °C
- Cond./20°: 4880 µS/cm
- Eh: -1250 mV
- O2: 21.5 mg/l

LETTURE S1 PRIMA DELLA PROVA LUGEON (liv. dinamico falda acquifera, a quota assoluta di 413 m.s.l.m.)

- pH: 7.7
- T: 14.7 °C
- Cond./20°: 980 μS/cm
- Eh: -160 mV
- O2: 1.8 mg/l

LETTURE S1 DOPO PROVA LUGEON, A FONDO FORO (liv. statico falda acquifera a quota assoluta di 444.6 m.s.l.m.)

- pH: 9.1
- T: 15.4 °C
- Cond./20°: 985 μS/cm
- Eh: -73 mV
- O2: 0.8 mg/l

Il log eseguito mostra un primo andamento variabile nei valori, con l'ossigeno che si attesta sui valori naturali (ca. 10 mg/l).

La temperatura aumenta secondo il normale gradiente geotermico di 1°C ogni 33 m. ca, risente però di una variazione leggera ma ben distinguibile, a circa -59.00 m. di profondità. Stesso punto viene evidenziato sulla conducibilità, che varia inizialmente, assestandosi poi ai valori tipici, così come l'ossigeno disciolto ed il potenziale redox.

Non si deve dimenticare che le misure sono state effettuate in una condizione dinamica in atto, sia dal punto di vista fisico (gradiente d'acqua) che chimico (immissione di acque dolci a contatto con acqua più calda e a chimismo differente).

Tale condizione dinamica è evidenziata da O2 che aumenta da -50.20 m. a -53.70 area non interessata dalla falda acquifera, il cui livello dinamico è posto a -53.72 m. p.c. al momento dell'esecuzione del log, ma permeata da acqua il giorno precedente.

I valori tipici dell'acqua di falda entro il foro di sondaggio si riscontrano alla profondità di circa - 59/-60 m. p.c., profondità alla quale si ha presenza di acqua in condizioni spiccatamente riducenti, probabilmente anche dovute alla limitata permeabilità dei litotipi.

I dati raccolti andranno verificati con le risultanze delle analisi chimiche, relative ai campioni di acqua prelevati entro il foro di sondaggio S1. I parametri fisici rilevati al sondaggio S1 mostrano valori discordanti con la sorgente termale, posta a quota di circa 70 m. inferiore rispetto alla superficie piezometrica statica della falda presente entro il foro di sondaggio (livello statico a -21.90m dal p.c.).

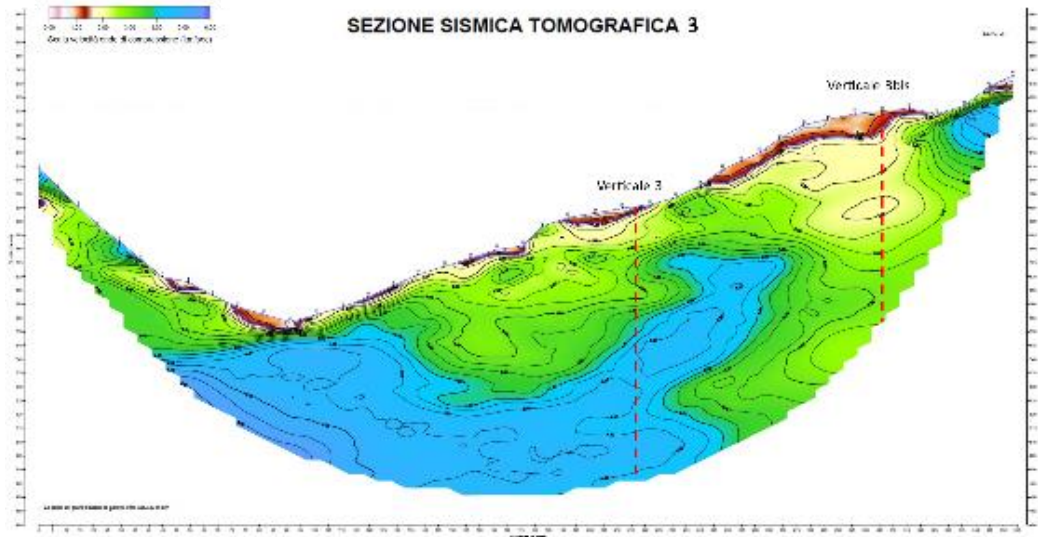
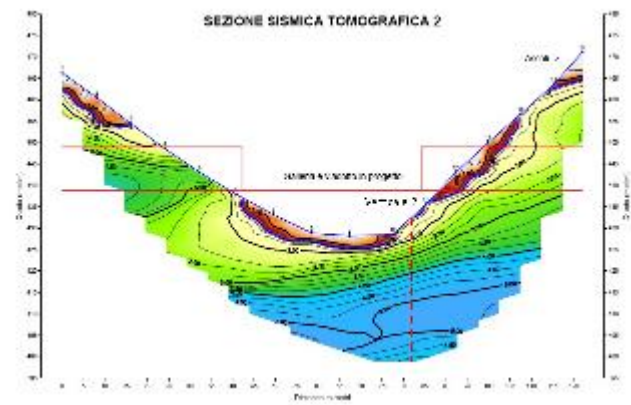
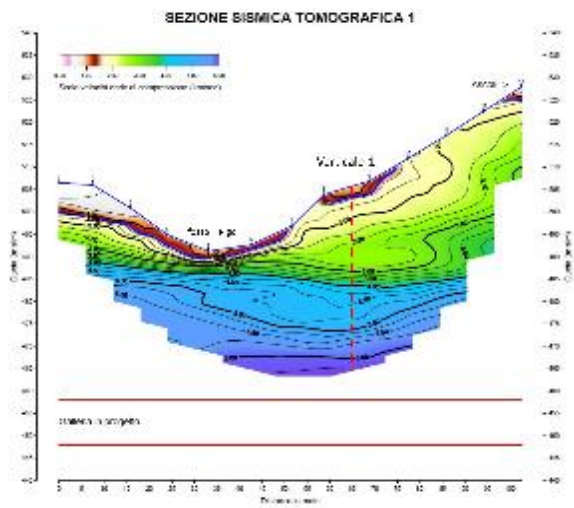
A parte le medesime condizioni riducenti dell'ambiente, si hanno mineralizzazioni differenti e condizioni acido/base opposte.

Tomografie sismiche a rifrazione

A supporto del Progetto Definitivo del 2005 sono state eseguite n. 5 tomografie sismiche a rifrazione realizzate in aree morfologicamente depresse in prossimità di impluvi secondari affluenti del corso principale del Fiume Tronto (Sezioni 1-4) od in prossimità dello stesso (Sezioni 5), tutte disposte longitudinalmente al precedente tracciato di variante stradale a base del Progetto Definitivo del 2005 ed in corrispondenza dell'asse o nelle immediate vicinanze di questo, e definire le caratteristiche elastiche dei terreni in esame.

Le tomografie eseguite, sebbene non sempre esattamente in asse con l'attuale corridoio di progetto sono state in parte utilizzate per elaborare il modello geologico di riferimento.

Di seguito si riportano le sezioni tomografiche eseguite e consultate, per i dettagli si rimanda anche agli specifici elaborati progettuali T00-GE00-GEO-RE04/06 (Documentazione indagini pregresse) e T00-GE00-GEO-PU01-03-D (Planimetria ubicazione indagini).



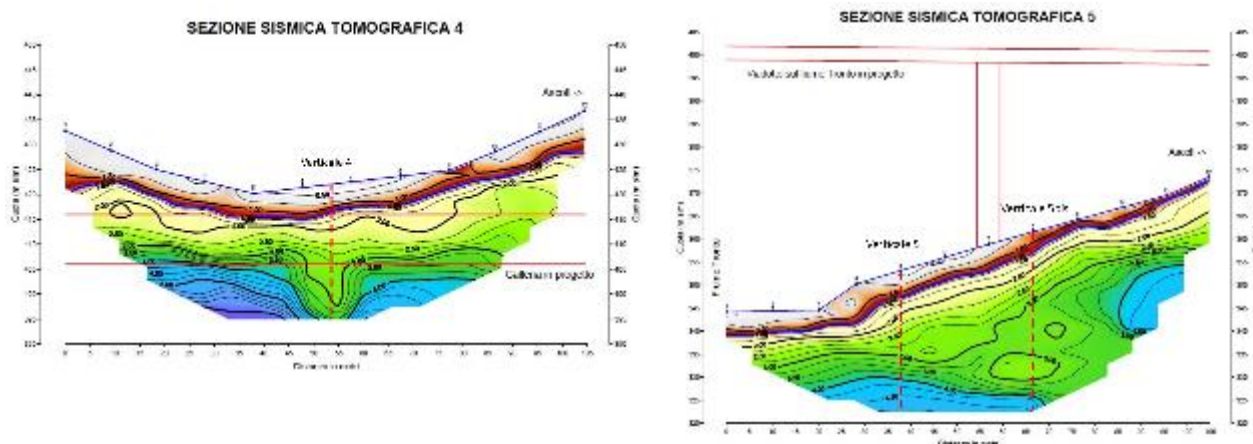


Figura 7-1: Sezioni sismiche tomografiche.

7.2 INDAGINI PER IL PROGETTO DEFINITIVO – CAMPAGNA 2022

Nell'ambito degli studi geologici eseguiti a corredo del presente progetto esecutivo è stato predisposto un piano indagini integrativo costituito da:

- N. 15 sondaggi geognostici a carotaggio continuo e solo a tratti a distruzione di nucleo
- N. 6 installazioni di piezometro a tubo aperto e n. 3 installazioni di piezometri a cella di casagrande
- N. 22 prove dilatometriche in roccia eseguite in foro di sondaggio
- N. 2 prove pressiometriche in terre eseguite in foro di sondaggio
- N. 12 prove Lugeon in foro di sondaggio
- N. 3 prospezioni masw
- N. 5 prove sismiche in foro tipo Down Hole
- N. 5 pozzetti geognostici
- N. 102 prelievi di campioni di roccia e n. 37 campioni di terre
- Prove di laboratorio geotecnico su 70 campioni litoidi e 18 campioni di terre
- N. 1 Stendimento di Tomografia sismica a rifrazione

Nelle tabelle che seguono sono descritti in dettaglio i sondaggi e le prove eseguite, le profondità raggiunte, le prove in foro svolte, i campionamenti eseguiti e il condizionamento (DH-Piezometro) del foro.

Opera	Sondaggio	Profondità	Prove SPT	Campioni	Down Hole	Piezometri
Galleria Favallanciatà	S00-pZ	30	4	2Rim+2Lit	--	Tubo aperto
	S01 (orizzontale)	60		9Lit	--	
	S01 -PZ	85		3Lit	--	Tubo aperto
Viadotto Quintodecimo	S02-PZ	35	4	2Rim+2Lit	--	Tubo aperto
Galleria Acquasanta	S03-PZ	100 (0-60 distruzione)	2	2Rim+6Lit	--	Casagrande
	S04- DH	155 (0- 90 distruzione)		10 lit	Down hole	
	S05-PZ	175 (0-135 distruzione)	2	10Lit		Tubo aperto
	S06-DH	85 (0-40 distruzione)		10 Lit	Down hole	
	S07-PZ	65	2	2Rim+10Lit		Tubo aperto
Viadotto Acquasanta	S08-DH	35	2	3Rim+2Ind+6Lit	Down hole	
Svincolo Acquasanta	S09-PZ	30	4	1Rim+8Lit		Tubo aperto
	S010-DH	30	4	4Rim+2Ind+6Lit	Down hole	
	S011-PZ	30	4	4Rim+2Ind+6Lit		Tubo aperto
Viadotto Tronto	S012-PZ	30	4	4Rim-3Lit		Casagrande
Svincolo Acquasanta	S013DH	35	4	4Rim+2Ind+4Lit	Down hole	

A supporto del Progetto Esecutivo è stata eseguita una tomografia sismica a rifrazione integrativa realizzata parallelamente all'asse del tracciato fra le progressive 3+950 e 4+650 al fine di definire le caratteristiche elastiche dei terreni in esame. L'indagine ha consentito di dare maggiore risoluzione al modello geologico di riferimento definendo con maggiore dettaglio le componenti stratigrafiche e tettoniche.

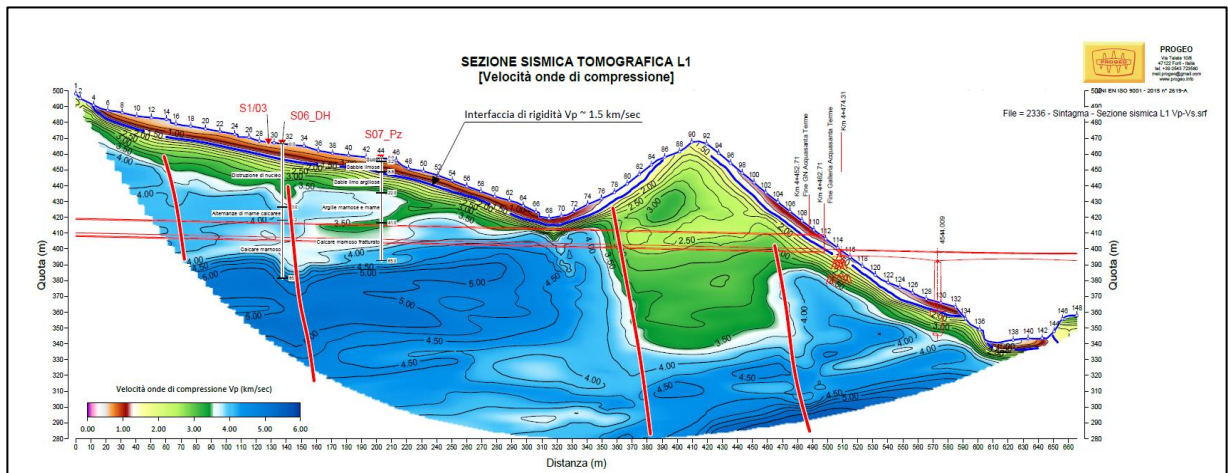


Figura 7-2: Sezione sismica tomografica.

8 SISMICITA' DELL'AREA

8.1 SISMICITA STORICA DELL'AREA DI STUDIO

La sismicità dell'area di progetto è di livello molto alto sia in termini di intensità che di frequenza dei terremoti. Il tracciato di progetto ricade interamente nel territorio del comune di Acquasanta terme.

Nella tabella che segue sono stati riportati gli effetti risentiti nel territorio del comune di Acquasanta terme così come estratti dal DBMI15, il Database delle Osservazioni Macrosismiche dei Terremoti Italiani utilizzate per la compilazione del Catalogo Parametrico CPTI15, integrati con i due importanti mainshock più recenti (Galli P., Castenetto S. & Peronace E. (2017). The macroseismic intensity distribution of the 30 October 2016 earthquake in central Italy (Mw 6.6): Seismotectonic implications. Tectonics, 36).

La Tabella evidenzia i risentimenti MCS valutati nella località di Acquasanta Terme, dalla quale si evince che la massima intensità storica è riferibile agli eventi della Valnerina del 2016 e dell'ascolano del 1943 in occasione dei quali è stata stimata una intensità pari al VII grado MCS che, come noto, ha comportato gravi danni di tipo strutturale agli edifici

Ulteriore eventi importanti sono stati quelli del Gran Sasso del 1950, dei Monti della Laga del 1953 e delle Marche meridionali del 1972 con intensità risentite fra il VI e il VIII grado MCS.

In Figura 10.2 è riportato il grafico che evidenzia la distribuzione delle Intensità risentite al sito (Is) dei terremoti verificatesi nel comune di Acquasanta Terme dal 1000 al 2002.

La sismicità storica dell'Appennino Umbro Marchigiano in generale, con particolare riferimento alla zona di Acquasanta Terme (Ascoli Piceno), presenta delle caratteristiche ben note, sulla base dei dati registrati sul Catalogo dei Terremoti, a partire dall'inizio secolo scorso in base alle ricerche sulla zonazione sismogenetica, dagli studi delle relazioni di attenuazione del moto del suolo (microzonazione sismica) e dalle valutazioni di a_{max} (accelerazione massima attesa), con determinati tempi di ritorno. Di seguito viene anche descritta la sismicità storica delle aree circostanti.

La zonazione sismogenetica del territorio nazionale (Zonazione Sismogenetica ZS9 – INGV, 2004), assegna al comune di Acquasanta Terme le zone **918** e **923**. In particolare nella zona 918 (Medio Marchigiana/Abruzzese), sono previste magnitudo (MW - Magnitudo momento sismico) massime attese pari a 6.37 e nella zona 923 (Appennino Abruzzese) magnitudo (MW - Magnitudo momento sismico), pari a 7.06.

La distribuzione dei sismi è conseguente alla disposizione delle zone sismogenetiche ed alle loro caratteristiche geologico-strutturali. Dal Database Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15) dell'INGV-Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>), è consultabile la storia sismica del comune di Acquasanta Terme, nella quale sono riassunti 49 eventi a partire dall'anno 1889. Nell'immagine sottostante sono stati graficati gli eventi sismici a partire dalla fine dell'XIX secolo (Figura 8-2), che ne evidenziano, in ogni caso, una sismicità di notevole importanza.

Effects		Reported earthquakes								
Int.	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral area	NMDF	Io	Mw
4-5	1889	11	28	19	10		Monti Sibillini	10	4-5	4.19
3	1888	08	25	16	37	4	Valnesina	87	7	3.03
3	1908	01	29	18	25		Valle del Tevere	50	3	4.28
6	1916	07	04	05	26		Monti Sibillini	18	6-7	4.92
4	1927	08	16	00	33		Valnesina	17	6	4.37
3	1928	11	09	01	33		Monti Sibillini	17	5	4.21
6	1943	01	16				Monti Sibillini	22	6-7	3.04
3	1943	01	29				Monti Sibillini	50	6-7	4.94
7	1943	10	03	08	28	2	Ascolano	170	8	3.67
6-7	1950	09	05	04	08		Gran Sasso	386	8	3.89
6	1963	07	21	11	09		Monti della Laga	11	7	4.71
3	1968	09	28	23	40	3	Tuscanano	97	3	4.35
3	1971	04	02	01	43	3	Valnesina	68	6	4.50
6-7	1972	11	26	16	23		Marche meridionali	73	8	3.48
4-5	1978	09	19	21	35	3	Valnesina	694	8-9	3.93
4	1980	02	28	21	04	4	Valnesina	148	5	4.97
3	1984	05	07	17	30		Monti della Meta	311	8	3.86
MF	1984	05	11	10	41	4	Monti della Meta	342	7	3.47
3-4	1985	05	01	16	37	3	Ascolano	51	3	4.09
4	1986	10	13	05	10	0	Monti Sibillini	322	5-6	4.46
3	1987	07	03	10	21	3	Costa Marchigiana	359	7	3.06
4	1987	09	04	16	42	4	Costa Marchigiana	75	6	4.66
3-4	1988	11	19	03	40	3	Valnesina	38	3	4.13
3-4	1988	12	22	06	48	1	Valle Umbra	114	3	4.44
4-5	1991	11	13	21	45	3	Ascolano	19	5-6	3.34
4	1992	10	24	18	44	4	Monti della Laga	32	3	4.08
MF	1993	06	05	19	16	1	Valle del Topino	326	5	4.72
2-3	1994	06	02	15	41	3	Aquilano	60	4-5	3.89
2-3	1994	06	02	17	38	1	Aquilano	106	3	4.21
4	1995	12	30	15	22	0	Fermano	106	3	4.19
4-5	1996	01	01	12	21	4	Maceratese	91	5-6	4.20
3	1996	10	20	19	06	5	Appennino laziale-abruzzese	100	3	4.36
3-4	1997	09	03	22	27	3	Appennino umbro-marchigiano	62	6	4.54
3-8	1997	09	26	00	33	1	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	3.66
3-8	1997	09	28	09	40	2	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	3.97
4-5	1997	10	03	08	35	3	Appennino umbro-marchigiano	490		3.22
3	1997	10	06	23	24	3	Appennino umbro-marchigiano	437		3.47
3	1997	10	14	13	23	1	Valnesina	786		3.62
4-5	1997	11	09	19	07	3	Valnesina	180		4.87
3	1998	03	21	16	45	0	Appennino umbro-marchigiano	141		3.00
4-5	1998	04	05	15	52	2	Appennino umbro-marchigiano	398		4.78
3	1998	08	15	05	18	0	Reatino	233	5-6	4.42
4	1999	10	10	15	35	5	Alto Reatino	79	4-5	4.21
4	1999	11	29	03	20	3	Monti della Laga	62	5-6	4.15
4-5	2000	10	24	07	32	3	Monti Sibillini	85	3	4.11
4	2004	12	09	02	44	2	Tuscanano	213	3	4.09
3	2005	04	12	00	31	3	Maceratese	131	4	3.74
2-3	2008	12	18	13	28	3	Val Nesina	380	3	4.14
3	2008	04	10	19	03	3	Maceratese	211	3	4.06
3-6	2016	08	24	01	26	3	Monti della Laga	221	10	6.18
7	2016	10	30	06	40	1	Valnesina	379		6.61
3	2017	01	18	10	14	0	Aquilano	280		3.70

Figura 8-1 - Catalogo sismico di sito dell'area di Acquasanta Terme. Dati modificati a partire da Gruppo di Lavoro CPTI, 2015. (I_0 =intensità epicentrale; Mw= magnitudo; I_s = intensità risentita al sito). (DBM15)

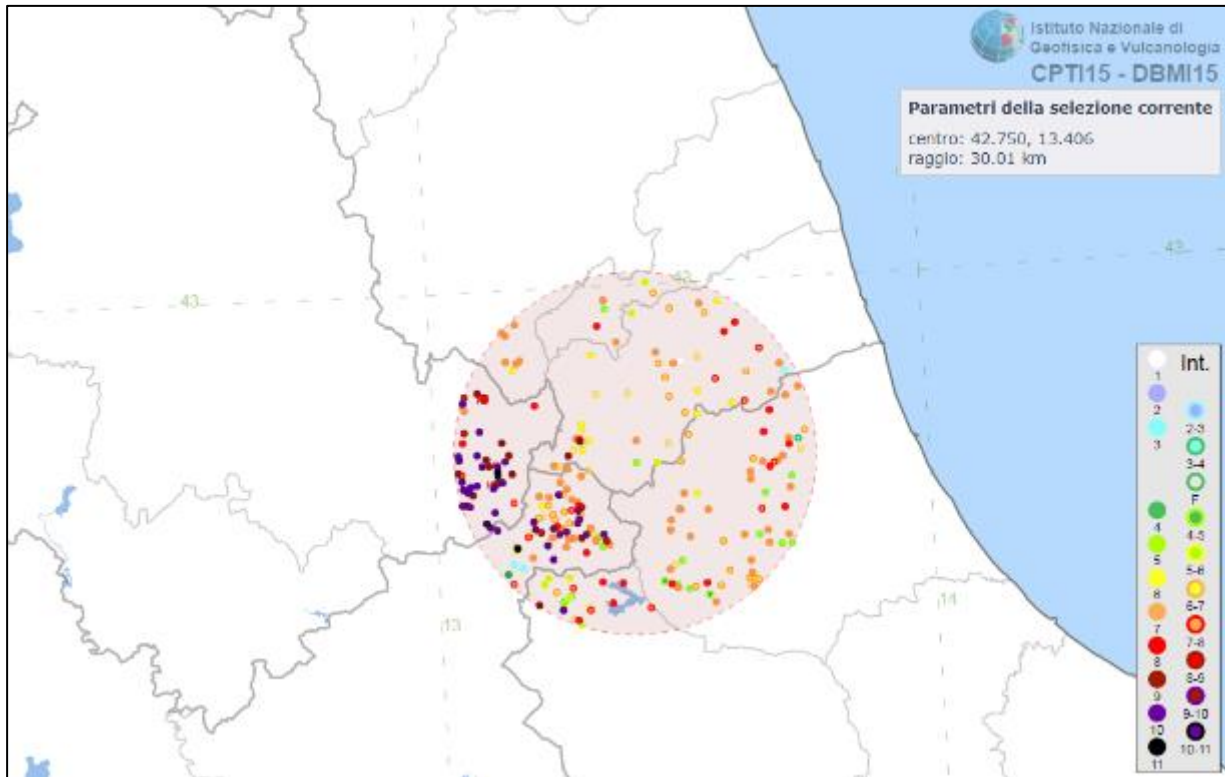


Figura 8-2 -: Mappa con eventi registrati (nella legenda viene evidenziato l'intervallo della magnitudo) – DBMI15 ING.V. Il centro del cerchio è la posizione dell'abitato di Acquasanta Terme.

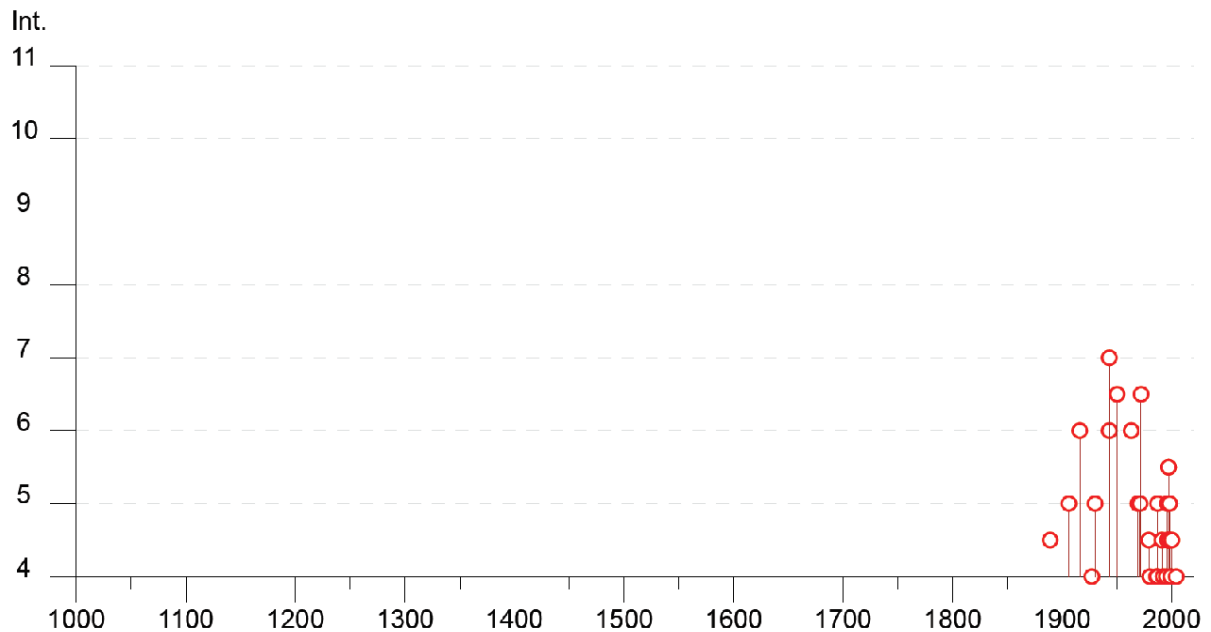


Figura 8-3 - Storia sismica di Acquasanta Terme– DBMI15 – INGV.

8.2 SORGENTI SISMOGENETICHE – FAGLIE “CAPACI”

Per quanto riguarda le faglie attive in generale, cioè quelle strutture che possono generare eventi sismici di significativa entità, il riferimento ufficiale è il DISS (*Database of Individual Seismogenetic Sources*) che è una banca dati continuamente aggiornata, a cura dell'INGV (*Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia*). Le faglie si possono raggruppare in diversi sistemi o “fasce”, che hanno prevalente direzione NNW-SSE, cioè “d. appenninica”, con sviluppo fino a 30-40 km di lunghezza.

Il DISS, consultabile online, fornisce una rappresentazione cartografica della presenza di faglie considerate attive allo stato attuale nell'area d'interesse; inoltre può essere interrogato per dare informazioni sulle varie sorgenti sismogenetiche.

Nella rappresentazione, le sorgenti sismogenetiche sono distinte in:

IS (individual source): sorgente sismogenetica individuale; in pratica, una singola faglia con un set di parametri ben definiti (direzione, immersione, inclinazione, lunghezza, velocità di deformazione, deformazione attesa per singolo evento e magnitudo attesa).

CS (composite source): sorgente sismogenetica composta; struttura ipotizzata in base a dati geologici, costituita da diverse linee di faglia o comunque una fascia all'interno della quale possono generarsi sismi che, pur non essendo originati dalla medesima faglia, sono collegati ed interdipendenti; in genere, una CS include diverse IS catalogate.

DS (debated source): sorgente sismogenetica dibattuta, ovvero faglie attive che sono state proposte in letteratura come potenziali sorgenti sismogenetiche, ma che non sono considerate ancora abbastanza “sicure” (ad esempio: faglie con scarsa evidenza in superficie documentata; faglie basate su evidenze geologiche ambigue; faglie su cui ci sono interpretazioni contrastanti; faglie presenti in aree scarsamente sismiche; faglie dai caratteri contrastanti con quelli delle faglie circostanti).

Nella rappresentazione cartografica, le strutture sismogenetiche sono delle campiture associate a dei rettangoli; si tratta, grosso modo, della rappresentazione planimetrica di piani, o gruppi di piani, di faglia la cui orientazione ed immersione sono simboleggiate dai rettangoli gialli.

La figura sottostante (Figura 8-4), tratta dal database DISS, rappresenta le strutture sismogenetiche più vicine all'area oggetto di studio (raffigurata dall'ellisse a contorno rosso); ed inoltre vengono identificate queste ultime nella tabella sottostante. Si può dedurre facilmente che l'area è situata in una zona con possibili sollecitazioni sismiche provenienti da diverse sorgenti poste nelle vicinanze, con magnitudo all'origine di almeno 5.6 - 6.5 M.

1	ITCS027: Bore-Montefeltro-Fabriano-Laga (SS composita)
	Magnitudo max associata: 6.2
2	ITDS002: M. Vettore (SS dibattuta)
	Magnitudo max associata: non definita; tuttavia, le dimensioni della zona di faglia sono compatibili con una $M > 5.5$
3	ITDS073: Monti della Laga (SS dibattuta)
	Magnitudo max associata: 6.5
4	ITCS028: Colfiorito-Campotosto (SS composita)
	Magnitudo max associata: 6.5

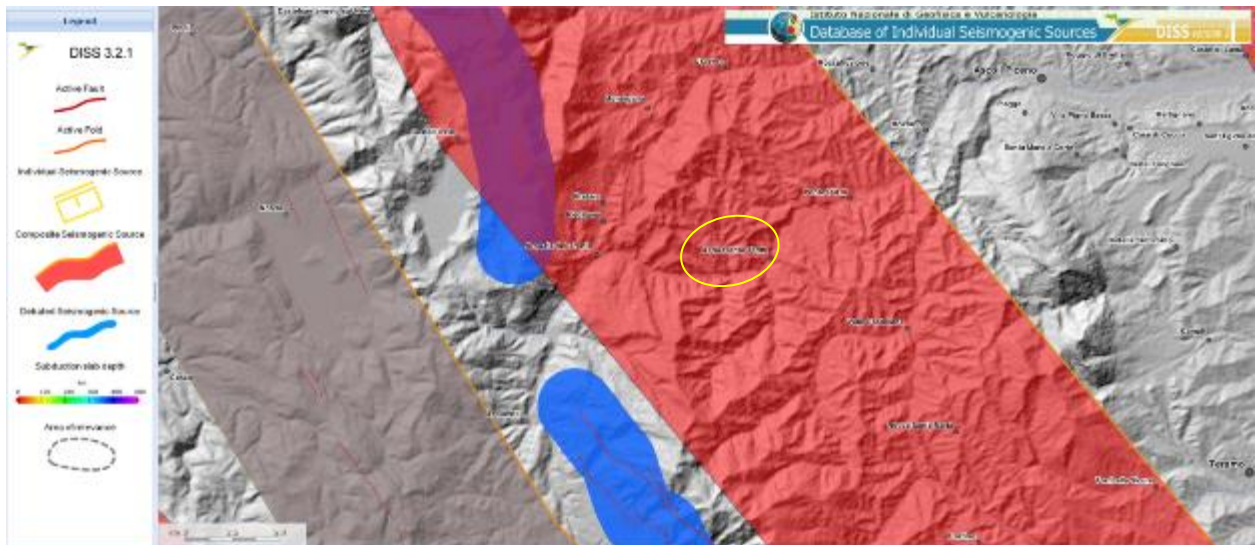


Figura 8-4 - Strutture sismogenetiche presenti nell'area di interesse, evidenziata con l'ellisse gialla: 1) ITCS028 Colfiorito – Campotosto; 2) ITDS002 M. Vettore; 3) ITCS027 Bore - Montefeltro – Fabriano – Laga; 4) ITDS073 Monti della Laga (fonte sito INGV).

8.2.1 Faglie "capaci"

L'IAEA (Agenzia internazionale per l'energia nucleare) ha, per prima, introdotto nel 1991 la definizione di "faglia capace" (*capable fault*) per indicare una faglia attiva che può generare spostamenti in superficie, rimobilizzando una superficie esistente o creando una nuova superficie di rottura. In realtà, la definizione viene estesa anche al caso in cui la deformazione avvenga in modo continuo e senza scosse avvertibili (scorrimento asismico).

Verosimilmente, sarebbe più aderente al reale stato delle conoscenze ed in particolare nel caso presente, parlare di "segmenti" capaci, in quanto si tratta di porzioni inserite nelle strutture sismogenetiche di cui al punto precedente (DISS).

Anche in questo caso, come per il DISS, esiste un database denominato ITHACA (*ITaly HAZard from Capable faults*), stavolta a cura dell'ISPRA. Esso fornisce lo stato delle conoscenze sulla distribuzione nel territorio nazionale della presenza di faglie attive superficiali, come mostrato in Figura 8-5: informazioni relative a queste faglie, tra cui giacitura, geometria, cinematica, terremoti associati e tasso di deformazione medio, e una cartografia di dettaglio gestita in ambiente webGIS.

Le dislocazioni lungo le faglie capaci sono in grado di produrre danneggiamenti, anche rilevanti, alle strutture antropiche che le attraversano.

L'informazione sull'ubicazione e sulle caratteristiche delle faglie capaci è di grande importanza pratica per la pianificazione territoriale, che ne dovrebbe tenere adeguatamente conto; le strutture antropiche (infrastrutture, costruzioni) dovrebbero essere collocate possibilmente ad adeguata distanza da queste e/o essere progettate con opportuni accorgimenti tecnici.

Naturalmente, le informazioni fornite da ITHACA sono complementari a quelle fornite dal DISS trattate nel paragrafo precedente; si tratta, in fondo, di un'articolazione del medesimo quadro sismotettonico, con un'informazione aggiuntiva, molto importante ai fini applicativi.

La figura seguente è tratta dalla cartografia di ITHACA ed inquadra l'area in cui si inserisce il progetto (individuata dall'ellisse a contorno rosso).

Rispetto alla cartografia DISS (che individua le strutture sismogenetiche), quella ITHACA ubica delle strutture lineari, che rappresentano l'andamento in superficie di segmenti di faglia; di conseguenza sono le linee di possibile rottura superficiale, e non corrispondono (se non in caso di faglie verticali) alla localizzazione dei relativi epicentri in caso di eventi sismici; si pensi, ad esempio, alla recente scossa di M= 6.5 del 30 Ottobre 2016, nei pressi di Norcia: l'epicentro è ubicato a circa 8 km ad Ovest rispetto all'emersione in superficie della faglia, dove si sono avute le manifestazioni più notevoli degli spostamenti.

Pertanto, prendendo in considerazione questi due paragrafi, ciò che riguarda le considerazioni di carattere sismotettonico, l'elemento di maggiore interesse è legato alla presenza dell'area, nella parte centrale della Dorsale Appenninica Umbro Marchigiana, da una prevalente attività tettonica di tipo distensivo. La tettonica estensionale pliocenico-quadernaria trova la sua espressione geologica nella presenza di bacini continentali, allungati in direzione appenninica e bordati da faglie normali.



Figura 8-5 - Stralcio cartografico Progetto ITHACA con indicazione delle faglie capaci (fonte ISPRA-SGI). 1: sistema Vettoretto faglie normali (primaria); 2: sistema M.te Vettore-M.te Bove faglie normali-oblique sx (primaria); 3: sistema Forca di Presta faglie normali-oblique sx (primaria); 4: sistema Dogana faglie normali (secondaria); 5: sistema Amatrice faglie normali (primaria); 6: sistema Colle Montellume faglie normali (primaria).

8.3 CLASSIFICAZIONE SISMICA

L'Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", suddivide il territorio italiano in 4 zone sismiche con diversi livelli di accelerazione sismica di progetto. Secondo tale ordinanza il comune di Acquasanta Terme è stato identificato in zona 2 cui corrispondono, come indicato in Tabella 8-1 valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, compresi tra 0,15 e 0,25g (dove g è l'accelerazione di gravità).

zona	accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni [a_g/g]
1	> 0,25
2	0,15-0,25
3	0,05-015
4	<0,05

Tabella 8-1- Tabella estratta dall'Allegato 1 della OPCM 3274/2003.

Con Delibera di Giunta n. 1046 del 29 luglio 2003 la Regione Marche ha recepito la suddetta Ordinanza PCM 3274/03, mentre la regione Lazio lo ha fatto con la D.G.R. Lazio n. 387 pubblicata il 22 Maggio 2009.

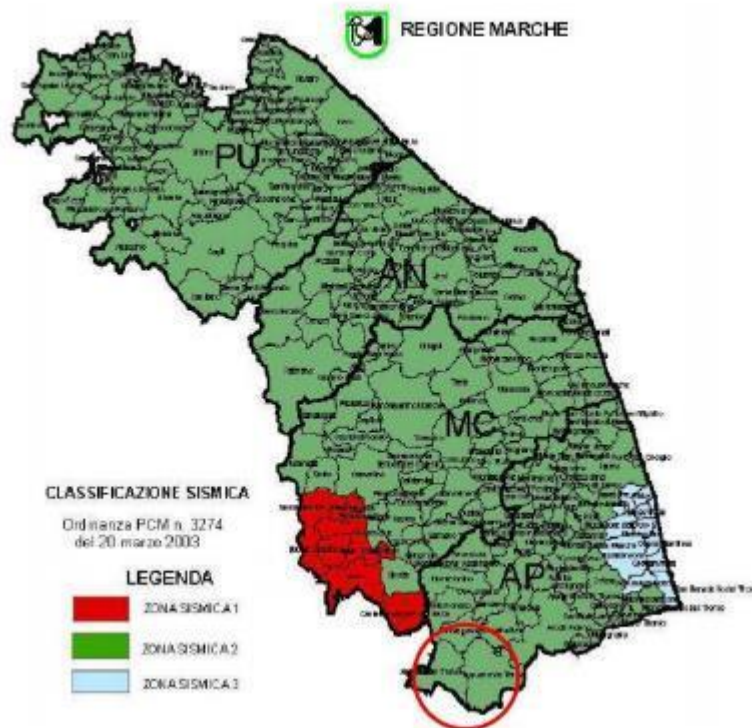


Figura 8-6 - Classificazione sismica dei comuni della Regione Marche (DGR 1046-2003)

Come si può osservare dalla seguente figura, in base alla classificazione sismica del territorio nazionale aggiornata al 2015 (Ordinanza PCM 3274/03), si evidenzia che il Comune di Acquasanta terme ricade in una zona identificata come "zona 2".

Regione	Provincia	Cod_Istat	Denominazione	Zona sismica
Marche	Ascoli Piceno	11044001	Acquasanta Terme	2

Figura 8-7 - Estratto da "Classificazione sismica 2015" Recepimento da parte delle Regioni e delle Province autonome dell'Ordinanza PCM 20 marzo 2003, n. 3274.

Nel corso del 2006 una Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28/04/2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" ha adottato la mappa di pericolosità sismica MPS04 (Figura 6.1) quale riferimento ufficiale e ha definito i criteri che ciascuna Regione deve seguire per l'aggiornamento della classificazione sismica del proprio territorio. Questo strumento normativo, per la prima volta, ha portato a valutare la classificazione sismica del territorio secondo parametri sismologici svincolati dal solo criterio politico del limite amministrativo utilizzato fino a quel momento.

Alle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni elaborate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e pubblicate sulla Gazzetta Ufficiale, è allegato un documento sulla pericolosità sismica, che prevede che l'azione sismica di riferimento per la progettazione venga definita sulla base dei valori di pericolosità sismica di base, più semplicemente chiamata pericolosità sismica.

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle N.T.C., dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Questi tre parametri sono definiti in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento; cfr Tr 475 anni), i cui nodi non distano fra loro più di 10 km, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e per diversi periodi di ritorno (variabili tra 30 e 975 anni).

La Figura 8-8 riporta i valori di pericolosità sismica, secondo l'OPCM 3519 del 28 aprile 2006, All. 1b, per l'area in esame. Nella mappa vengono rappresentati i valori medi (con deviazione standard) corrispondenti a una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (periodo di ritorno di 475 anni) della PGA (acronimo di Peak Ground Acceleration). Dalla Figura 9.9 è possibile evincere che l'area in oggetto ha una PGA dell'ordine di 0,200-0,250g.

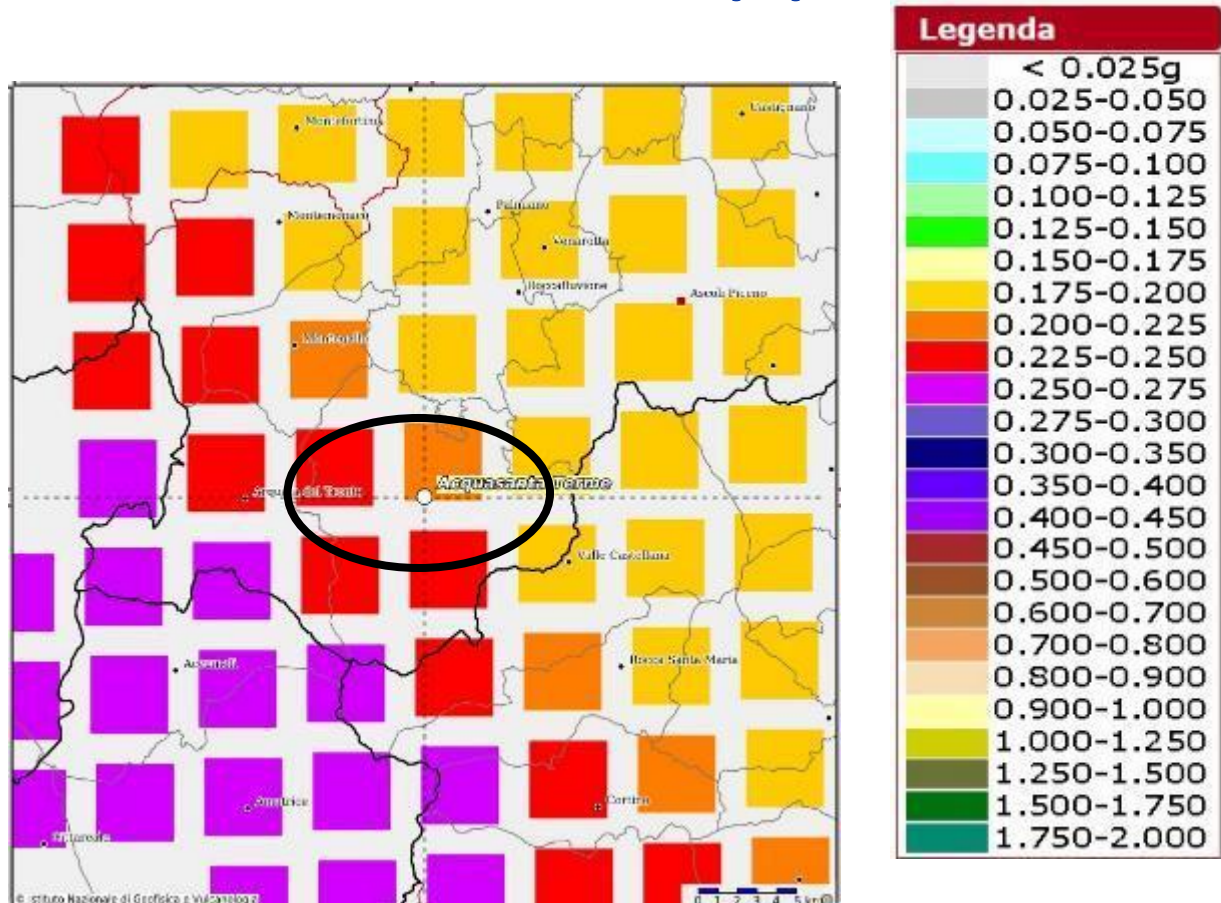


Figura 8-8 - Valori di pericolosità sismica (OPCM del 28 aprile 2006 n. 3519, All. 1b) espressi in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat. A, punto A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005).

La normativa sismica italiana O.P.C.M. n. 3274/2003 e successive modifiche ed integrazioni, la normativa tecnica europea (Eurocodici EC 7 e EC 8) e le più avanzate normative internazionali, attribuiscono la giusta importanza alla caratterizzazione sismica del terreno su cui dovranno essere realizzate opere di qualunque natura (edifici residenziali e industriali, opere di sostegno e di stabilizzazione di versanti, rilevati stradali, opere infrastrutturali, argini, dighe e opere idrauliche, gallerie, ponti e opere strutturali di grandi dimensioni).

La caratterizzazione del terreno dal punto di vista sismico in particolare e dinamico in generale, richiede come elemento indispensabile la conoscenza del profilo di velocità delle onde di taglio V_s degli strati di terreno presenti nel sito, fino alla profondità di almeno 30 m dal piano campagna, secondo quanto richiesto dalle sopraccitate normative. Il profilo delle onde di taglio V_s nei primi 30 m di profondità risulta necessario per:

- valutare l'azione sismica di progetto al livello delle fondazioni di qualunque struttura
- valutare il rischio di liquefazione del terreno in sito
- valutare rischi di instabilità dei pendii e/o delle opere di sostegno

- valutare i cedimenti dei rilevati stradali, delle opere di sostegno, delle fondazioni degli edifici

Sulla base del profilo di velocità delle onde di taglio V_s è possibile determinare una velocità equivalente rappresentativa del sito in esame, che consente di classificare il sito secondo la nuova normativa sismica italiana o secondo la normativa europea Eurocodice 8.

Il calcolo della V_s equivalente viene eseguito utilizzando la seguente formula:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove :

- h_i spessore dell'i-esimo strato
- $V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato
- N numero di strati

H profondità del substrato definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzato da V_s non inferiori a 800 m/sec

La classificazione si effettua sulla base dei valori della velocità equivalente V_{s30} di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità o entro profondità inferiori nel caso si sia in presenza di un substrato sismico ($v_s > 800$ m/sec) profondità inferiori di 30 m. Per le fondazioni superficiali tale profondità è riferita al piano d'imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni la profondità è riferita al piano d'imposta della fondazione.

In data 17 gennaio 2018 è stato pubblicato il decreto del Ministero delle infrastrutture dei trasporti n. 8/2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni", entrato in vigore il 22 marzo 2018 che ha leggermente modificato le precedenti classificazioni, eliminando alcune categorie e prevedendo che nei casi in cui le condizioni di sottosuolo non siano classificabili nelle categorie A,B,C,D ed E è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale.

Classificazione del tipo di suolo secondo le Nuove NORME tecniche sulle costruzioni NTC 17/01/2018		
Suolo	Descrizione geotecnica	V_{s30} (m/s)
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori ad 800 m/sec eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessori massimo pari a 3 m	>800
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi fra 360 e 800 m/sec.	360÷800
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalenti compresi fra 180 e 360 m/sec	180÷360
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi fra 100 e 180 m/sec	100÷180
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C e D con profondità del substrato non superiore a 30 m.	

Figura 8-9 - Classificazione del suolo secondo NTC 2018

Nell'ambito delle campagne d'indagini pregresse (anni 2004-2005) sono state effettuate lungo il tracciato in esame n° 5 tomografie sismiche a rifrazione per le quali è stata valutata la Vs eq. Il dettaglio dei tabulati e dei risultati delle suddette indagini sono riportati nelle note tecniche conclusive redatte dalla ditta esecutrice ed allegate negli elaborati T00GE00GEORE04/05.

INDAGINE (ANNI 2004-2005)	Substrato sismico	VSeq m/sec	Cat suolo
Prospezione 1	4,39 m dal p.c.	607	B
Prospezione 2	0,71 m dal p.c.	>800	A
Prospezione 3	2,06 m dal p.c.	>800	A
Prospezione 3bis	9,71 m dal p.c.	487	B
Prospezione 4	6,13 m dal p.c.	548	B
Prospezione 5	6,00 m dal p.c.	430	B
Prospezione 5bis	5,46 m dal p.c.	557	B

Tabella 8-2- Risultati delle classificazioni sismiche secondo NTC 2018

La campagna di indagine geofisica eseguita a partire da giugno 2022 è costituita da n. 5 prove sismiche in foro Down-Hole e n. 3 prospezioni di tipo Masw. Il dettaglio dei tabulati e dei risultati delle suddette indagini sono riportati nella nota tecnica conclusiva redatta dalla ditta esecutrice ed allegata nell'elaborato T00GE00GEORE10.

Nelle tabelle che seguono sono riassunti i risultati delle prove Down-Hole e delle prove masw eseguite nella campagna 2022

INDAGINE (anno 2022)	Substrato sismico	VSeq m/sec	Cat suolo
MASW 1	> 30 mt.	450	B
MASW2	> 30 mt.	538	B
MASW3	> 30 mt.	435	B

INDAGINE (anno 2022)	Substrato sismico	VSeq m/sec	Cat suolo
Prospezione S04 DH	> 30 mt.	>800	A
Prospezione S06 DH	> 30 mt.	>800	A
Prospezione S08 DH	> 30 mt.	601.3	B
Prospezione S10 DH	> 30 mt.	535	B
Prospezione S13 DH	> 30 mt.	697	B

Sulla base dei dati acquisiti è stata ricostruita una planimetria con la macrozonazione sismica e categoria del sottosuolo del corridoio di progetto (T00GE00GETPP01).

8.4 AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA E AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

La normativa prevede che per condizioni topografiche complesse debbano essere predisposte specifiche analisi di risposta sismica locale mentre per configurazioni semplici si può adottare la seguente classificazione:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i \geq 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i \geq 30^\circ$

Tabella 8-3- Condizioni topografiche (DM 17/01/2018)

Le sopra esposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

La valutazione della categoria topografica non può essere riferita ad un settore di tracciato ma deve esser riferita alle condizioni locali della singola opera d'arte, per cui per la scelta degli specifici coefficienti si rimanda agli elaborati di calcolo delle singole opere.

In funzione della categoria topografica scelta ed utilizzando le tabelle del NTC si potrà valutare il coefficiente di amplificazione topografica S_T .

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1		1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Tabella 8-4- Coefficienti di amplificazione topografica

8.5 MICROZONAZIONE SISMICA DI I LIVELLO

Il tracciato in esame ricade interamente nel territorio del comune di Acquasanta Terme.

Il territorio del comune, nel 2018, interessato da uno studio di Microzonazione sismica di I livello eseguito dai Geologi dello Studio SGA (Geol. L. Faralli, Geol. N. Gasparri, Geol. R. Piccioni e Geol. L. D. Venanti) e successivamente validato dalla Regione Marche.

Tali studi hanno consentito di elaborare la "carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica". Lo studio eseguito dal comune di Acquasanta terme non ha riguardato l'intero territorio comunale ma soltanto le aree interessate da centri abitati. Il tracciato in esame intercetta nelle aree interessate dallo studio, aree stabili ma suscettibili di amplificazione sismica locale.

8.6 SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE

In funzione delle caratteristiche granulometriche, stratigrafiche e idrogeologiche del sito si è ritenuto necessario procedere ad una verifica di massima della suscettibilità alla liquefazione dei litotipi interessati dalle nuove opere.

Il fenomeno della liquefazione dei terreni durante i terremoti, interessa in genere i depositi sabbiosi e/o sabbioso limosi sciolti a granulometria uniforme, normalmente consolidati e saturi.

Durante una sollecitazione sismica, infatti, le sollecitazioni indotte nel terreno, possono determinare un aumento delle pressioni interstiziali fino ad eguagliare la pressione litostatica e la tensione di sconfinamento, annullando la resistenza al taglio e inducendo fenomeni di fluidificazione.

La probabilità che un deposito raggiunga tali condizioni dipende:

- dal grado di addensamento;
- dalla granulometria e forma dei granuli;
- dalle condizioni di drenaggio;
- dall'andamento ciclico delle sollecitazioni sismiche e loro durata;
- dall'età del deposito;
- dalla profondità della linea di falda.

Normalmente con l'aumentare della profondità aumenta anche la resistenza alla liquefazione a causa dell'aumento della resistenza allo sconfinamento.

Per quanto stabilito dal D.M. 17/01/2018 nei confronti della liquefazione, la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$,
- distribuzione granulometrica esterna ai fusi granulometrici di terreni suscettibili alla liquefazione (D.M. 14/01/08)

L'analisi dei risultati delle indagini eseguite in funzione delle considerazioni sopra fatte consente di escludere il rischio di liquefazione dei terreni presenti nell'area di progetto. La assenza di litologie sabbiose sature consente di considerare il rischio di liquefazione come nullo.

9 ANALISI DEL TRACCIATO

Di seguito si riporta una sintesi descrittiva del Modello Geologico di Riferimento elaborato per il tracciato in esame che presenta un assetto geologico caratterizzato da una generale stratificazione da sub-orizzontale a medio-bassa, immergente verso ovest.

- Il tracciato comincia con un breve tratto all'aperto in cui affiorano le formazioni litoidi arenaceo marnose della Laga "U2", solo a tratti coperte da lembi di coltri detritiche.
- Intorno alla pk 0+306 il tracciato entra in sotterraneo con la galleria "Favalanciata", che permane fino alla pk 2+130. Dopo un tratto iniziale in cui l'opera intercetta una coltre detritica, l'asse interessa unicamente i litotipi della Formazione della Laga (U2) costituita da una successione marnoso-arenacea; nella fattispecie gli studi e i rilievi di campo hanno permesso di stabilire che in questo settore la formazione è principalmente costituita dai litotipi arenacei, meno rappresentata è invece la componente pelitica. In questo tratto si segnalano i sotto elencati settori in cui le coperture risultano abbastanza ridotte:
 - un settore a cavallo delle pk 0+350/0+400 in cui le coperture risultano inferiori ai 30 metri e caratterizzate da pochi metri di roccia litoide sovrastata da coltri detritiche;
 - un settore intorno alla pk 0+550 in cui la copertura risulta costituita da meno di 20 metri di terreni arenacei litoidi;
 - un settore intorno alla pk 1+100/1+150 in cui la copertura risulta costituita da circa 50 metri di terreni arenacei litoidi;

e un settore, fra le pk 1+050 e 1+100 in cui il tracciato intercetta delle possibili fasce cataclamate e detensionate in corrispondenza di una discontinuità tettonica

- Successivamente il viadotto "Quintodecimo" (Km 2+130 – 2+210 circa) si imposta nella Formazione della Laga (U2) e nei soprastanti depositi superficiali di età quaternaria presenti nell'incisione del Rio di Novele, i quali sono caratterizzati da depositi detritici originatisi per disfacimento della roccia in posto e/o da accumuli legati a frane di crollo/ribaltamento. I rilievi hanno evidenziato la presenza nel fondovalle di grossi blocchi crollati dai versanti, di dimensioni spesso superiori ai 6-8 mc.
- La successiva Galleria "Acquasanta Terme" (Km 2+210 – 4+460) è impostata, partendo dall'imbocco ovest, per un tratto limitato (circa 200 m di lunghezza) in una sequenza rispettivamente costituita dalla Formazione della Laga (U2), dalle Marne a Pteropodi (mp) e da un livello calcarenitico delle Marne con Cerrognà (mcc). Successivamente la galleria attraversa per un lungo tratto (pk 2+400 /3+950) le facies marnoso, marnoso calcaree e marnoso argillose della formazione delle Marne con Cerrognà (Mc) localmente interessate da fasce cataclamate, poste in corrispondenza di discontinuità tettoniche fra le pk 2+600 e 2+950. Fra le pk 2+950 e 4+300 il tracciato intercetta la fascia di contatto fra la formazione delle marne con Cerrognà (Mc) e la sottostante formazione del Bisciario (bis); Si segnala in questo settore la presenza di numerose fasce cataclamate per presenza di discontinuità tettoniche e un tratto in corrispondenza del sotto-atteveramento del rio di San Vito, compreso fra le pk 4+250 e 4+330, tratto in cui le coperture si riducono drasticamente tanto da intercettare in calotta porzioni della coltre di materiale detritico sciolto; dalla progressiva 4+300 il tracciato entra dopo un contatto tettonico nella formazione marnosa mc. In corrispondenza dell'imbocco lato Acquasanta si segnala la presenza di una coltre di materiale detritico di versante.

- Il tracciato prosegue con il viadotto Tronto che, fra le pk 4+460 e 4+760, attraversa la valle del fiume Omonimo. Le spalle e le pile sono impostate nella successione costituita dalle formazioni del Bisciario (bis), presente solo sulla sponda meridionale, della Scaglia Cinerea (sc), presente su entrambe le sponde e a tratti coperta dai depositi alluvionale del Fiume Tronto, e infine nei travertini (Trav), affioranti sul lato settentrionale del Fiume Tronto e affioranti in tutta l'ultima parte di tracciato.
- Nella tratta finale in cui il tracciato si reinnesta nella viabilità esistente, dovranno essere realizzate alcune rampe che intercetteranno alcuni dissesti attivi che hanno già parzialmente coinvolto le esistenti viabilità secondarie.
- In generale, i rilievi e le indagini eseguite hanno evidenziato le seguenti criticità geologiche:
- l'attraversamento in galleria di aree fragili, disposte generalmente ad alto angolo, associate a particolari condizioni di disturbo tettonico in cui sono previste adeguate sezioni tipo di scavo;
- alcuni settori in galleria a bassa copertura, come ad esempio il sotto-attraversamento del rio compreso tra la frazione San Vito e Acquasanta Terme, a causa delle condizioni di bassa copertura litoide, della presenza di depositi sciolti e per le eventuali venute d'acqua. A queste criticità si associa anche la possibile presenza di strutture fragili in corrispondenza delle quali sono previste adeguate sezioni tipo di scavo eventualmente coadiuvate da interventi di consolidamento dall'alto;
- la presenza di aree interessate da potenziali fenomeni di caduta massi, in particolare in corrispondenza delle aree di imbocco delle gallerie, che hanno imposto la previsione di sistemi di protezione quali reti, chiodature e barriere paramassi;
- la presenza di dissesti attivi sulle rampe di raccordo allo svincolo di Acquasanta Terme che hanno imposto l'utilizzo di fondazioni profonde a mezzo pali o micropali.