

S.S 685 "DELLE TRE VALLI UMBRE"
TRATTO SPOLETO - ACQUASPARTA
1° stralcio: Madonna di Baiano-Fiorenzuola

SUPPORTO AGGIORNAMENTO PROG. DEFINITIVO

COD. **PG143**

PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GDG - ICARIA

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

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

IL PROGETTISTA:

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

IL GEOLOGO:

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

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

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

Il Responsabile di Progetto

Arch. Pianificatore Marco Colazza

Il Responsabile del Procedimento

Dott. Ing.
 Alessandro Micheli

PROTOCOLLO

DATA

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



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

Dott. Ing. D.Carlaccini
 Dott. Ing. S.Sacconi
 Dott. Ing. G.Cordua
 Dott. Ing. V.De Gori
 Dott. Ing. C.Consorti
 Dott. Ing. F.Dominici

Dott. Ing. V.Rotisciani
 Dott. Ing. F.Macchioni
 Geom. C.Vischini
 Dott. Ing. V.Piunno
 Dott. Ing. G.Pulli
 Geom. C.Sugaroni



GEOLOGIA E IDROLOGIA

Relazione geologica ed idrogeologica

CODICE PROGETTO			NOME FILE	REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T00-GEO0-GEO-RE01		
LOPG143	D	2007	CODICE ELAB. T00GE00GEORE01	A	-
A	Emissione		30/11/2020	M.Baldelli	G.Cerquiglini N.Granieri
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO APPROVATO

1	PREMESSA	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	5
3	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	6
3.1	VALLE DEL TEVERE ACQUASPARTA;.....	6
3.2	DORSALE DEI MONTI MARTANI;	6
3.3	RILIEVI COLLINARI DI SPOLETO;	6
3.4	VALLE UMBRA SPOLETO-FOLIGNO.	6
4	GEOLOGIA	7
4.1	DETRITO DI FALDA [DT].....	8
4.2	ALLUVIONI RECENTI E ATTUALI [A].....	8
4.3	DEPOSITI CONOIDALI.....	8
4.4	DEPOSITI VILLAFRANCHIANI S.S. [FL-LA].	9
4.5	MARNOSO ARENACEA [MA].	9
4.6	BISCIARO [BI].	9
4.7	SCAGLIA CINEREA [SC].	9
4.8	SCAGLIA VARIEGATA [SV].....	9
4.9	SCAGLIA ROSSA [SR].....	9
4.10	SCAGLIA BIANCA [SB].	10
4.11	MARNE A FUCOIDI [MF].	10
4.12	MAIOLICA [MA].....	10
4.13	CALCARI DIASPRIGNI [CD].	10
4.14	CALCARI A POSIDONIA [CP].	10
4.15	ROSSO AMMONITICO [RA].	10
4.16	CORNIOLA [CO].....	10
4.17	CALCARE MASSICCIO [CM].	10
5	GEOMORFOLOGIA.....	12
7	IDROGEOLOGIA	20
7.1	ACQUIFERO COMPLESSO DETRITICO E TRAVERTINI.	20
7.2	ACQUIFERO COMPLESSO ALLUVIONALE.	20
7.3	ACQUIFERO COMPLESSO FLUVIO-LACUSTRE.	20
7.4	ACQUIFERO COMPLESSO FLYSCHOIDE.	21
7.5	ACQUIFERO COMPLESSO CARBONATICO.....	21
8	CARATTERI SISMICI.....	22
9	CONSIDERAZIONI GEOLOGICO-TECNICHE	50
9.1	GALLERIE ARTIFICIALI	51
9.1.1	Galleria artificiale Romanella.....	51
9.1.2	Galleria artificiale Colle del Vento.....	53
9.2	VIADOTTO MARROGGIA 1.....	54
9.3	VIADOTTO MOLINO VECCHIO.....	58

10	INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	62
10.1.1	<i>Campagna di indagine del 2009.....</i>	62
10.2	SONDAGGI GEOMECCANICI E PROVE IN SITU	63
11	CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI AI FINI DEL BILANCIO DEI MATERIALI	80

1 Premessa

L'opera stradale denominata "Strada delle tre valli umbre" si snoda fra lo svincolo di progetto della S.G.C. E45 in località Acquasparta e lo svincolo della nuova Flaminia (SS.3) In località Eggi per una lunghezza di 20+885 km.

Con delibera n. 146 del 2/12/2005 il CIPE ha approvato con prescrizioni e raccomandazioni, il progetto preliminare del tratto Acquasparta - Eggi.

Causa delle disponibilità di finanziamento concesse dal C.I.P.E. è stato sviluppato un stralcio funzionale di 4+158 km che va dalla progr. km 6+820 (con immissione diretta sulla S.R. 418 in corrispondenza dello svincolo Firenzuola) alla progr km 10+977 appena dopo lo svincolo di Baiano di Spoleto.

Lo stralcio è stato concepito come la naturale prosecuzione della tratta esistente a due corsie di marcia fra Baiano di Spoleto e S.Sabino, tenendo conto che è in via di ultimazione la tratta sempre a due corsie fra S.Sabino ad Eggi.

Pertanto lo stralcio individuato permetterà la chiusura di un unico tracciato ad una carreggiata che va da Firenzuola ad Eggi completando il tracciato per circa 17 km dei 21 previsti in preliminare.

La Cassa di Risparmio di Spoleto in qualità di soggetto promotore ha affidato la progettazione definitiva dell' intervento alla società Sintagma s.r.l. nella persona dell' A.D. ing. Nando Granieri.

Il progetto verrà dunque trasferito alla Regione Umbria che provvederà a trasmetterlo al soggetto attuatore che è ANAS s.p.a. che provvederà ad approvarlo.

Il lavoro svolto è consistito nelle seguenti attività:

- acquisizione dei dati sismici storici;
- esame della bibliografia esistente riguardante le aree in oggetto;
- analisi dei risultati degli studi compiuti nelle precedenti fasi di progettazione;

RELAZIONE GEOLOGICA

- rilevamento geologico, geomorfologico ed idrogeologico, in scala 1:2.000 di una fascia di ampiezza adeguata ai lati del tracciato stradale;
- analisi dei risultati delle indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche eseguite nel tratto in oggetto finalizzata alla classificazione dei terreni di fondazione.

2 Normativa di riferimento

L'interpretazione dei risultati e la redazione della presente relazione sono stati effettuati nel rispetto della Normativa in vigore e di alcune Raccomandazioni.

I principali riferimenti normativi sono i seguenti:

- [1] **D. M. LL. PP. 11 marzo 1988:** *"Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione"*.
- [2] **Circ. LL. PP. 24 settembre 1988 n. 30483:** *"Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione"*.
- [3] **Associazione Geotecnica Italiana; 1977:** *"Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche"*.
- [4] **Ordinanza 3274** del Presidente del Consiglio; 20/03/2003.
- [5] **Ordinanza 3316:** "Modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003", 10/10/2003.
- [6] **Ordinanza P.C.M. n. 3333** del 23.01.2004.
- [7] **Eurocodice 7.**
- [8] **Dm. 14 gennaio 2008** "norme tecniche per le costruzioni" .

3 Inquadramento geografico

Il tracciato stradale si colloca in un territorio dell'Umbria centrale compreso tra la valle del Tevere all'altezza della città di di Acquasparta e la valle Umbra nella periferia nord della città di Spoleto; si possono distinguere quattro domini geografici principali:

3.1 Valle del Tevere Acquasparta;

La valle Tiberina si trova racchiusa tra i rilievi collinari di Acquasparta e la catena montuosa dei monti Martani. La pianura alluvionale si sviluppa da sud a verso nord con morfologia di tipo sub-pianeggiante e quote topografiche che si mantengono in un intervallo compreso tra 250 – 300 m s.l.m.; presenta un'estensione limitata lateralmente dalle strutture e è solcata dal torrente Naia che rappresenta il collettore principale di deflusso.

3.2 Dorsale dei Monti Martani;

La struttura montuosa in riferimento al tracciato stradale di progetto inizia a partire dalla periferia est di Acquasparta, e tagliando trasversalmente la struttura, termina in località Firenzuola. Comprende i rilievi di M. Cerratto, M. Colle Selva e M. Colle Rose allineati secondo una direttrice tipicamente appenninica e quote che si mantengono in un intervallo variabile tra 300 – 770 m s.l.m.;

3.3 Rilievi collinari di Spoleto;

La fascia collinare attraversata si estende dalla località Firenzuola posta sul versante orientale dei Martani fino alla località Croceferro posta a nord di Spoleto. Risulta costituita da rilievi collinare a morfologia arrotondata e quote topografiche piuttosto modeste che si mantengono in un intervallo compreso tra 290 – 500 m s.l.m.. La morfologia "dolce" del territorio collinare è legata principalmente alla natura dei terreni del substrato e alla situazione geologico strutturale degli stessi.

3.4 Valle Umbra Spoleto-Foligno.

La valle Umbra compresa nel tratto in oggetto si estende dalle pendici dei monti Martani in località Crocemarroggia e la località Eggi in direzione est alle pendici del monte Giove. La pianura alluvionale si sviluppa da ovest a nord-est rispetto alla città di Spoleto con morfologia di tipo sub-pianeggiante e quote topografiche che si mantengono in un intervallo compreso tra 280 – 320 m s.l.m.; risulta solcata da due corsi d'acqua che rappresentano i collettori principali di deflusso superficiale (torrente Marroggia e torrente Tessino).

4 Geologia

Lo studio è stato effettuato all'interno di un corridoio significativo riferito al tracciato ipotizzato. Un rilevamento geologico e geolitologico di dettaglio ha permesso di cartografare le formazioni affioranti e di realizzare la carta geologica a scala 1 : 10000.

Nell'area affiorano termini litoidi appartenenti alla serie Umbro Marchigiana ricoperti frequentemente da depositi terrigeni riconducibili a facies fluviali e fluvio-lacustri (alluvioni recenti e antiche, apparati confidali, depositi villafranchiani, travertini).

Lo studio si è rivolto particolarmente ai fattori geologici relativi alla natura dei terreni attraversati, alla situazione geostrutturale delle singole formazioni rocciose, ai fattori tettonici, alla consistenza geomeccanica dei terreni a livello qualitativo e alle condizioni geomorfologiche riferite alla stabilità e/o ad eventuali aree a rischio di esondabilità.

Il primo tratto si sviluppa a partire dalla valle tiberina procedendo sul versante occidentale della struttura montuosa dei monti Martani dove si rinvengono, oltre ai depositi continentali recenti, i complessi sedimentari della Serie Umbro-Marchigiana.

La dorsale del M. Martano è parte dell'Appennino Umbro – Marchigiano. L'intera anticlinale è costituita dalla successione delle formazioni affioranti su tutta l'area appenninica della serie Umbro-Marchigiano, dal Trias al Miocene; un importante aspetto della sedimentazione giurassica è la presenza di serie complete sviluppate accanto a serie lacunose come nella zona di Castel del Monte e M. Rotondo, dove alti strutturali composti da Calcare Massiccio e serie ridotte sovrastanti, sono separate dalle successioni complete tramite faglie dirette giurassiche. La situazione geostrutturale evidenzia la formazione di pieghe asimmetriche parzialmente sovrapposte e rovesciate verso Est, accompagnate da fenomeni di distensione e collasso sui versanti occidentali.

L'ultimo tratto del tracciato stradale si sviluppa dopo aver superato la struttura montuosa all'interno di una ampia sinclinale ad andamento sigmoidale ricompresa tra le due brachianticlinali dei Monti Martani e dei Monti di Spoleto, costituite da litotipi carbonatici appartenenti alla Serie Umbro Marchigiana.

L'andamento morfologico rispecchia fedelmente quello strutturale che risulta caratterizzato da strutture montuose solcate da aree golenali minori ad andamento conforme, con direzione conseguente ai pendii e interrotte trasversalmente da valli fluviali con direzione S-N solcate rispettivamente dal torrente Naia, dal torrente Marroggia e dal torrente Tessino.

La dorsale dei Monti Martani delimita la parte occidentale della Valle Umbra Sud coinvolgendo nella deformazione i terreni della successione sedimentaria meso-cenozoica Umbro-Marchigiana dai calcari e marne triassiche, che affiorano al nucleo della struttura, fino ai termini oligo-miocenici del Bisciario.

Un sovrascorrimento principale immergente verso WSW nella parte settentrionale e centrale della struttura e verso SSW nella parte meridionale, disloca il fianco orientale dell'anticlinale e ne determina l'accavallamento verso Est sull'antistante sinclinorio di Icciano.

L'anticlinale dei monti Martani è dislocata sul fianco occidentale da un sistema di faglie dirette (*faglia bordiera dei monti Martani*) che costituisce il graben della Media Valle del Tevere ed è riferibile alla fase distensiva plio-pleistocenica.

La zona oggetto di studio dei M. Martani è caratterizzata da un sovrascorrimento immergente verso SW affiorante nella zona di Firenzuola. Il tetto di questo sovrascorrimento è individuato nell'anticlinale del M. Martano con direzione assiale N-S e NW- SE, l'anticlinale mostra vergenza orientale, il lato occidentale è dislocato da faglie dirette e transtensive immergenti verso W.

Il letto del sovrascorrimento è caratterizzato da una serie di sinclinali con il lato occidentale rovesciato, tale thrust si imposta sulla Scaglia Variegata e Scaglia Cinerea, dislocando localmente i sedimenti miocenici.

Parte del tracciato in oggetto attraversa rocce a componente prevalentemente calcarea, con caratteristiche geomeccaniche tipiche del bedrock e molto spesso interessata da frequenti e notevoli disturbi tettonici che hanno determinato una intensa fratturazione e cataclasizzazione del materiale.

La condizione di intensa fratturazione determina condizioni di elevata sensibilità in riferimento all'opera e alle caratteristiche geomeccaniche dei terreni interessati.

La stessa valutazione può essere effettuata relativamente alla stabilità geomorfologica nel campo degli ammassi rocciosi, quando ci si trovi nelle condizioni di strati intensamente cataclasizzati e/o disposti a franapoggio e interessati da numerosi diaclasi e/o tension crack. Vengono di seguito descritte le facies rilevate con indicazione delle aree di affioramento all'interno del corridoio di interesse.

4.1 Detrito di Falda [dt].

Clasti calcarei imballati in matrice terrosa arrossata derivante dal disfacimento chimico-fisico dei litotipi subaffioranti. Si rinviene estesamente lungo i fianchi delle strutture montuose, dove ricoprono litotipi calcarei affioranti.

4.2 Alluvioni Recenti e Attuali [A].

Si tratta essenzialmente di depositi recenti o attuali riferibili all'azione diretta dei corsi d'acqua che depositano, nelle aree golenali, materiali di grado granulometrico eterogeneo (sabbie e ghiaie frammiste a limi sabbioso-argillosi) in dipendenza dei regimi idraulici e degli apporti di materiale terrigeno eroso dalle strutture limitrofe. Ricoprono diffusamente i termini litoidi e sono posizionati in massima parte all'interno delle aree golenali, in particolare si rinvencono in corrispondenza dell'alveo dei torrenti Naia, Marroggia e Tessino e del fosso di Cortaccione (Olocene).

4.3 Depositi Conoidali.

Si tratta essenzialmente di depositi a geometria conoidale derivanti dall'azione di collettori naturali che hanno di fatto depositato discrete quantità di materiale di diverso grado granulometrico alla base di pendii; nell'area di interesse tali depositi si rinvencono lungo la valle del torrente Marroggia e raccordano morfologicamente la pianura alluvionale con i versanti montuosi secondo superfici debolmente inclinate; gli apparati conoidali sono notevolmente colonizzati ed apparentemente stabili (Olocene).

4.4 Depositi Villafranchiani S.S. [FI-La].

Si tratta essenzialmente di depositi in facies fluvio-lacustre riferibili alla sedimentazione dei sedimenti trasportati dai corsi d'acqua che depositano nelle depressioni tettoniche materiali di grado granulometrico eterogeneo (sabbie e ciottoli intercalati da argille, limi-sabbiosi e limi-argillosi e ligniti) in dipendenza dei regimi idraulici e degli apporti di materiale terrigeno, per erosione delle strutture limitrofe. Ricoprono diffusamente i termini litoidi e si rinvencono nelle aree collinari prospicienti la città di Spoleto (Plio-Pleistocene).

4.5 Marnoso Arenacea [MA].

Argille ed argille marnose di colore grigio cenere o grigio marrone alternate ad arenarie stratificate di vario grado granulometrico in strati o banchi. Affiora nella zona compresa tra le località di Firenzuola e S. Giovanni di Baiano in continuità stratigrafica con il Bisciario o in blocchi disarticolati per effetto della intensa attività tettonica (Miocene sup.).

4.6 Bisciario [BI].

Calcari marnosi di colore grigio scuro con frattura aciculare o prismatica, stratificati in banchi o strati sottili con presenza di livelli di selce nera, alternati a marne argillose grigio cenere prevalenti verso l'alto. Affiora nella zona compresa tra le località di Firenzuola e S. Giovanni di Baiano in continuità stratigrafica con la scaglia cinerea o in blocchi disarticolati dall'attività tettonica (Miocene inf.).

4.7 Scaglia Cinerea [SC].

Calcari marnosi grigio verdi o rossastri con intercalazioni calcaree a fiammate rossastre nella parte bassa della serie. Affiora estesamente e si caratterizza per l'elevato grado di tettonizzazione testimoniato dalla presenza di grosse linee dislocative di carattere compressivo (Oligocene).

4.8 Scaglia Variegata [SV].

Calcari marnosi o marne argillose rosse e grigio verdi con intercalazioni di calcari marnosi a fiammate rossastre e di calcareniti. Affiora sul versante orientale della struttura e si caratterizza per l'elevato grado di tettonizzazione testimoniato dalla presenza di grosse linee dislocative di carattere compressivo (Eocene).

4.9 Scaglia Rossa [SR].

Calcari e calcari marnosi di colore rosso a frattura scagliosa con noduli e lenti di selce rossa verso il basso calcari biancastri con selce nera.. Costituisce una parte rilevante delle strutture carbonatiche (Creta sup.).

4.10 Scaglia Bianca [SB].

Calcari micritici bianchi o grigi fittamente stratificati a frattura scagliosa con noduli e lenti di selce nera o grigia. Costituisce una parte rilevante delle strutture carbonatiche (Creta medio).

4.11 Marne a Fucoidi [MF].

Marne e calcari marnosi di colore verde o rossastro stratificati con selce verde, classiche intercalazioni di scisti bituminosi neri fogliettati ed impronte di fucoidi. Affiora a tratti sull'intera struttura appenninica (Creta medio).

4.12 Maiolica [Ma].

Calcari stratificati biancastri a frattura concoide con selce grigia in lenti o noduli. Costituisce una parte rilevante delle strutture carbonatiche (Creta inf.).

4.13 Calcari Diasprigni [CD].

Sottili alternanze di calcari selciferi con selce policroma a frattura poliedrica di colore rosso verdastra (Giurassico sup.).

4.14 Calcari a Posidonia [CP].

Calcari marnosi fittamente stratificati di colore rosso fegato o verdastri con selce in lenti e noduli di colore rosso (Giurassico sup.).

4.15 Rosso Ammonitico [RA].

Marne e calcari marnosi nodulari, di colore rosso, pseudostratificati con notevole presenza di intervalli fossiliferi e fauna ad ammoniti. Si rinvencono rari livelli di selce, localmente la colorazione può apparire grigio verdastra. (Giurassico medio sup.).

4.16 Corniola [Co].

Calcare stratificato di colore grigio chiaro o plumbeo talora con sfumature nocciola, di aspetto compatto con noduli e strati di selce grigia, talora con intercalazioni oolitiche (Giurassico medio).

4.17 Calcare Massiccio [CM].

Calcare bianco o grigio ceruleo in giacitura massiva raramente pseudostratificato, con intervalli oolitici o dolimitizzati, frequenti intervalli fossiliferi (Giurassico inf.). affiora estesamente sul versante occidentale della struttura.

Geologicamente le formazioni che si rinvencono lungo il tracciato stradale sono:

Alluvioni Recenti e Attuali del torrente Marroggia;

La formazione della Marnoso Arenacea Umbra;

La formazione del Bisciario (prealtro solo in profondità).

5 Geomorfologia

Dal punto di vista morfologico si evince che il territorio appare nella maggior parte ad elevata stabilità geomorfologica per la presenza di estesi affioramenti del substrato roccioso e morfologia ad andamento sub-pianeggiante.

Si rilevano aree con media propensione al dissesto in corrispondenza di conoidi alluvionali, detriti di falda, depositi flyschoidi alterati e aree in forte erosione come si evince dalla carta inventario dei movimenti franosi.

Morfologicamente si individuano zone con versanti e scarpate piuttosto ripide a rischio di crollo piuttosto frequenti, dovuti a distacco e caduta di singoli blocchi o ammassi rocciosi consistenti, su scarpate morfologiche verticali e pareti rocciose aggettanti.

La morfologia dell'area montuosa arrotondata è riconducibile in parte al carsismo che ha avuto un ruolo importante nella evoluzione delle depressioni attuali ma resta il fatto che in gran parte la morfologia è strettamente controllata dalla tettonica. Il modellato strutturale è addolcito dall'abbondante presenza di depositi eluviali (terre rosse), rinvenibili all'interno delle depressioni carsiche (doline) oltre al modellamento dei versanti legato ai processi crio-nivali.

All'interno della struttura montuosa dei Martani si rinvencono fenomeni carsici di notevole entità (doline) riconoscibili per la presenza di depressioni imbutiformi riempite da materiale residuale di colore rossastro (terre rosse) con possibile ristagno di acqua sul fondo della dolina e in particolare all'interno del corridoio di studio si rilevano due esempi di doline di ampiezza dell'ordine del centinaio di metri e precisamente la dolina di Firenzuola e La Corva.

La morfologia fluviale presenta caratteri di forte erosione nell'area di testata dei corsi d'acqua con tracciato incassato all'interno delle strutture carbonatiche mentre la porzione medio-terminale è caratterizzata da pianure alluvionali a fondo piatto, dove il corso d'acqua divaga con tracciato a meandri liberi. Lo sviluppo della rete idrografica e l'andamento morfogenetico dei corsi d'acqua rispecchia la situazione geostrutturale e mostra chiaramente l'effetto legato al controllo strutturale.

La densità di drenaggio è bassa in accordo con la frequente presenza di fenomeni carsici. Il tracciato dei corsi d'acqua subisce un forte controllo tettonico con brusche deviazioni e tratti rettilinei (dislocazioni tettoniche) per sottoimposizione.

La zona esaminata, dal punto di vista geomorfologico, è situata lungo il versante orientale del rilievo collinare di Firenzuola che è parte integrante della struttura montuosa dei Monti Martani con direttrice appenninica NW-SE.

Le condizioni geologiche rilevate assicurano all'area una stabilità geomorfologica che allo stato attuale risulta buona, infatti non si rinvencono fenomeni di dissesto idrogeologico, ad eccezione di limitati soliflussi che movimentano la coltre pedogenetica poggiate sul substrato marnoso e episodi di crolli e rotte di materiale detritico sciolto ricadente alla base delle scarpate antropiche e naturali; il fenomeno interessa comunque solo i materiali di copertura. La natura di tali eventi non risulta collegabile con fenomeni di dissesto profondi e/o generalizzati, ma principalmente è conseguenza diretta di una cattiva regimentazione delle acque di scorrimento superficiale

Nonostante la elevata fatturazione del basamento roccioso non si evidenziano segni e indizi di dissesto idrogeologico sul versante interessato dalla costruzione del tracciato stradale, come si può osservare sulla cartografia ufficiale relativa alla carta inventario dei movimenti franosi. La situazione geomorfologica del tratto terminale che insiste nella pianura alluvionale è caratterizzata da eventi di piena eccezionali ed è a rischio di esondabilità. La realizzazione del tratto in oggetto su viadotti non ostacola il deflusso naturale delle acque e pertanto non determina un aumento della pericolosità idraulica delle aree posta a valle dell'opera da realizzare.

6 Pericolosità e rischio geomorfologico e idrogeologico (IL PAI)

Il Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico-PAI, redatto dall' Autorità di Bacino del Fiume Tevere ai sensi e per gli effetti della legge n. 183/1989 e del decreto legge n. 180/1998, convertito nella legge n. 267/1998, è stato adottato dal Comitato Istituzionale il 1 agosto 2002, e si configura come lo strumento di pianificazione territoriale attraverso il quale l'Autorità di Bacino si propone di determinare un assetto territoriale che assicuri condizioni di equilibrio e compatibilità tra le dinamiche idrogeologiche e la crescente antropizzazione del territorio ed di ottenere la messa in sicurezza degli insediamenti ed infrastrutture esistenti e lo sviluppo compatibile delle attività future.

Il PAI persegue il miglioramento dell'assetto idrogeologico del bacino attraverso interventi strutturali (a carattere preventivo e per la riduzione del rischio) e disposizioni normative per la corretta gestione del territorio, la prevenzione di nuove situazioni di rischio, l'applicazione di misure di salvaguardia in casi di rischio accertato.

In particolare il Piano:

- Individua la pericolosità da frana e la perimetra le situazioni di maggior rischio.
- Individua la pericolosità e il rischio idraulico con riferimento al reticolo principale, secondario e minore, attraverso la perimetrazione delle aree inondabili per diversi tempi di ritorno e la valutazione del rischio degli elementi esposti.
- Valuta l'efficienza idrogeologica dei versanti del bacino;
- Analizza i trend delle dinamiche idrogeologiche e dell'antropizzazione del territorio onde individuare le maggiori criticità e delineare le priorità di intervento.
- Definisce gli interventi a carattere strutturale e normativo.

6.1 Definizione di pericolosità e di rischio

La definizione del rischio, assunta in maniera più o meno esplicita dalle diverse Autorità di bacino in Italia, punto di partenza dell'attività perimetrazione delle aree soggette al rischio, è quella proposta dalle commissioni tecnico-scientifiche dell'UNESCO (relazione di Varnes):

$$R = P \times V \times K$$

che presenta i seguenti fattori funzionali:

RELAZIONE GEOLOGICA

- **Rischio (R):** rischio espresso in termini di danno atteso riferito al costo sociale, di recupero e ristrutturazione dei beni materiali danneggiati dall'agente calamitoso;
- **Pericolosità (P):** pericolosità ovvero probabilità di accadimento dell'evento di una certa intensità;
- **Elementi a rischio (K):** valore esposto, quale identificazione del valore sociale, economico, di persone, beni ed infrastrutture che ricadono nell'area soggetta al fenomeno;
- **Vulnerabilità (V):** vulnerabilità, quale percentuale del valore esposto che andrà perduto nel corso dell'evento.

Lo stesso DPCM 29 settembre 1998 (*Atto di indirizzo e coordinamento in attuazione del D.L. 180/98*) al punto 2.1 "Criteri generali", si riferisce alla formula di Varnes specificando che si dovrà far riferimento ad essa solo per la individuazione dei fattori che determinano il rischio senza porsi come obiettivo quello di giungere ad una valutazione di tipo strettamente quantitativo. Il DPCM definisce le seguenti quattro classi di rischio:

Sigla	Classe di rischio	Definizione
R4	Rischio molto elevato	Rischio per il quale sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socio-economiche
R3	rischio elevato	Rischio per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale
R2	rischio medio	Rischio per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche
R1	rischio moderato	Rischio per il quale i danni sociali, economici e al patrimonio ambientale sono marginali.

6.2 Valutazione della pericolosità e del rischio da frana

Per la valutazione della pericolosità e del rischio da frana Il Pai ha elaborato delle mappe per mezzo di procedure standardizzate mirate alla stima dei parametri indicati nell'"Atto di indirizzo e coordinamento..." del DPCM 29 settembre 1998.

La valutazione del rischio e della pericolosità da frana utilizza come strumento di base, l' inventario dei fenomeni franosi esteso a tutto il territorio del bacino.

E' stato prodotto un Inventario dei fenomeni franosi in scala 1:10.000 a copertura dell'intero territorio del bacino e circa 60.000 aree in dissesto cartografate. L'inventario permette di avere una visione globale della franosità del bacino nei limiti delle incertezze intrinseche del metodo adottato. Esso costituisce pertanto un livello di attenzione di probabile dissesto da verificare sul terreno sulla base di indagini mirate.

La normativa del PAI richiede che i comuni recepiscano l'Inventario dei fenomeni franosi al fine di verificare, sulla base di studi geologici e geomorfologici di dettaglio, la compatibilità delle previsioni urbanistiche con la pericolosità da frana evidenziata, onde prevenire l'esposizione ai rischi derivanti da movimenti franosi. Sulla base dell'inventario dei fenomeni franosi e di sopralluoghi effettuati da tecnici dell'Autorità di Bacino, dell'Università La Sapienza di Roma, del CNR-IRPI di Perugia, delle Regioni, di concerto con i tecnici comunali sono state individuate e definite le situazioni di rischio da frana.

Sulla base di studi geologici di dettaglio da effettuarsi da parte degli enti territorialmente competenti, il PAI dispone che debbano essere modificate le previsioni di occupazione dei suoli se non compatibili con i movimenti gravitativi in atto.

Di seguito si riporta un'estratto della tavola n°164 "Inventario dei Fenomeni Franosi e Situazioni a Rischio Frana" in scala 1:10000 per l'area oggetto di intervento.

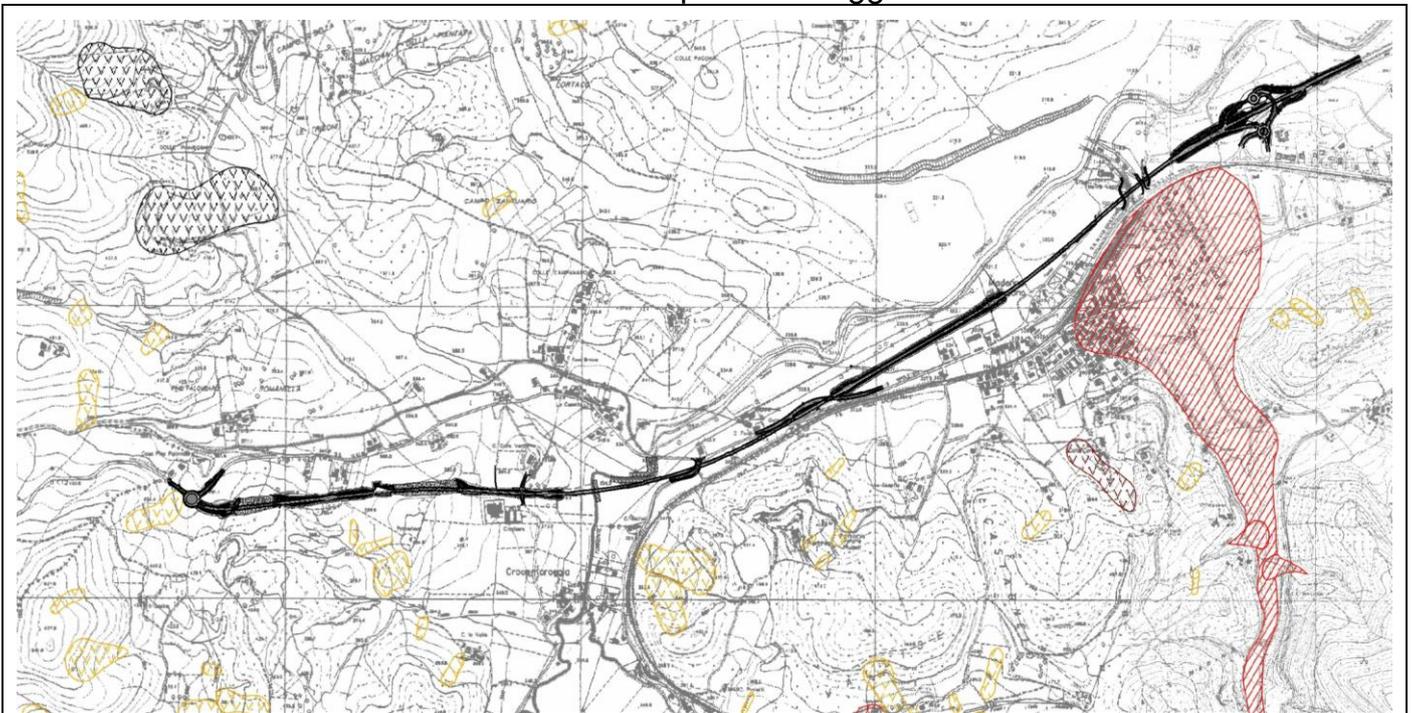


Figura 1: Estratto della Carta Inventario dei Fenomeni Franosi e Situazioni a Rischio Frana (Tav. 164)- scala 1:10000

Legenda

Inventario dei fenomeni franosi				
fenomeno attivo	fenomeno quiescente	fenomeno inattivo*	fenomeno presunto	
				frana per crollo o ribaltamento
				frana per scivolamento
				frana per colamento
				frana complessa
				area con franosità diffusa
				area interessata da deformazioni gravitativo profonde (DGPV)
				area interessata da deformazioni superficiali lente e/o soliflusso
				falda e/o cono di detrito
				debris flow (colata di detrito)

fenomeno attivo	fenomeno quiescente	fenomeno inattivo*	fenomeno presunto	
				area a calanchi o in erosione
				frana presunta
				orlo di scarpata di frana
				frana non cartografabile

Situazioni di rischio da frana	
	R4 - 'molto elevato'
	R3 - 'elevato'

Dalla mappa si evince che il tracciato di progetto lambisce una frana per scivolamento quiescente nei pressi dell'innesto con la SR 418.

6.3 Valutazione della pericolosità e del rischio idraulico

Per quanto riguarda il rischio idraulico, il PAI ha suddiviso il reticolo idrografico in reticolo principale, secondario e minore.

Sul reticolo principale sono state individuate le fasce di assetto idraulico, definite come segue:

- la fascia A, corrispondente ad un tempo di ritorno 50 anni,
- la fascia B corrispondente ad un tempo di ritorno di 200 anni
- la fascia C, corrispondente ad un tempo di ritorno 500 anni.

Alle varie fasce fluviali è stata inoltre attribuita la relativa classe di rischio, per le quali sono previsti disposizioni tecnico-normative che disciplinano l'uso delle aree a rischio, interventi strutturali di difesa idraulica e delocalizzazioni. Le classi di rischio sono così definite:

- R4: rischio molto elevato;
- R3- rischio elevato;
- R2- rischio medio.

L'individuazione delle aree di pericolosità idraulica e delle zone di rischio lungo il reticolo principale deriva dalla valutazione di diversi elementi che caratterizzano il reticolo stesso, quali: la morfologia delle aree fluviali, le caratteristiche idrologiche, l'uso del suolo e le previsioni urbanistiche che determinano la vulnerabilità degli elementi esposti ad un eventuale rischio.

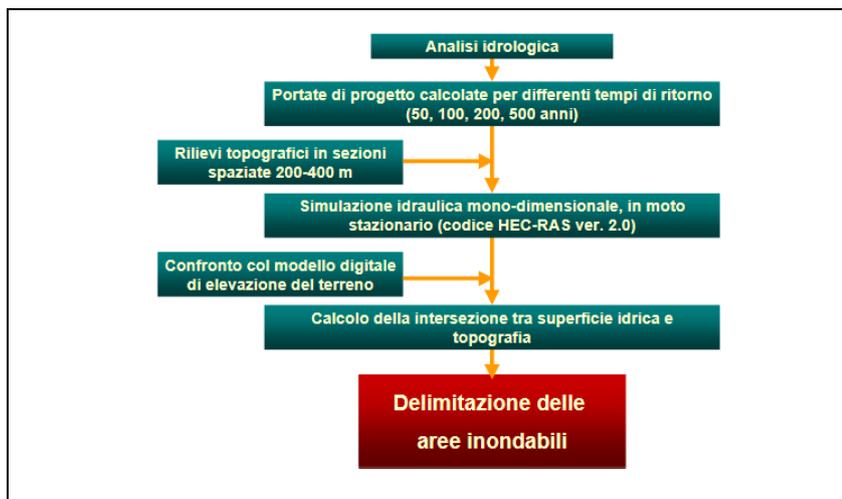


Figura 2: Procedura di individuazione della pericolosità idraulica

Nel giugno 2013 sono state predisposte e pubblicate nel sito dell’Autorità di bacino del Tevere le mappe di pericolosità e di rischio secondo l’articolo 6 del Decreto 49/10.

Nella redazione delle mappe di pericolosità sono state considerate:

- le alluvioni rare di estrema intensità, tempo di ritorno fino a 500 anni dall’evento (bassa probabilità);
- le alluvioni poco frequenti, tempo di ritorno fra 100 e 200 anni (media probabilità);
- le alluvioni frequenti, tempo di ritorno tra 20 e 50 anni (elevata probabilità)

Per ognuno di tali scenari sono stati indicati l’estensione dell’inondazione, l’altezza idrica o livello e le caratteristiche del deflusso.

Nella redazione delle mappe di rischio sono stati considerati diversi elementi quali il numero indicativo di abitanti potenzialmente interessati, le infrastrutture e strutture strategiche, i beni ambientali, storici e culturali di rilevante interesse, la distribuzione e tipologia delle attività economiche insistenti nell’area potenzialmente interessata, gli impianti di cui all’all. 1 al D. Lgs. 59/2005 e le Aree protette individuate secondo l’allegato 9 parte III del D. Lgs. 152/2006.

Più in dettaglio, sempre per quanto concerne il bacino del fiume Tevere, il materiale di base, utilizzato per le mappe, è costituito dal PAI vigente, sul quale sono stati effettuati gli interventi di modificazione, integrazione, omogeneizzazione, secondo le specificità previste dal D. Lgs. 49/2010 e le linee di indirizzo rilasciate dal Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio del Mare.

In particolare, si è provveduto a convertire e omogeneizzare le attuali fasce fluviali determinate dal PAI e dagli studi di aggiornamento che si sono resi disponibili, secondo il passaggio di ammissione e corrispondenza fra fasce A,B,C e pericolosità P1, P2, P3, in gradazione alta, media, bassa.

Fascia Fluviale	Tempo di ritorno	Pericolosità	Scenari associati
A	50 anni	P3=elevata	alluvioni frequenti

RELAZIONE GEOLOGICA

B	200 anni	P2=media	alluvioni poco frequenti
C	500 anni	P1=bassa	alluvioni rare di estrema intensità

Così come individuata, la fascia A è caratterizzata dalla massima pericolosità ed è definita dal limite delle aree di esondazione diretta della piena di riferimento con Tr 50. Per la sua vicinanza al corso d'acqua, per le evidenti interconnessioni di tipo idraulico e per la presenza di habitat faunistici e vegetazionali tipici dell'ecosistema fluviale, la fascia A è considerata di pertinenza fluviale. Il Piano Stralcio prevede per la fascia A la possibilità di libere divagazioni del corso d'acqua ed il libero deflusso delle acque della piena di riferimento; in questo senso ulteriori insediamenti, rispetto a quelli già esistenti e perimetrati come aree a rischio, non sono considerati compatibili con gli obiettivi di assetto della fascia. La fascia B è compresa tra il limite delle aree di esondazione diretta ed indiretta delle piene con Tr 50 e Tr 200. Detta delimitazione include le aree di esondazione indiretta e le aree marginali della piena con Tr 50.

Poiché uno degli obiettivi di assetto della fascia B è quello della conservazione delle capacità di invaso, le aree di esondazione indiretta della piena con Tr 200 vi sono incluse. Il piano stralcio riconosce a queste aree la necessità di conservazione della capacità di laminazione della piena e individua criteri ed indirizzi per la compatibilità delle attività antropiche. La fascia C comprende le porzioni di territorio inondabili comprese tra le piene con Tr 200 e Tr 500 e le aree marginali della piena con Tr 200. Per la fascia C il piano stralcio persegue il raggiungimento degli obiettivi di assetto attraverso indirizzi e linee guida, nell'ambito delle proprie competenze, per le Amministrazioni provinciali a cui, ai sensi della legge 225/1992 compete la predisposizione dei Piani di protezione civile

Per quanto riguarda il rischio si fa riferimento ai parametri R1, R2, R3, R4 tramite macro categorie relative ai beni, esposti (da D1 a D4) tramite la matrice di riferimento riportata di seguito.

CLASSI DI RISCHIO		CLASSI DI PERICOLOSITA'								
		P3		P2		P1				
CLASSI DI DANNO	D4	R4		R4		R3		R2		
	D3	R4		R3		R3		R2		R1
	D2	R3		R2		R2		R1		
	D1	R1			R1			R1		

In conformità con le Norme Tecniche di attuazione del P.A.I. che individuano le prescrizioni dirette riferite alle "Limitazioni alle attività di trasformazione del territorio nelle situazioni di rischio, tutti gli interventi di progetto sono sottoposti alla preventiva autorizzazione dell'autorità competente.

7 Idrogeologia

La situazione idrogeologica dell'area è stata ricostruita ed analizzata attraverso i risultati delle indagini e la misura del livello della falda nei punti d'acqua presenti nell'area di interesse. Il rilievo di sorgenti e piezometriche ha permesso di verificare la presenza di diversi domini con sede rispettivamente nelle alluvioni antiche e recenti del fondovalle, nei depositi conoidali, nei travertini, nei depositi fluvio-lacustri, nel basamento flyschoidale, e all'interno dei massicci carbonatici.

7.1 Acquifero complesso detritico e travertini.

Si rinvennero sulla valle tiberina zona Acquasparta e fungono da raccordo con i prospicienti rilievi montuosi.

Sono caratterizzati rispettivamente da materiale ghiaioso sabbioso in matrice argillosa rossastra e da strati e banchi di materiale calcareo, spesso poroso e fratturato.

Le indagini e i pozzi presenti indicano la presenza di sistemi acquiferi anche importanti a quote differenti rispetto al piano campagna che testimoniano l'eterogeneità litologica dei depositi.

7.2 Acquifero complesso alluvionale.

L'analisi dei dati ottenuti durante le indagini ha consentito di individuare la presenza di un acquifero alluvionale in falda freatica con sede nei depositi alluvionali di natura ghiaioso-sabbiosa, limitato inferiormente dai livelli limoso-argillosi. Tale acquifero risulta confinato lateralmente dal basamento litoide e dai depositi plio-pleistocenici e in profondità dalle argille limose in facies alluvionale.

La natura litologica e la geometria del deposito consente di poter indicare che la circolazione idrica sotterranea risulta condizionata fortemente dalla geometria dei terreni acquiferi alluvionali, che risulta lenticolare e caratterizzata da numerose interdigitazioni, pregiudicando a volte la continuità laterale dei livelli produttivi; tale acquifero risulta di elevata produttività.

La quota della piezometrica è molto variabile e rispecchia l'andamento discontinuo dei livelli sabbioso-ghiaiosi; in generale si mantiene intorno ai 6-8 m, anche se si rilevano delle zone dove la falda in determinati periodi dell'anno (stagione primaverile) può raggiungere la topografica (attualmente si situa a 1.5 m dal P.C.).

7.3 Acquifero complesso fluvio-lacustre.

Dall'indagine geologica e da perforazioni per ricerche idriche eseguite si è potuto ricostruire l'acquifero presente in terreni fluvio-lacustri plio-pleistocenici dove si intercettano livelli produttivi a diverse profondità dal piano campagna; si evince che è presente un acquifero di tipo multifalda interconnesso con sede negli strati e intercalazioni sabbiose del deposito fluvio-lacustre e limitato inferiormente dai livelli argillosi; tale acquifero risulta di scarso interesse per la bassa produttività.

Il livello piezometrico varia seguendo l'andamento discontinuo dei livelli sabbioso-ghiaiosi; in

generale si rinviene intorno ai 40 m.

7.4 Acquifero complesso Flyschoide.

Si rinviene sui rilievi collinari prospicienti la struttura montuosa sul versante orientale dei monti Martani ed è costituita da marne prevalenti con intercalazioni arenacee. La natura prevalentemente marnoso-argillosa impedisce la formazione di ingenti risorse idriche nel sottosuolo; la circolazione idrica appare modesta e circoscritta con sede nelle arenarie fratturate. La permeabilità è strettamente dipendente dal grado di fratturazione della roccia e comunque si mantiene su valori medio-bassi. L'acquifero non risulta di particolare interesse a livello produttivo.

7.5 Acquifero complesso carbonatico.

Si rinviene all'interno dei rilievi montuosi della dorsale dei monti Martani con sede nelle formazioni calcaree per fatturazione e/o per carsismo (Calcarea Massiccio, Corniola, Maiolica, Scaglia Bianca e Rossa). La presenza di un sovrascorrimento a basso angolo sul versante orientale della struttura antinclinale rovescia e di numerose dislocazioni tettoniche che pongono a contatto strati rocciosi di natura carbonatica con litotipi a bassa permeabilità che costituiscono vere e proprie soglie di permeabilità favoriscono l'accumulo di consistenti risorse, testimoniate dalla presenza di numerose emergenze idriche lungo la zona di contatto tettonico; la situazione geologico strutturale e i sistemi di fatturazione possono determinare la formazione di diversi sistemi acquiferi anche molto consistenti e di elevata qualità (acque oligominerali), all'interno della struttura carbonatica.

Il progetto inetressa un tratto del tracciato stradale che attraversa terreni che sono sede di due acquiferi sopra descritti e precisamente l'acquifero alluvionale e quello del complesso flyschoide.

Il primo acquifero è idrogeologicamente identificabile con un sistema monostrato ed è di rilevante importanza dal punto di vista della consistenza e produttività, si stabilizza ad una profondità media di 5 – 6 m e risente delle escursioni stagionali con variazioni del livello freatico anche consistenti.

L'intervento non pregiudica le caratteristiche idrogeologiche relative alla geometria e alla dinamica e dovrà essere eseguito nel rispetto della normativa vigente in riferimento alle norme di salvaguardia e di tutela delle acque sotterranee e questo per quanto riguarda l'accidentale sversamento di materiali inquinanti durante la fase di perforazione e/o di getto del calcestruzzo. L'acquifero del complesso flyschoide presenta caratteristiche molto differenti e legate alla permeabilità di tipo secondario per fatturazione, che come rilevato dalle prove lugeon risulta molto bassa, e determina acquiferi anche multistrato, che possono determinare modesti gradienti idraulici.

Tale acquifero è discontinuo e di bassa potenzialità.

8 Caratteri sismici

L'area della catena montuosa dell'Appennino Umbro Marchigiano e dei Monti Martani è caratterizzata da una sismicità diffusa con sequenze sismiche frequenti.

I recenti eventi sismici hanno evidenziato in maniera inequivocabile che la catena dei monti Martani e dell'Appennino Umbro-Marchigiano è in una fase di deformazione sismica di tipo distensivo, in grado di riattivare sistemi dislocativi tali da produrre un elevato numero di repliche. Di seguito vengono riportati i dati relativi ai principali terremoti storici dell'area Umbro-Marchigiana:

Alla luce delle conoscenze acquisite in occasione delle numerose sequenze e di altre sequenze sismiche studiate (Norcia 79 – Gubbio 84 – Colfiorito 97) si delinea un meccanismo di attivazione che interessa strutture sismogenetiche poste all'interno della struttura dei monti Martani e dell'Appennino Umbro-Marchigiano il cui campo di sforzo regionale sia contraddistinto da una estensione in senso anti-appenninico.

Le profondità ipocentrali sono comprese entro i primi 15 Km della crosta e la sequenza sismica mostra una particolarità data dalla concentrazione in zone differenti attivate distintamente nel tempo.

La "Faglia Bordiera dei monti Martani" sembra essere uno dei principali lineamenti sismogenetici dell'area data la natura estensionale, la recente attività geologica nonché l'attività sismica registrata negli ultimi anni lungo questo settore.

Si riportano dati relativi ai principali terremoti storici dell'Appennino Umbro-Marchigiano.

*Il **30 aprile 1279** l'Appennino umbro-marchigiano fu interessato da un terremoto che precedette di poche ore un secondo evento distruttivo verificatosi nell'Appennino tosco-emiliano. Alcuni cronisti medievali hanno descritto questi eventi come un unico fenomeno abbracciante gran parte dell'Italia centrale. L'area di danneggiamento del terremoto umbro-marchigiano fu comunque ampia. Fonti coeve e attendibili attestano che due terzi degli edifici di Camerino furono distrutti mentre Cagli, Fabriano, Matelica, San Severino Marche, Cingoli, Nocera, Foligno e Spello rimasero "diroccate". Tutti i castelli (ossia insediamenti minori cinti da mura) nelle montagne tra Nocera e Camerino "patirono molti danni".*

*Il terremoto del **dicembre 1328** a Norcia fu causa di crolli di gran parte degli edifici e delle mura. L'evento del **5 novembre 1599** fu preceduto da lievi scosse avvertite a Cascia dal principio di ottobre e da una scossa che lesionò parecchi edifici il 4 novembre. Nella notte 5-6 novembre la scossa maggiore causò a Cascia il crollo di case e danni gravi a tutti gli altri edifici.*

*I terremoti del **gennaio-febbraio 1703**, localizzati in Umbria e Abruzzo sono per l'Italia centrale una delle più significative sequenze sismiche dell'ultimo millennio. Gli eventi maggiori si ebbero il 14 e 16 gennaio e il 2 febbraio 1703. L'evento del 14 gennaio interessò con i massimi effetti una vasta area dell'Umbria e del Lazio all'incirca compresa tra Norcia e Amatrice.*

*La mattina del **27 giugno 1719** una scossa di terremoto interessò Norcia e Cascia dove si aprirono ampie fenditure negli edifici nuovi, costruiti dopo i terremoti del 1703.*

Quello del **17 aprile 1747** potrebbe essere il principale in una sequenza di eventi verificatisi tra il 26 gennaio e il 20 dicembre 1747 in un vasto territorio compreso tra Nocera Umbra e Senigallia. Esso causò crolli e danni abbastanza gravi nel territorio della diocesi di Nocera Umbra e nel Fabrianese (Nocera Umbra e località minori del Nocerino, Gualdo Tadino, Sigillo, Belvedere, Campodonico, Fabriano). Gli eventi del **13 gennaio 1832** furono i maggiori in una sequenza di scosse che interessarono l'area di Foligno a partire dal 27 ottobre 1831. Il primo evento causò a Foligno danni di media entità e fu seguito da leggere repliche nei giorni seguenti. Tali danni furono aggravati il 6 novembre 1831 da una forte scossa seguita da repliche minori.

Il terremoto della mattina del **14 febbraio 1838** si verificò nell'area compresa tra Sellano, Acera e Cerreto di Spoleto, e in due località situate nell'area montuosa ad est di Foligno (Verchiano e Val Lupo) fino a Spoleto.

Il terremoto del **19 settembre 1979** colpì gravemente alcune piccole località montane della Valnerina (Civita, Chiavano, Castel Santa Maria e Trimezzo). L'area di danno medio grave si estese tra Leonessa, Accumoli, Visso, Sellano e Poggiodomo. A Norcia si ebbero alcuni crolli parziali e danni a moltissimi edifici; a Cascia molte case furono danneggiate anche gravemente, e si ebbero alcuni crolli parziali. L'evento fu avvertito in numerose località umbre, marchigiane, abruzzesi e laziali, e fu seguito da numerose repliche.

Il terremoto del **26 settembre 1997** colpì gravemente l'Umbria e le Marche e moltissime località montane dell'Appennino Umbro Marchigiano con scosse disastrose e migliaia di repliche che provocarono crolli di edifici e paesi interi rese inagibili (Assisi, Nocera Umbra, Colfiorito, Verchiano, Sellano, Gualdo Tadino e Foligno). L'area di danno grave si estese sull'intero appennino da Spoleto a Gualdo Tadino. L'evento ha causato danni in numerose località umbre e marchigiane.

Il tracciato di progetto ricade all'interno di un'area ad elevato rischio sismico dove nel passato si sono verificati terremoti con intensità epicentrale superiore a 9 (MCS); il D.M. 26 giugno 1981 "Aggiornamento delle zone sismiche della Regione Umbria" inserisce il territorio comunale di Acquasparta e Spoleto all'interno di una zona sismica $S = 9$ (coefficiente di accelerazione sismica $C_s = 0.07$).

Il catalogo storico dei terremoti riporta eventi sismici di entità rilevante al di sopra della soglia di danno (*Magnitudo calcolata sulle onde superficiali* = 5.2) a partire dall'anno 1246 d.C.

Nel presente capitolo si descrivono le caratteristiche sismiche del territorio intressato dalle opere di progetto, partendo dall'analisi delle sequenze sismiche storiche, si riporta la classificazione sismica dell'area aggiornata secondo la normativa regionale recente e le caratteristiche di pericolosità sismica di base. Infine si definisce la categoria di sottosuolo ai sensi delle NTC 2018.

8.1 Normativa di riferimento

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

RELAZIONE GEOLOGICA

- [L. 02/02/74, n. 64](#): Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- [D.M. 16/01/96](#): Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.
- [Eurocodice 7.1 \(1997\)](#): Progettazione geotecnica – Parte I: Regole Generali. UNI;
- [Eurocodice 8 \(1998\)](#);
- [Ord.P.C.M. del 12/06/1998 n.2788](#) Individuazione delle zone ad elevato rischio sismico del territorio nazionale.
- [Eurocodice 7.2 \(2002\)](#): Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI;
- [Eurocodice 7.3 \(2002\)](#): Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita con prove in sito (2002). UNI;
- [Ord.P.C.M. del 20 marzo 2003 n. 3274](#) Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. (Gazzetta n. 105 del 8-5-2003)
- [Ord.P.C.M. del 2 ottobre 2003 n. 3316](#) Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003
- [Ord.P.C.M. del 3 maggio 2005 n. 3431](#) Ulteriori modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 [Allegati](#)
- [Ordinanze Ministeriali in materia di classificazione sismica](#)
- [Ord.P.C.M. del 28 aprile 2006 n. 3519](#) "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" (G. U. 11 maggio 2006 n. 108) [Allegato](#)
- [D.P.C.M. del 12 ottobre 2007](#) "Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni" (G. U. 29 gennaio 2007 n. 24).
- [D.M. 17/01/2018 - "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni"](#);
- [D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207](#) "Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE»".
- [D.M. 14/01/2008 - "Nuove Norme tecniche per le costruzioni"](#);
- [Circolare Ministero dei LL.PP. 02/02/09 n. 617 - Istruzione per l'applicazione delle "Nuove Norme tecniche per le costruzioni"](#);

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

- [Atti Regione Umbria in materia di classificazione sismica](#)

- [D.G.R. 10.12.1987. N. 8396 \(B.U.R. n.111 del 28.01.1988\)](#). – Norme Tecniche relative alle costruzioni sismiche. D.M. 24.01/86. Paragrafo C.9. “Interventi su edifici esistenti”. Determinazione.
- [D.G.R. N. 5180/98](#). – Riparazione degli edifici danneggiati dal sisma del 1997 e seguenti (Ricostruzione pesante).
- [D.G.R. 18.06.2003 n. 852](#) - "Approvazione classificazione sismica del territorio regionale dell'Umbria.
- [D.G.R. 25.06.2004 n. 911](#) Programma annuale per la prevenzione sismica. Art. 3 leggeregionale 23 ottobre 2002, n. 18. Approvazione.
- [D.G.R. n. 1111 del 18 settembre 2012](#)- “Aggiornamento della classificazione sismica del territorio regionale dell'Umbria”

8.2 Inquadramento sismotettonico

Il territorio nazionale è caratterizzato da una sismicità che si distribuisce lungo fasce a caratteristiche sismiche omogenee, variamente orientate, denominate Zone Sismogenetiche. La zonazione ZS9 (INGV, 2004), già evoluzione di zonazioni precedenti (ZS4, 2000) mette in risalto la disposizione di tali zone; essa è stata elaborata in modo da soddisfare alcuni requisiti fondamentali, tra i quali è opportuno citare:

- la possibilità di fornire, per ogni ZS, una stima di profondità dei terremoti utilizzabile in combinazione con le relazioni di attenuazione determinate su base regionale;
- fornire, per ogni ZS, un meccanismo di fagliazione prevalente utilizzabile in combinazione con le relazioni di attenuazione modulate su tale meccanismo, mediante i coefficienti proposti tramite appositi algoritmi.

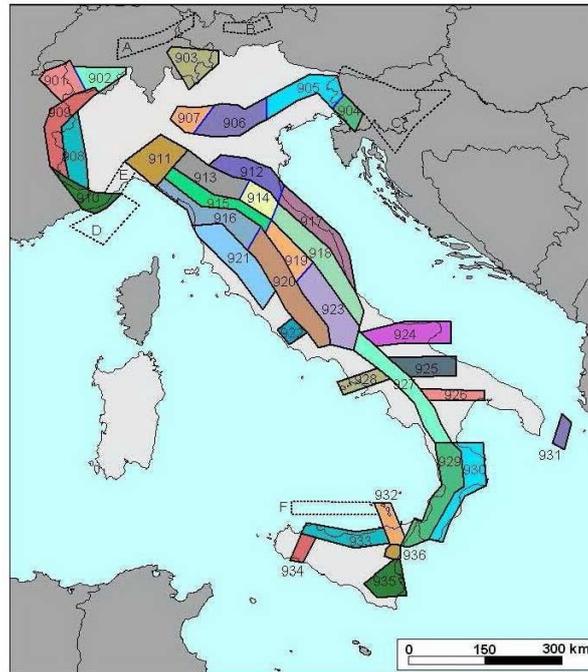


Figura 3: Zonazione sismogenetica del territorio nazionale (INGV, 2004). I limiti di colore blu separano zone con analogo significato cinematico, che differiscono principalmente per le caratteristiche di sismicità.

I dati di sismicità ottenuti dai database di riferimento sono stati gestiti in associazione con gli elementi descritti attraverso la zonazione ZS9, allo scopo di predisporre gli elementi di ingresso per il calcolo della pericolosità sismica sull'intero territorio nazionale.

La zonazione sismogenetica del territorio nazionale, assegna l'Umbria a più zone sismogenetiche della Catena Appenninica settentrionale e centrale; principalmente sono coinvolte le zone 918, 919 e 920 (Medio - Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Val di Chiana - Ciociaria) che, anche in virtù della loro maggiore estensione in senso NN/O-SS/E, coprono quasi tutto il territorio regionale in senso appenninico. In particolare la viabilità di progetto, come si evince dalla mappa sottostante ricade nella **Zona 920** (Val di Chiana-Ciociaria) che coincide con il settore in distensione tirrenica definito nel modello sismotettonico di Meletti et al. (2000). Questa zona è caratterizzata da una sismicità di bassa energia che sporadicamente raggiunge valori di magnitudo relativamente elevati. Le profondità degli eventi sismici in questa zona sismogenetica si concentrano tra i 5-8 km di profondità (profondità efficace=6 km) con una magnitudo massima Md pari a 4.6, il meccanismo di fagliazione prevalente è di tipo normale in accordo con il sistema distensivo peritirrenico del territorio.

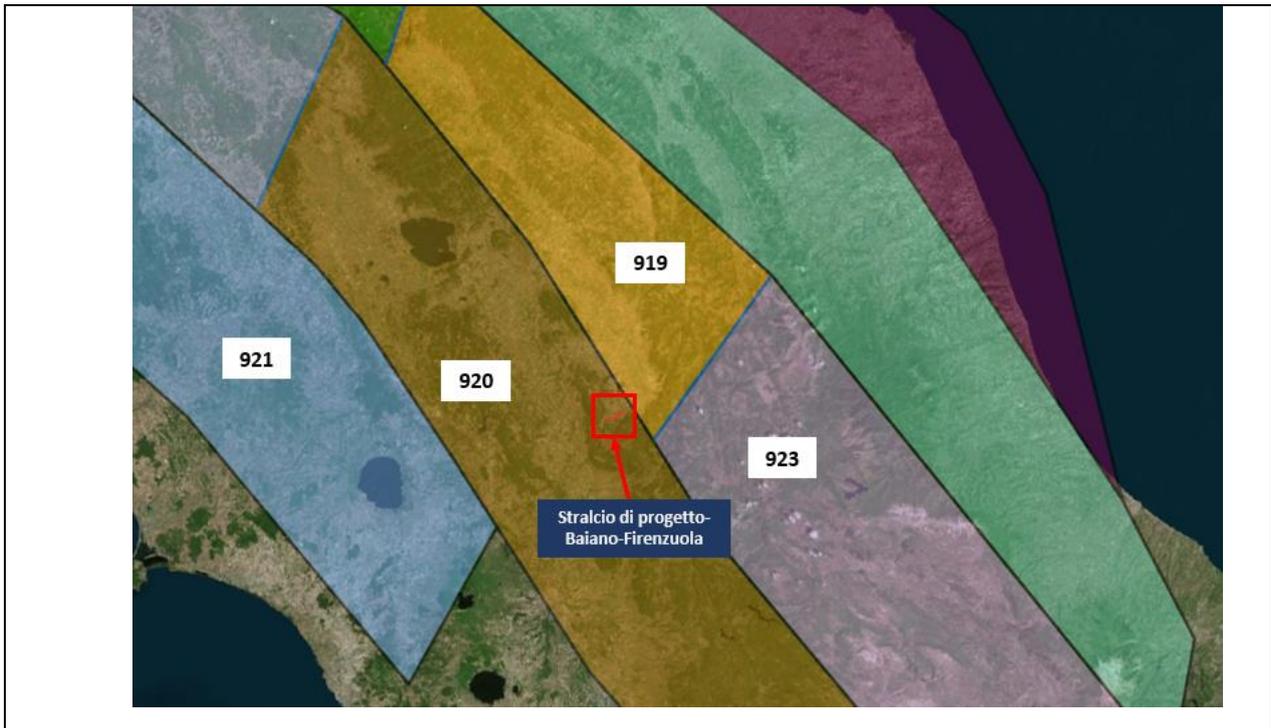


Figura 4: Zonazione sismogenetica del territorio nazionale (INGV, 2004) con ubicazione della viabilità di progetto.

La figura sottostante illustra l'ubicazione delle cosiddette "faglie capaci" nell'intorno dell'area di studio, la cui presenza è stata verificata consultando il catalogo delle faglie capaci ITHACA, disponibile on-line presso il Servizio Geologico Nazionale (ISPRA, 2011).

Il termine faglie capaci è utilizzato per descrivere le faglie 'sismiche' con indizi di attività negli ultimi 40.000 anni, potenzialmente capaci di produrre deformazioni in superficie. La riattivazione di faglie capaci in occasione di eventi sismici di intensità elevata è in grado di produrre fenomeni di rottura superficiale in prossimità delle aree epicentrali.

Dall'analisi del suddetto catalogo in prossimità dell'area d'interesse, ma non intercettate dalla viabilità di progetto, si rileva la presenza delle seguenti faglie capaci denominate:

- "Spoleto Valley (antithetic)";
- "Spoleto";
- "Martani Mts Fault".



Figura 5- Mappa delle faglie capaci estratta dal "Catalogo delle Faglie Capaci (ITHACA-ISPRA)" con in evidenza la zona di inizio e fine stralcio di progetto.

Nella tabella seguente si riassumono le principali caratteristiche delle faglie capaci:

Denominazione Faglia	Codice faglia	Cinematica	Lunghezza (Km)	Direzione dell'Inclinazione	Direzione media (°)
"Spoleto valley (antithetic)"	62900	faglia diretta	14,3	NENE	330
"Spoleto "	62901	faglia diretta	8	NW	230
"Martani Mts."	62500	faglia diretta	37,9	WSW	160

8.3 Sismicità storica

L'analisi della sismicità storica per l'area oggetto di studio è stata condotta consultando il Database Macrosismico Italiano DBMI15, 2015 (disponibile nel portale dell'INGV), da fonti storiche e informazioni reperibili in letteratura. Il DBMI fornisce un set di dati d'intensità macrosismica relativo ai terremoti italiani dal 1000 al 2014. Per ogni evento nel database è riportata l'indicazione della data, la descrizione dei danni e la stima dell'Intensità macrosismica secondo la scala EMS98 (*European Macroseismic Scale; Grünthal, 1998*). Il DBMI15 presenta le

RELAZIONE GEOLOGICA

intensità adottando lo standard proposto da AHEAD, cioè numeri arabi interi e, nel caso di attribuzioni incerte si indicano i due estremi separati da un trattino (es.: 5-6, 7-8).

Tale standard applica rigorosamente anche le indicazioni delle scale macrosismiche, secondo cui non è possibile assegnare un'intensità a edifici isolati o territori estesi, nei cui casi si altera l'intensità riportata dallo studio originale. Se le informazioni disponibili non sono considerate sufficienti per stimare un'intensità, è possibile adottare codici descrittivi come "D" per danno, o "F" per sentito ("Felt").

Il Database Italiano 2015 comune di 150 eventi, riportano di

Effetti		In occasione del terremoto del								
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7-8	1246						Spoleto	1	7-8	5.33
8	1277						Spoleto	1	8	5.56
8	1298	12	01				Monti Reatini	5	9-10	6.26
5	1352	12	25				Alta Valtiberina	7	9	6.31
6	1496	06					Valle Umbra	3	5	4.16
6-7	1529	01	01				Spoleto	1	6-7	4.86
F	1599	11	06	01	25		Valnerina	20	9	6.07
NF	1639	10	07				Monti della Laga	39	9-10	6.21
5	1646	04	28	07			Monti della Laga	10	9	5.90
6-7	1648	01	01				Spoleto	1	6-7	4.86
6-7	1655	02	03				Spoleto	2	6-7	4.86
7	1667						Spoleto	1	7	5.10
3-4	1672	04	14	15	45		Riminese	92	8	5.59
F	1702	10	18				Valnerina	5	5	4.16
7-8	1703	01	14	18			Valnerina	197	11	6.92
8	1703	01	16	13	30		Appennino laziale-abruzzese	22		
8	1703	02	02	11	05		Aquilano	69	10	6.67
5-6	1703	06	29	18			Valnerina	3	5-6	4.40
5	1719	06	27	06	30		Valnerina	16	8	5.59
5	1730	05	12	05			Valnerina	115	9	6.04
8	1745	03					Valle Umbra	2	7	5.10
5	1751	06	11				Ternano	8	7	5.12
F	1751	07	27	01			Appennino umbro-marchigiano	66	10	6.38
7-8	1767	06	05	01	30		Valle Umbra	10	7-8	5.45
5-6	1767	09	02				Valle Umbra	2	5-6	4.40
NF	1785	05	03	02	30		Appennino umbro-marchigiano	11	7	5.10
F	1785	10	09	03	15		Monti Reatini	33	8-9	5.76
4-5	1791	10	11	13	05		Appennino umbro-marchigiano	54	8	5.57
6	1804	07	28	23			Valle Umbra	7	6-7	4.95
F	1805	07	26	21			Molise	220	10	6.68
7	1832	01	13	13			Valle Umbra	101	10	6.43
5	1832	11	21	21			Appennino umbro-marchigiano	8	6	4.78
6	1838	01	05	14			Valnerina	8	7	5.10

Macrosismico riporta per il Spoleto n° che si seguito:

RELAZIONE GEOLOGICA

Effetti		In occasione del terremoto del								
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6	1838	02	14	07	30		Valnerina	24	8	5.48
6	1838	08	05	17	15		Valnerina	10	7	5.19
6	1853	09	22				Spoletto	1	6	4.63
F	1854	01	17	09			Narni	6	5-6	4.71
6	1854	02	12	05			Valle Umbra	21	8	5.57
5	1859	08	22				Valnerina	20	8-9	5.73
6-7	1873	03	12	20	04		Appennino marchigiano	196	8	5.85
4	1875	03	17	23	51		Costa romagnola	144	8	5.74
6-7	1876	05	22	00	30		Spoletto	14	5-6	4.57
6	1878	09	15	07	20		Valle Umbra	34	8	5.46
6	1879	02	23	18	30		Valnerina	15	8	5.59
5-6	1881	03	11	22	50		Valle Umbra	15	5	4.51
5	1882	05	26	04	15		Cascia	16	5	4.45
4	1885	04	10	01	44		Appennino laziale-abruzzese	44	5	4.57
4	1885	06	17	22	34		Monti Reatini	9	7	4.90
F	1891	07	14	05	58		Trevi	9	5	4.16
2	1892	01	22				Colli Albani	81	7	5.14
5	1893	08	02	00	59		Valnerina	84	5-6	4.55
6-7	1895	05	20	15	32	57	Valle Umbra	27	5-6	4.49
4	1895	08	09	17	38	20	Adriatico centrale	103	6	5.11
4-5	1895	08	25	00	17	10	Sellano	13	5	4.25
2	1895	11	01				Campagna romana	94	6-7	4.83
3	1896	01	06	15	59		Narni	13	5	4.08
4	1897	01	19	19	20		Poggiodomo	19	6	4.68
3	1897	12	18	07	24	20	Alta Valtiberina	132	7	5.09
5	1898	06	27	23	38		Reatino	186	8	5.50
3	1898	08	25	16	37	46	Valnerina	67	7	5.03
3-4	1899	04	21	00	57	55	Narni	45	4	3.96
3	1899	07	19	13	18	54	Colli Albani	122	7	5.10
3	1900	05	19	16	55		Arrone	13	6	4.22
2	1901	07	31	10	38	30	Sorano	76	7	5.16
6	1901	08	04	06	52		Valle Umbra	3	5	4.16
4	1902	06	14	14	30	45	Giano dell'Umbria	3	5	4.16
4	1902	10	23	08	51		Reatino	77	6	4.74
3-4	1903	11	02	21	52		Valnerina	33	6	4.81
2	1904	06	20	01	24		Assisi	24	5	4.10
4	1904	09	02	11	21		Maceratese	59	5-6	4.63
3-4	1905	12	09	21	41		Valle Umbra	42	5	4.24
5	1906	02	05	16	34		Valnerina	55	5	4.41
3	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
NF	1909	02	06	08	05		Ternano	12	5	4.16

RELAZIONE GEOLOGICA

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
2-3	1909	08	25	00	22		Crete Senesi	259	7-8	5.34
5-6	1909	10	01	01	08		Spoletto	8	5-6	4.40
4	1910	06	29	13	52		Valnerina	58	7	4.93
6-7	1915	01	13	06	52	43	Marsica	1041	11	7.08
2	1915	03	26	23	37		Perugino	40	6	4.55
F	1916	04	22	04	33		Aquilano	9	6-7	5.09
3	1916	05	17	12	50		Riminese	132	8	5.82
3	1916	11	16	06	35		Alto Reatino	40	8	5.50
3	1917	05	12	15	34	36	Ternano	34	7-8	5.03
4	1918	04	14	01	56		Monti Martani	21	6	4.48
3	1919	06	29	15	06	13	Mugello	565	10	6.38
2-3	1919	09	10	16	57		Val di Paglia	67	7-8	5.36
F	1919	10	22	06	10		Anzio	142	6-7	5.22
4	1922	12	29	12	22	06	Val Roveto	119	6-7	5.24
3	1923	07	12	20	49		Marche meridionali	20	5	4.28
2	1924	01	02	08	55	13	Senigallia	76	7-8	5.48
4	1930	04	07	17	17	18	Monti Sibillini	28	5-6	4.50
4	1930	10	30	07	13		Senigallia	268	8	5.83
3	1938	08	12	02	28	33	Appennino laziale-abruzzese	55	5-6	4.56
4	1940	10	16	13	17		Val di Paglia	106	7-8	5.29
4	1948	12	31	03	32		Monti Reatini	95	8	5.42
5-6	1950	09	05	04	08		Gran Sasso	386	8	5.69
F	1951	08	08	19	56		Gran Sasso	94	7	5.25
NF	1954	03	23	17	55		Collestatte	20	5	4.16
NF	1957	03	12	16	20		Valnerina	62	5	4.16
6-7	1957	07	19	09	04	07	Valle Umbra	58	6-7	4.58
3	1960	02	06	12	00	30	Valle Umbra	11	5	4.18
2-3	1960	02	24	01	51		Appennino umbro-marchigiano	25	5	4.32
3	1960	04	23	11	44		Monti Martani	21	6	4.66
F	1960	07	12	14	08		Monti Martani	35	7-8	4.93
3	1962	08	30	12	10		Valnerina	35	7	5.02
5	1962	10	20	09	27		Valle Umbra	7	7-8	5.34
3	1969	09	26	23	40	39	Teramano	97	5	4.39
4	1970	09	07	14	02	21	Appennino umbro-marchigiano	56	5	4.35
5	1971	04	02	01	43	54	Valnerina	68	6	4.50
4	1972	11	26	16	03		Marche meridionali	73	8	5.48
5	1974	12	02	01	55	15	Valnerina	27	7-8	4.58
F	1976	05	06	20	00	1	Friuli	770	9-10	6.45
5	1978	07	30	05	19	23	Ternano	25	7	4.32
6-7	1979	09	19	21	35	37	Valnerina	694	8-9	5.83
4	1980	02	28	21	04	40	Valnerina	146	6	4.97

RELAZIONE GEOLOGICA

Effetti		In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw	
4	1980	05	24	20	16	04	Monti Sibillini	58	5-6	4.48	
NF	1980	11	23	18	34	52	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81	
4-5	1984	04	29	05	02	59	Umbria settentrionale	709	7	5.62	
3	1984	05	07	17	50		Monti della Meta	911	8	5.86	
NF	1984	05	11	10	41	4	Monti della Meta	342	7	5.47	
3	1986	10	13	05	10	0	Monti Sibillini	322	5-6	4.46	
NF	1987	07	03	10	21	5	Costa Marchigiana	359	7	5.06	
4	1989	12	22	06	48	1	Valle Umbra	114	5	4.44	
5-6	1990	09	12	02	59	4	Valle Umbra	62	5-6	4.12	
3-4	1993	06	05	19	16	1	Valle del Topino	326	6	4.72	
4-5	1996	10	20	19	06	5	Appennino laziale-abruzzese	100	5	4.36	
5	1997	05	12	13	50	1	Monti Martani	57	6	4.72	
NF	1997	09	07	23	28	0	Appennino umbro-marchigiano	57	5-6	4.19	
6	1997	09	26	00	33	1	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66	
6	1997	09	26	09	40	0	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97	
5-6	1997	10	03	08	55	2	Appennino umbro-marchigiano	490		5.22	
4-5	1997	10	06	23	24	5	Appennino umbro-marchigiano	437		5.47	
5	1997	10	14	15	23	1	Valnerina	786		5.62	
3-4	1997	10	23	08	58	4	Appennino umbro-marchigiano	56		3.86	
4-5	1997	11	09	19	07	3	Valnerina	180		4.87	
3	1998	02	07	00	59	4	Appennino umbro-marchigiano	62		4.41	
NF	1998	02	16	13	45	19	Valnerina	33		3.75	
4	1998	03	21	16	45	0	Appennino umbro-marchigiano	141		5.00	
4-5	1998	03	26	16	26	1	Appennino umbro-marchigiano	409		5.26	
NF	1998	04	05	15	52	2	Appennino umbro-marchigiano	395		4.78	
NF	1998	08	15	05	18	0	Reatino	233	5-6	4.42	
2-3	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	
NF	2000	09	02	05	17	0	Appennino umbro-marchigiano	115	5	4.40	
NF	2000	12	16	07	31	0	Ternano	129	5-6	4.29	
4-5	2005	12	15	13	28	3	Val Nerina	350	5	4.14	
F	2009	12	15	13	11	5	Valle del Tevere	26	7	4.23	
5	2016	08	24	01	36	32	Monti della Laga	221	10	6.18	
5	2016	10	30	06	40	1	Valnerina	379		6.61	
F	2017	01	18	10	14	9	Aquilano	280		5.70	

Le intensità seguono la normalizzazione effettuata dal DBMI15 che seguono i codici riportati nelle tabelle A e B a seguire.

RELAZIONE GEOLOGICA

Codice	Val. ass.	Descrizione	MDP
RS	-	Registrazione strumentale. Osservazioni scartate	-
NR	-	Non riportato (<i>Not Reported</i>). Osservazioni scartate	-
W	-	Onde anomale, tsunami (<i>sea Waves</i>). Oss. scartate	-
E	-	Effetti ambientali (<i>Environmental effects</i>). Oss. scartate	-
G	0.2	Indicazione generica di danno a un sito	5
NF	1	Non percepito (<i>Not Felt</i>)	24012
NC	1.8	Non classificato (<i>Not Classified</i>)	111
SF	2.9	Percepito leggermente (<i>Slightly Felt</i>)	49
F	3.9	Percepito (Felt)	5146
HF	5.1	Percepito distintamente (<i>Highly Felt</i>)	118
SD	5.6	Danno leggero (<i>Slight Damage</i>)	22
D	6.4	Danno (<i>Damage</i>)	679
HD	8.6	Danno grave (<i>Heavy Damage</i>)	184

Tabella A: Normalizzazione delle intensità originali per tipologia di località particolari.

Tra parentesi è indicato il valore numerico associato ad uso interno di DBMI.

Intensità originale	1	1-2	2	2-3	3	3-4	4	4-5	5	5-6	MDP
no SC											91116
AL											106
CQ											32
DL	NF	1-2	2	2-3	3	3-4	4	4-5	5	5-6	53
SS	(1)	(1.5)	(2)	(2.5)	(3)	(3.5)	(4)	(4.5)	(5)	(5.5)	241
MS											3603
UL											43
IB	NF			SF			F		HF	SD	87
TE	(1)			(2.9)			(3.9)		(5.1)	(5.6)	28

Intensità originale	6	6-7	7	7-8	8	8-9	9	9-10	10	10-11	MDP
no SC											20135
AL											42
CQ											12
DL	6	6-7	7	7-8	8	8-9	9	9-10	10	10-11	146
SS	(6)	(6.5)	(7)	(7.5)	(8)	(8.5)	(9)	(9.5)	(10)	(10.5)	207
MS											517
UL											33
IB			D							HD	77
TE			(6.4)							(8.6)	25

Tabella B: Normalizzazione delle intensità originali per tipologia di località particolari.

Tra parentesi è indicato il valore numerico associato ad uso interno di DBMI.

Nel grafico sottostante si riportano gli andamenti delle intensità degli eventi sismici nel tempo, il grafico considera tutti i terremoti con intensità comprese tra 3 e 8 per un arco temporale dal 1000 al 2020.

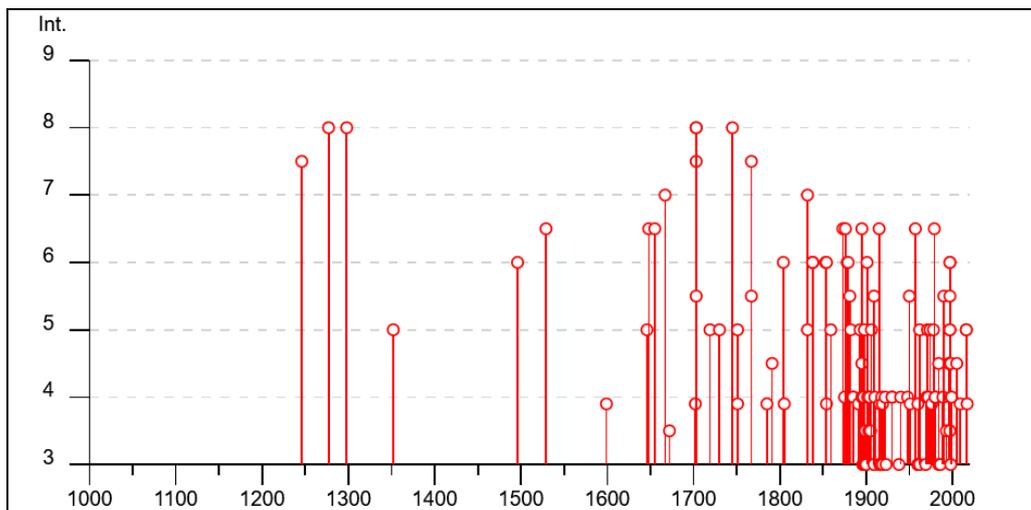


Figura 6- Grafico di distribuzione tempo-intensità degli eventi sismici rilevati per il comune di Spoleto (fonte INGV)

Dal Database Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15) dell'INGV-Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, emerge che le massime intensità sono state raggiunte dai seguenti eventi sismici:

- 1277- Spoleto: caratterizzato da $M_w = 5,57$ ed intensità epicentrale(I_0)=8
- Dicembre 1298- Monti Reatini : caratterizzato da $M_w = 6,60$ ed intensità epicentrale(I_0)=9-10
- Febbraio 1703- Aquilano: caratterizzato da $M_w = 6,70$ ed intensità epicentrale(I_0)=10
- Marzo 1745-Valle Umbra: caratterizzato da $M_w = 5,36$ ed intensità epicentrale(I_0)=7

Oltre ai suddetti eventi si riportano di seguito, i principali terremoti storici dell'Appennino Umbro-Marchigiano, che hanno coinvolto indirettamente anche il territorio d'interesse:

- Il **30 aprile 1279** l'Appennino umbro-marchigiano fu interessato da un terremoto che precedette di poche ore un secondo evento distruttivo verificatosi nell'Appennino toscano-emiliano. Alcuni cronisti medievali hanno descritto questi eventi come un unico fenomeno abbracciante gran parte dell'Italia centrale. L'area di danneggiamento del terremoto umbro-marchigiano fu comunque ampia. Fonti coeve e attendibili attestano che due terzi degli edifici di Camerino furono distrutti mentre Cagli, Fabriano, Matelica, San Severino Marche, Cingoli, Nocera, Foligno e Spello rimasero "diroccate". Tutti i castelli (ossia insediamenti minori cinti da mura) nelle montagne tra Nocera e Camerino "patirono molti danni".
- Il terremoto del **dicembre 1328** a Norcia fu causa di crolli di gran parte degli edifici e delle mura.
- L'evento del **5 novembre 1599** fu preceduto da lievi scosse avvertite a Cascia dal principio di ottobre e da una scossa che lesionò parecchi edifici il 4 novembre. Nella notte 5-6 novembre la scossa maggiore causò a Cascia il crollo di case e danni gravi a tutti gli altri edifici.
- I terremoti del **gennaio-febbraio 1703**, localizzati in Umbria e Abruzzo sono per l'Italia centrale una delle più significative sequenze sismiche dell'ultimo millennio. Gli eventi maggiori si ebbero il 14 e 16 gennaio e il 2 febbraio 1703. L'evento del 14 gennaio

interessò con i massimi effetti una vasta area dell'Umbria e del Lazio all'incirca compresa tra Norcia e Amatrice.

- La mattina del **27 giugno 1719** una scossa di terremoto interessò Norcia e Cascia dove si aprirono ampie fenditure negli edifici nuovi, costruiti dopo i terremoti del 1703.

Quello del **17 aprile 1747** potrebbe essere il principale in una sequenza di eventi verificatisi tra il 26 gennaio e il 20 dicembre 1747 in un vasto territorio compreso tra Nocera Umbra e Senigallia. Esso causò crolli e danni abbastanza gravi nel territorio della diocesi di Nocera Umbra e nel Fabrianese (Nocera Umbra e località minori del Nocerino, Gualdo Tadino, Sigillo, Belvedere, Campodonico, Fabriano).

- Gli eventi del **13 gennaio 1832** furono i maggiori in una sequenza di scosse che interessarono l'area di Foligno a partire dal 27 ottobre 1831. Il primo evento causò a Foligno danni di media entità e fu seguito da leggere repliche nei giorni seguenti. Tali danni furono aggravati il 6 novembre 1831 da una forte scossa seguita da repliche minori.

Il terremoto della mattina del **14 febbraio 1838** si verificò nell'area compresa tra Sellano, Acera e Cerreto di Spoleto, e in due località situate nell'area montuosa ad est di Foligno (Verchiano e Val Lupo) fino a Spoleto.

- Il terremoto del **19 settembre 1979** colpì gravemente alcune piccole località montane della Valnerina (Civita, Chiavano, Castel Santa Maria e Trimezzo). L'area di danno medio grave si estese tra Leonessa, Accumoli, Visso, Sellano e Poggiodomo. A Norcia si ebbero alcuni crolli parziali e danni a moltissimi edifici; a Cascia molte case furono danneggiate anche gravemente, e si ebbero alcuni crolli parziali. L'evento fu avvertito in numerose località umbre, marchigiane, abruzzesi e laziali, e fu seguito da numerose repliche.
- Il terremoto del **26 settembre 1997** colpì gravemente l'Umbria e le Marche e moltissime località montane dell'Appennino Umbro Marchigiano con scosse disastrose e migliaia di repliche che provocarono crolli di edifici e paesi interi rese inagibili (Assisi, Nocera Umbra, Colfiorito, Verchiano, Sellano, Gualdo Tadino e Foligno). L'area di danno grave si estese sull'intero appennino da Spoleto a Gualdo Tadino. L'evento ha causato danni in numerose località umbre e marchigiane.

Dallo studio delle sequenze sismiche storiche si evince che la sismicità in Umbria si è principalmente manifestata nei settori orientali e nord-orientali del territorio raggiungendo intensità MCS (Mercalli-Cancani- Sieberg) anche pari a 10 (Norcia 1703, Gualdo Tadino 1751) e Magnitudo (Ms [Magnitudo onde di superficie]) oltre 6,5, con una frequenza di terremoti al di sopra del 7° grado MCS maggiore od uguale a 20 eventi per secolo negli ultimi tre secoli e complessivamente, per tale periodo, con 15 sismi di intensità maggiore od uguale all'8° grado MCS.

L'area della catena montuosa dell'Appennino Umbro Marchigiano e dei Monti Martani è caratterizzata da una sismicità diffusa con sequenze sismiche frequenti.

I recenti eventi sismici hanno evidenziato in maniera inequivocabile che la catena dei monti Martani e dell'Appennino Umbro-Marchigiano è in una fase di deformazione sismica di tipo distensivo, in grado di riattivare sistemi dislocativi tali da produrre un elevato numero di repliche. Alla luce delle conoscenze acquisite dallo studio delle diverse sequenze sismiche (Norcia 79 –

Gubbio 84 – Colfiorito 97) si delinea un meccanismo di attivazione che interessa strutture sismogenetiche poste all'interno della struttura principale dei Monti Martani e dell'Appennino Umbro-Marchigiano, il cui campo di sforzo regionale è di tipo estensione in senso anti-appenninico.

Le profondità ipocentrali sono comprese entro i primi 15 Km della crosta e le sequenze sismiche mostrano una concentrazione degli eventi in zone diverse che si sono attivate in modo distinto nel tempo.

La "Faglia dei Monti Martani" che è ubicata ad ovest del tracciato di progetto, è uno dei principali lineamenti sismogenetici dell'area a carattere estensionale, ed è responsabile della recente attività geologica nonché l'attività sismica registrata negli ultimi anni lungo questo settore.

8.4 Pericolosità sismica di base

La pericolosità sismica è da intendersi come "grado di probabilità che si verifichi, in una determinata area ed in un determinato periodo di tempo, un evento sismico dannoso con l'insieme degli effetti geologici e geofisici ad esso connessi, senza alcun riguardo per le attività umane". L'analisi del livello di pericolosità distingue quindi due fasi: la definizione della pericolosità sismica di base, in condizioni di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), in assenza di discontinuità stratigrafiche e/o morfologiche; l'analisi della pericolosità locale, ossia della modificazione locale dello scuotimento sismico prodotta dalle reali caratteristiche del terreno, dalla successione litostratigrafia locale, dalle condizioni morfologiche, unitamente alla possibilità di sviluppo di effetti cosismici: fagliazione superficiale, fenomeni di densificazione, fenomeni di liquefazione, cedimenti differenziali, instabilità dei pendii e frane indotte dal sisma, movimenti gravitativi profondi, tsunami, ecc.

Negli ultimi anni si sono succeduti provvedimenti normativi e amministrativi per la definizione delle caratteristiche di pericolosità sismica locale.

Fino al 2003, la classificazione sismica del territorio nazionale era riconducibile alla mappa di classificazione sismica prodotta dal Gruppo di Lavoro (GdL, 1999), istituito dal Servizio Sismico Nazionale su indicazione della Commissione Grandi Rischi della Protezione Civile.

L'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri OPCM 3274/2003 rappresenta una prima risposta alla necessità di aggiornare gli strumenti normativi per la riduzione del rischio sismico. Con tale strumento si stabiliscono i criteri per l'individuazione delle zone sismiche e la nuova classificazione sismica dei Comuni italiani, successivamente integrati e aggiornati dall'OPCM 3519/2006.

L'intero territorio nazionale è stato suddiviso in 4 zone sulla base di un differente valore dell'accelerazione di picco a_g su terreno a comportamento rigido, derivante da studi predisposti dall'INGV – DPC. Gli intervalli di accelerazione (a_g) con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni sono stati rapportati alle 4 zone sismiche indicate dall'OPCM 3519/2006. Tale classificazione è basata su un'approssimazione dei valori e della distribuzione del parametro a_g secondo i limiti amministrativi (criterio "zona dipendente").

A ciascuna zona è attribuito un valore di pericolosità di base espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido (a_g); tale valore di pericolosità di base non ha però influenza sulla progettazione.

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

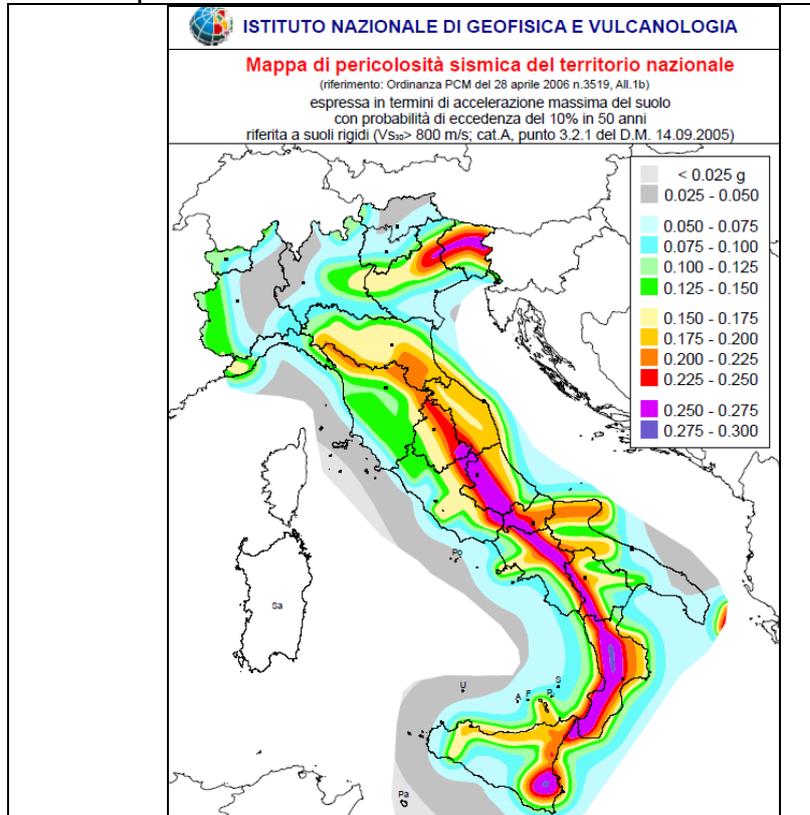


Figura 7 – Carta di pericolosità sismica del territorio nazionale (fonte INGV).

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

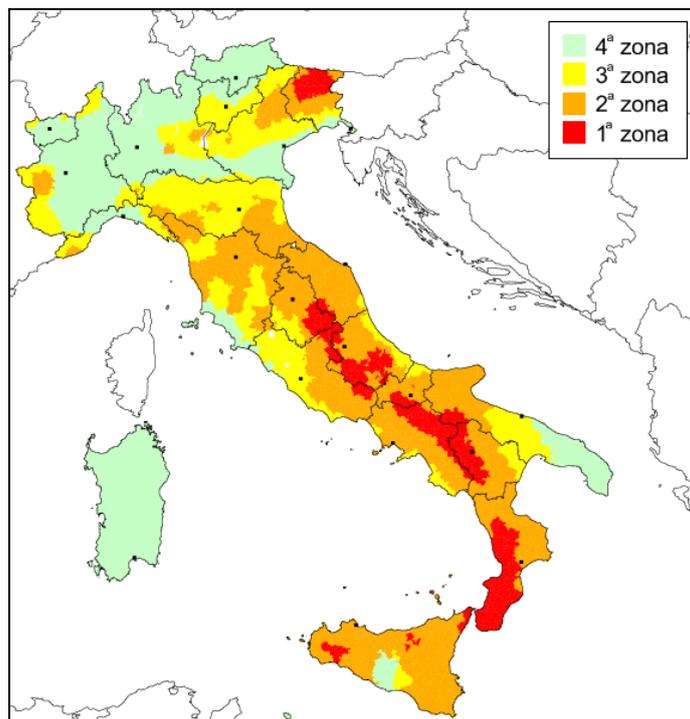


Figura 8 – Mappa delle zone sismiche del territorio nazionale del 2003 (fonte INGV).

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

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

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

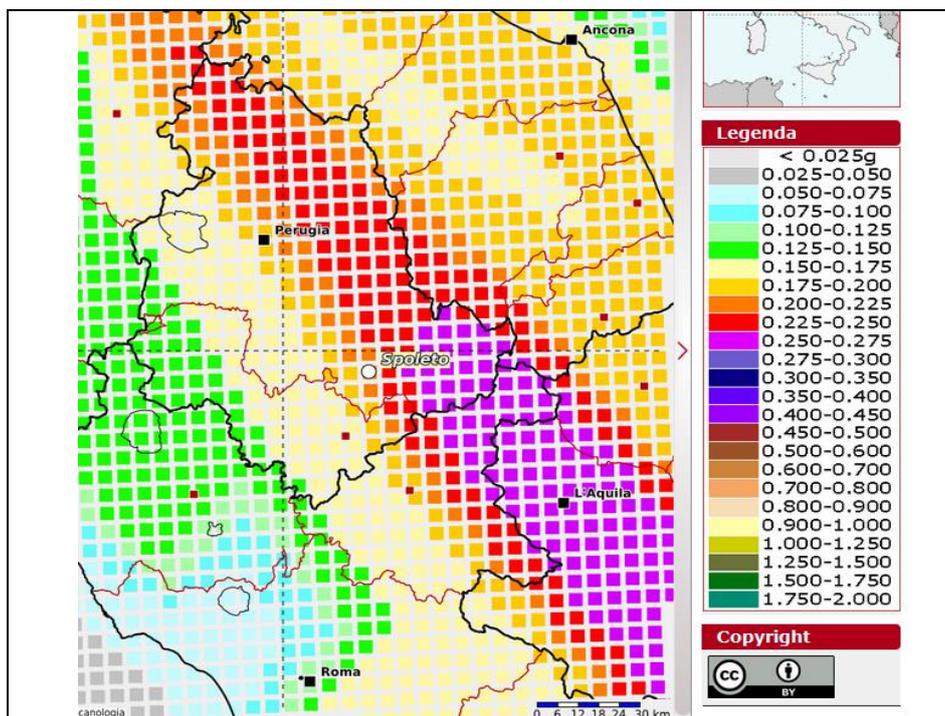
Per quanto riguarda la classificazione sismica, l'Ordinanza P.C.M. n° 3274 del 20.03.2003 e s.i e m. aveva definito i criteri per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle zone sismiche da parte delle Regioni, che la Giunta Regionale Umbra ha recepito emanando l'atto n° 852 del 18.06.2003 "Approvazione classificazione sismica del territorio regionale dell'Umbria" e la successiva D.G.R.n° 1111

del 18 Settembre 2012 "Aggiornamento della classificazione sismica del territorio regionale dell'Umbria", inserendo il **Comune di Spoleto nella Zona Sismica 1.**

Il comune di Acquasparta, sempre secondo la D.G.R.n° 1111 del 18 Settembre 2012 è invece classificato in **Zona sismica 2.**

Ai fine della progettazione delle opere, applicando il criterio di maggiore cautelatività si prende come riferimento la zona sismica 1.

Come si evince anche dalla mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (di cui si riporta un estratto a seguire) estrapolata per l'area d'interesse, le accelerazioni nel territorio interessato dal tracciato di progetto variano tra 0,225 g e 0.175.



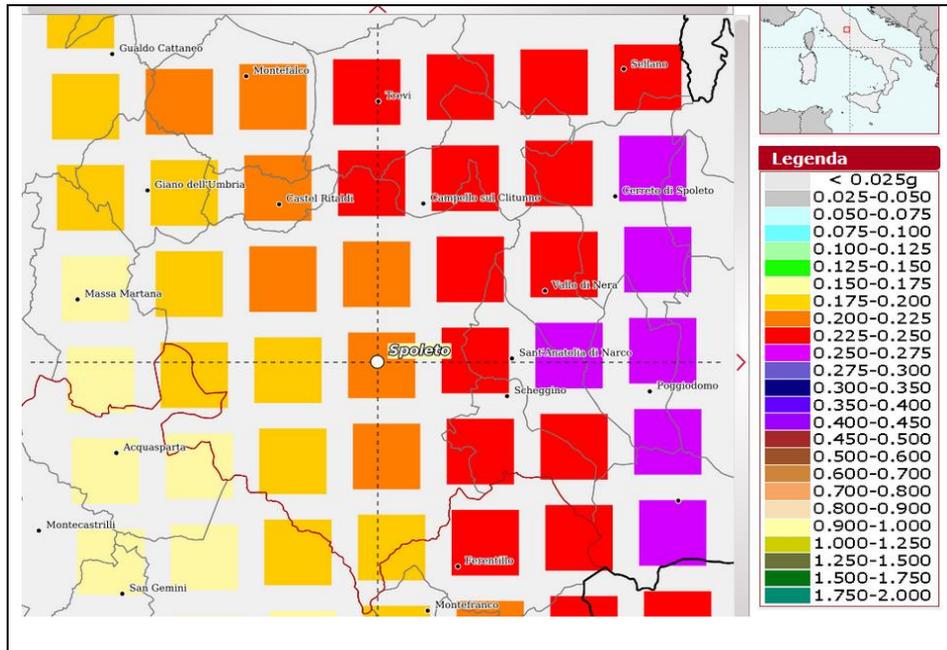
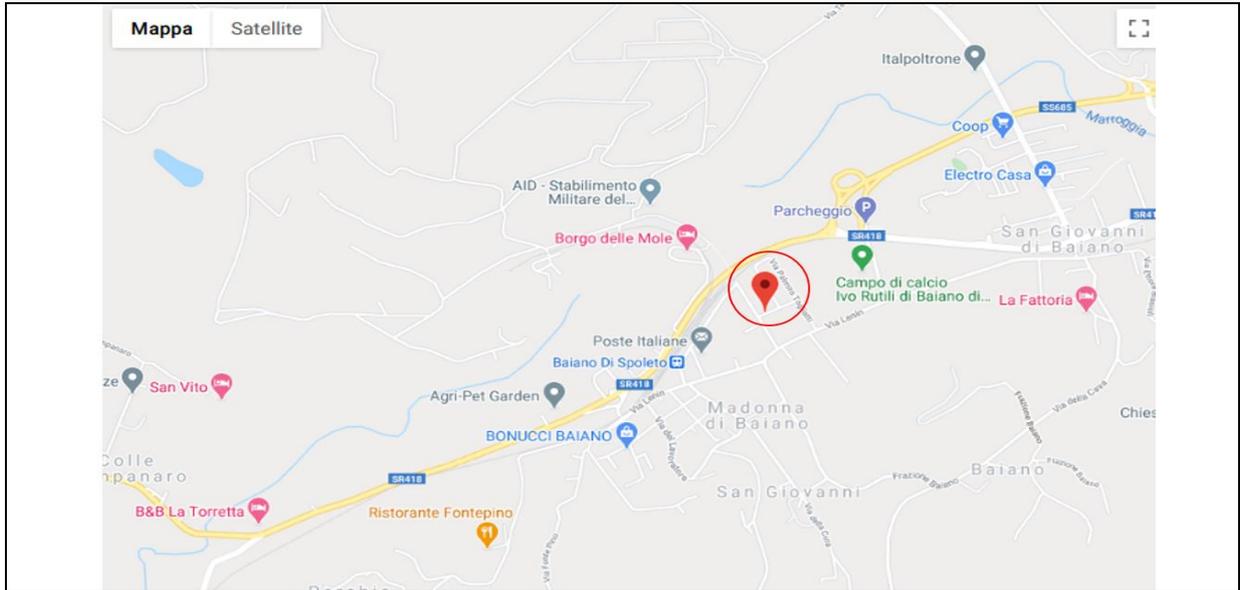


Figura 9 Mappa di pericolosità sismica per la zona d'interesse (fonte INGV)

Il valore dell' accelerazione orizzontale massima (a_g) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni è stata ricavata attraverso il programma "GeoStru- gestione parametri sismici".

Di seguito si riportano i dati per l'area d'interesse, in particolare il tracciato attraversa due territori comunali (spoleto ed Acquasparta) pertanto per individuare l'accelerazione del sito sono stati presi in considerazione due punti significativi, il primo nei pressi di Madonna di Baiano e il secondo nell'area terminale della vabilità di progetto nei pressi dell'innesto con la S.R. n° 418.



Stati limite					Coefficienti sismici				
<p>Classe Edificio</p> <p>Il. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...</p> <p>Vita Normale: 50</p> <p>Interpolazione: Media ponderata</p> <p>CU = 1</p>					<p>Tipo: Muri di sostegno NTC 2018</p> <p>Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti:</p> <p>H (m): 1 us (m): 0.1</p> <p>Cat. Sottosuolo: C</p> <p>Cat. Topografica: T1</p>				
Stato Limite	Tr [anni]	a_p [g]	F_0	T_c [s]	SLO	SLD	SLV	SLC	
Operatività (SLO)	30	0.064	2.467	0.269					
Danno (SLD)	50	0.079	2.466	0.280					
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.190	2.427	0.319	SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,42	1,35
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.238	2.466	0.331	CC Coeff. funz categoria	1,62	1,60	1,53	1,51
Periodo di riferimento per l'azione sismica	50				ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Figura 10 -Dati di accelerazione Madonna di Baiano (geostru)

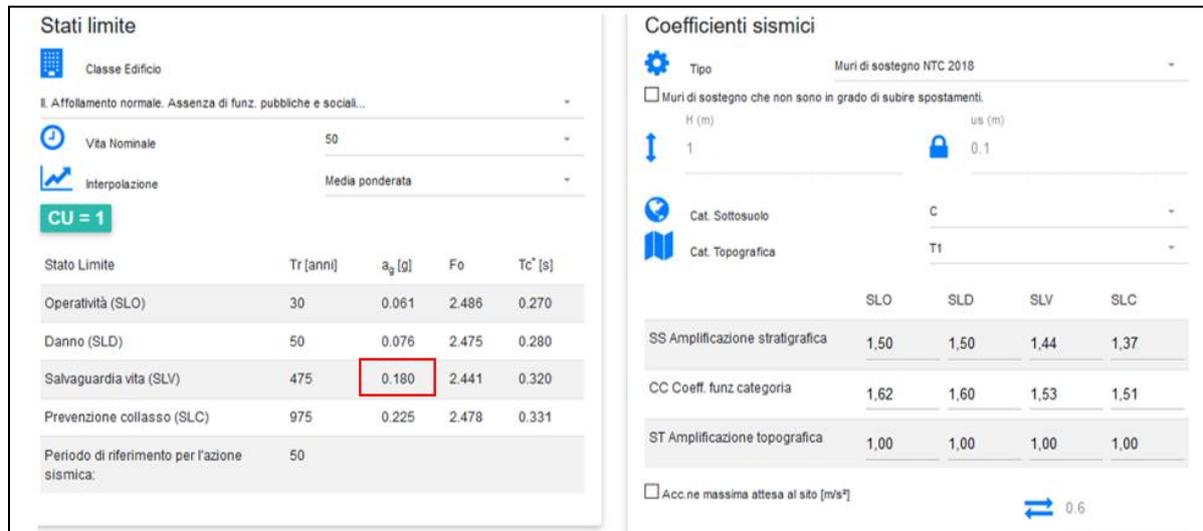
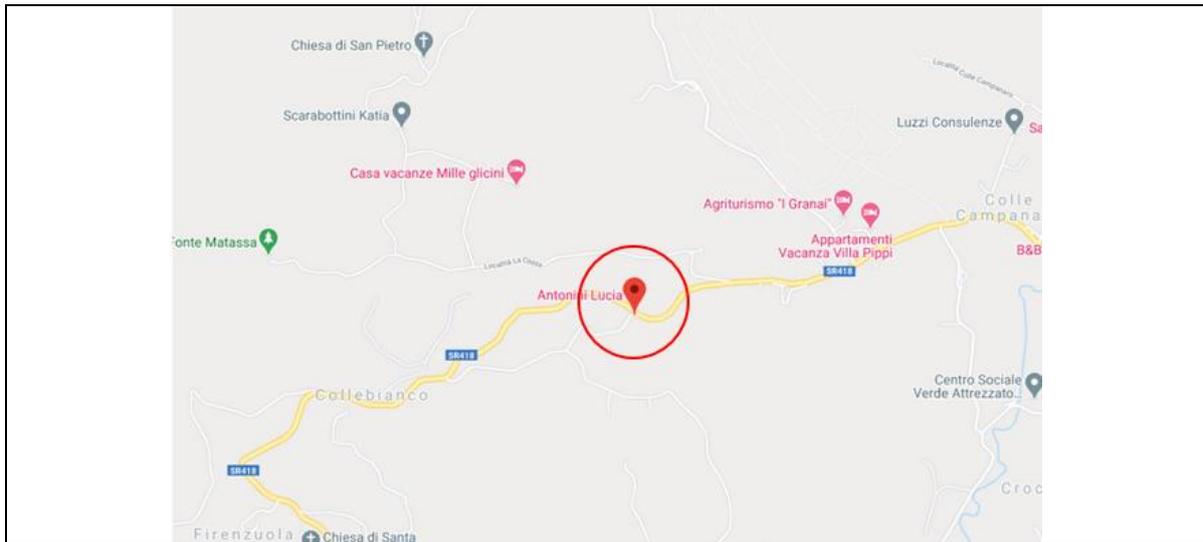


Figura 11 -Dati di accelerazione sismica innesto S.R. n°418 (GEOSTRU)

L'accelerazione massima attesa al sito a_{max} , con riferimento allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV), è data da:

$$a_{max} = a_g * S$$

dove $S = S_T * S_S$

dove $a_g = 0.190$ (loc. Madonna di Baiano)

$a_g = 0,180$ (innesto S.R. n°418)

$S_S = 1,42$ (loc. Madonna di Baiano)

$S_S = 1,44$ (innesto S.R. n°418)

e $S_T = 1,0$

$$a_{max} = 0,190 * 1,42 * 1,0 = 0,26 \text{ loc. Madonna di Baiano}$$

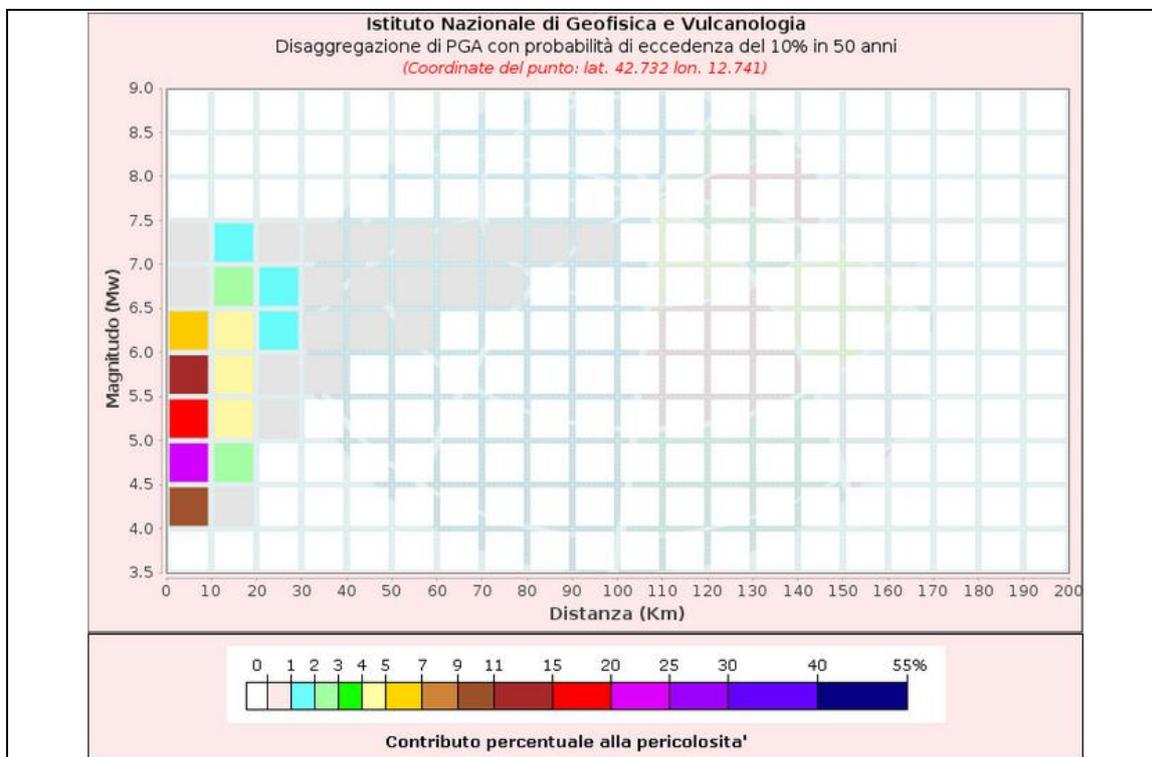
RELAZIONE GEOLOGICA

$$a_{max} = 0,180 * 1,44 * 1,0 = 0,25 \text{ (innesto S.R. n°418)}$$

Per maggiore cautelatività si assume come accelerazione di progetto $a_{max}=0,26$

Infine attraverso il processo di disaggregazione è possibile valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità sismica di un sito. La forma più comune di disaggregazione è quella bidimensionale in magnitudo e distanza (M-R) che permette di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M. Espresso in altri termini il processo di disaggregazione in M-R fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso.

Di seguito si riporta la mappa e il grafico di disaggregazione ricavati per l'area di progetto (Comune di Spoleto).



Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 42.732 lon. 12.741)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	10.9000	24.6000	18.8000	11.8000	6.1900	0.9180	0.3790	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.3080	2.0900	4.0100	4.7400	4.4900	2.4400	1.2800	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.0000	0.1870	0.8800	1.4600	1.2900	0.8950	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0639	0.4100	0.5750	0.5040	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0649	0.2250	0.2510	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0029	0.0512	0.0846	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0088	0.0332	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0113	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0024	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5,37	8,15	1,02

Figura 12 –Grafici di disaggregazione per l'area d'interesse (comune di Spoleto)- (fonte INGV).

Come si evince dai risultati del processo di disaggregazione ricavati per il comune di Spoleto il terremoto che domina lo scenario di pericolosità presenta magnitudo $M=5,37$ ad una distanza R dal sito di circa 8,15 km.

8.5 Velocità sismica equivalente $V_{s,eq}$ e categoria di sottosuolo ai sensi delle NTC 2018

Per la definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale, si valuta mediante specifiche analisi (cap. 7.11.3 delle NTC2018), oppure si può fare riferimento all'approccio semplificato, che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s .

Nello specifico, ai fini della classificazione del sottosuolo, con le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, si fa riferimento alla $V_{s,eq}$, velocità equivalente delle onde di taglio, e non più alla $V_{S,30}$ (NTC2008).

La velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dalla seguente espressione:

RELAZIONE GEOLOGICA

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

con

h_i = spessore dello strato i -esimo;

$V_{s,i}$ = 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, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato viene riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali 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 viene riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H = 30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo per le quali è possibile il ricorso all'approccio semplificato, secondo le NTC2018; nella determinazione della risposta sismica locale sono le seguenti:

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m
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 tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositati 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 equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositati 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 tra 100 m/s e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

RELAZIONE GEOLOGICA

Per le opere di progetto, non essendo state eseguite prove atte a determinare le velocità medie delle onde S, si è proceduto, come previsto dal NTC alla determinazione della categoria del suolo a partire dalle prove SPT eseguite nei fori di sondaggio e da correlazioni fra le onde Vp desunte dalle sismiche a rifrazione e le velocità delle onde sismiche.

In particolare le valutazioni sono state effettuate considerando il substrato a 30 m di profondità (H=30m) e pertanto in accordo con le NTC2018 risulta:

$$V_{s,eq}=V_{s,30}.$$

Per la zona delle galleria artificiali, avendo stimato che nelle sismiche a rifrazione si presenti mediamente la situazione riportata in tabella si è considerato per le fondazioni terreni classificabili cautelativamente in categoria "B".

Spessori strati	Litotipo	Spessore strato in metri	Velocità onda P misurata in sito (m/s)	Velocità onda S misurata in sito (m/s)	Rapporto spessore velocità	Tempi parziali in secondi (onda S misurata)
h ₁	Suolo	1	200,00	167,00	h ₁ /V ₁	0,006
h ₂	Marne argillose alt.	5	800,00	650,00	h ₂ /V ₂	0,008
h ₃	Marne argillose	10	1200,00	780,00	h ₃ /V ₃	0,013
h ₄	siltiti marnose	14	2200,00	1200,00	h ₄ /V ₄	0,012
h _{totale}		30			Σ hi/Vi	0,038

By geol.giorgioaprile@libero.it

$V_{S30} (misurata)$	=	30	/	0,038	=	786,01	m/s
----------------------	---	----	---	-------	---	--------	-----

Per la zona dei viadotti, avendo le prove SPT dato tutte valori compresi nell'intervallo $15 < N_{spt} < 50$ e si è considerato per le fondazioni terreni classificabili cautelativamente in categoria "C".

Al fine di caratterizzare in modo specifico i terreni interessati dalle opere di progetto e definire un modello sismostratigrafico di dettaglio valutando direttamente la velocità delle onde S (Vs) e delle onde P (Vp) sono state previste delle indagini geofisiche integrative quali:

- n.1 indagine sismica in foro down-hole
- n.1 prospezioni sismiche MASW

RELAZIONE GEOLOGICA

	Z _{sup} (m)	Z _{inf} (m)	Prondità media (m)	gamma (kN/m ³)	sigv (kPa)	N1 (-)	N2 (-)	N3 (-)	NSPT (-)	phi' (deg)	s1 (-)	s2 (-)	E (MPa)
SPT S8/03	3.20	3.65	3.43	20.00	68.50	3	7	15	22	45.0	0.517	7.46	18.83
SPT S8/03	5.50	5.95	5.73	20.00	114.50	9	13	22	35	46.0	0.517	7.46	25.56
SPT S9/03	3.00	3.45	3.23	20.00	64.50	7	11	18	29	47.0	0.517	7.46	22.45
SPT S9/03	6.20	6.65	6.43	20.00	128.50	19	22	27	49	47.0	0.517	7.46	32.79
SPT S9/03	9.80	10.25	10.03	20.00	200.50	17	24	55	79	48.0	0.517	7.46	48.30
SPT S3/09	1.70	2.15	1.93	20.00	38.50	4	6	8	14	44.0	0.517	7.46	14.70
SPT S3/09	3.20	3.65	3.43	20.00	68.50	4	12	18	30	47.0	0.517	7.46	22.97
SPT S3/09	4.70	5.15	4.93	20.00	98.50	16	19	24	43	47.0	0.517	7.46	29.69
SPT S3/09	6.00	6.45	6.23	20.00	124.50	22	31	26	57	47.0	0.517	7.46	36.93
SPT S3/09	7.50	7.95	7.73	20.00	154.50	19	35	30	65	48.0	0.517	7.46	41.07
SPT S3/09	9.00	9.45	9.23	20.00	184.50	RIF	-	-	RIF				
SPT S4/09	5.00	5.45	5.23	20.00	104.50	21	13	13	26	44.0	0.517	7.46	20.90
SPT S4/09	10.00	10.45	10.23	20.00	204.50	33	41	42	83	48	0.517	7.46	50.37
SPT S4/09	15.00	15.45	15.23	20.00	304.50	RIF	-	-	RIF				
SPT S5/09	1.70	2.15	1.93	20.00	38.50	15	20	12	32	49.0	0.517	7.46	24.00
SPT S5/09	4.50	4.95	4.73	20.00	94.50	21	26	24	50	49.0	0.517	7.46	33.31
SPT S5/09	7.50	7.95	7.73	20.00	154.50	26	26	31	57	47.0	0.517	7.46	36.93
SPT S5/09	10.55	11.00	10.78	20.00	215.50	24	27	25	52	46.0	0.517	7.46	34.34
SPT S5/09	13.50	13.95	13.73	20.00	274.50	18	24	22	46	42.0	0.517	7.46	31.24
SPT S5/09	16.50	16.95	16.73	20.00	334.50	RIF	-	-	RIF				
SPT S5/09	19.50	19.95	19.73	20.00	394.50	RIF	-	-	RIF				
									media=	47 deg		media=	30 MPa

Tabella 1 - Caratteristiche meccaniche dell'unità U2 dedotte dalle prove SPT.

In funzione delle categorie topografiche sopradescritte e dell'ubicazione dell'opera sono stati definiti i valori del coefficiente di amplificazione topografica S_T .
Per quanto riguarda l'analisi della risposta sismica locale in relazione alle condizioni topografiche del sito, le NTC2018 prevedono la seguente suddivisione in categorie topografiche.

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 di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Tabella 2 – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T (Tab. 3.2.V D.M. 17/01/2018)

Dall'analisi morfologica emerge che il sito rientra nella categoria T1 "superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media inferiore a 15°" nel tratto medio terminale del tracciato mentre il tratto iniziale fino al cimitero si passa alla categoria topografica T2 = 1.2 data da rilievi collinari con pendenza > 15°.

Categorie di suolo di fondazione

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite dalla Tab. 3.2.II di seguito riportata:

- [A] -Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
- [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 tra 360 m/s e 800 m/s.).
- [C] -Depositati 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 equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
- [D] -Depositati 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 tra 100 e 180 m/s.
- [E] -Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità VS per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2.

I valori di VS sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche per la definizione del sottosuolo tipo ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018 "NTC18 Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni".

Il DECRETO 17 gennaio 2018 - Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni». contempla cinque categorie principali di terreno di fondazione, individuate dai valori della velocità media (VS30) delle onde di taglio nei primi 30 m di sottosuolo o dalla resistenza penetrometrica NSPT o dalla coesione non drenata Cu.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche e ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, VS,eq (in m/s), definita dall'espressione:

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

Per le opere di progetto, non essendo state eseguite prove atte a determinare le velocità medie delle onde S, si è proceduto, come previsto dal NTC alla determinazione della categoria del suolo a partire dalle prove SPT eseguite nei fori di sondaggio e da correlazioni fra le onde Vp desunte dalle sismiche a rifrazione e le Vs,eq,

Per la zona delle galleria artificiali, avendo stimato che nelle sismiche a rifrazione si presenti

mediamente la situazione riportata in talella si è considerato per le fondazioni terreni classificabili cautelativamente in categoria "B".

Per la zona dei viadotti, avendo le prove SPT dato tutte valori compresi nell'intervallo $15 < N_{spt} < 50$ e si è considerato per le fondazioni terreni classificabili cautelativamente in categoria "C".

	Z_sup (m)	Z_inf (m)	Prondità media (m)	gamma (kN/m ³)	sigv (kPa)	N1 (-)	N2 (-)	N3 (-)	NSPT (-)	phi' (deg)	s1 (-)	s2 (-)	E (MPa)	
SPT S8/03	3.20	3.65	3.43	20.00	68.50	3	7	15	22	45.0	0.517	7.46	18.83	
SPT S8/03	5.50	5.95	5.73	20.00	114.50	9	13	22	35	46.0	0.517	7.46	25.56	
SPT S9/03	3.00	3.45	3.23	20.00	64.50	7	11	18	29	47.0	0.517	7.46	22.45	
SPT S9/03	6.20	6.65	6.43	20.00	128.50	19	22	27	49	47.0	0.517	7.46	32.79	
SPT S9/03	9.80	10.25	10.03	20.00	200.50	17	24	55	79	48.0	0.517	7.46	48.30	
SPT S3/09	1.70	2.15	1.93	20.00	38.50	4	6	8	14	44.0	0.517	7.46	14.70	
SPT S3/09	3.20	3.65	3.43	20.00	68.50	4	12	18	30	47.0	0.517	7.46	22.97	
SPT S3/09	4.70	5.15	4.93	20.00	98.50	16	19	24	43	47.0	0.517	7.46	29.69	
SPT S3/09	6.00	6.45	6.23	20.00	124.50	22	31	26	57	47.0	0.517	7.46	36.93	
SPT S3/09	7.50	7.95	7.73	20.00	154.50	19	35	30	65	48.0	0.517	7.46	41.07	
SPT S3/09	9.00	9.45	9.23	20.00	184.50	RIF	-	-	RIF					
SPT S4/09	5.00	5.45	5.23	20.00	104.50	21	13	13	26	44.0	0.517	7.46	20.90	
SPT S4/09	10.00	10.45	10.23	20.00	204.50	33	41	42	83	48	0.517	7.46	50.37	
SPT S4/09	15.00	15.45	15.23	20.00	304.50	RIF	-	-	RIF					
SPT S5/09	1.70	2.15	1.93	20.00	38.50	15	20	12	32	49.0	0.517	7.46	24.00	
SPT S5/09	4.50	4.95	4.73	20.00	94.50	21	26	24	50	49.0	0.517	7.46	33.31	
SPT S5/09	7.50	7.95	7.73	20.00	154.50	26	26	31	57	47.0	0.517	7.46	36.93	
SPT S5/09	10.55	11.00	10.78	20.00	215.50	24	27	25	52	46.0	0.517	7.46	34.34	
SPT S5/09	13.50	13.95	13.73	20.00	274.50	18	24	22	46	42.0	0.517	7.46	31.24	
SPT S5/09	16.50	16.95	16.73	20.00	334.50	RIF	-	-	RIF					
SPT S5/09	19.50	19.95	19.73	20.00	394.50	RIF	-	-	RIF					
									media=	47	deg	media=	30	MPa

Tabella 3 - Caratteristiche meccaniche dell'unità U2 dedotte dalle prove SPT.

Al fine di caratterizzare in modo specifico i terreni interessati dalle opere di progetto e definire un modello sismostratigrafico di dettaglio valutando direttamente la velocità delle onde S (V_s) e delle onde P (V_p) sono state previste delle indagini geofisiche integrative quali:

- Indagini sismiche in foro del tipo Down-Hole;
- Tomografia sismica;
- Indagini sismiche del tipo MASW;
- Tecnica sismica passiva HVSR.

9 Considerazioni geologico-tecniche

Il progetto prevede la realizzazioni di tratti del tracciato stradale in trincea e in rilevato oltre alla realizzazione di due gallerie artificiali e di viadotti nel tratto terminale.

Durante la realizzazione di rilevati e trincee le principali operazioni da eseguire risultano:

- asportazione di terreno vegetale per uno spessore di 20 cm (scotico superficiale);
- successiva asportazione di ulteriori 30 cm per bonifica del terreno;
- stesa del telo di geotessuto e dello strato di materiale anticapillare;
- stesa del materiale da rilevato per strati successivi e compattazione tramite rullatura;
- posa in opera dei manufatti di bordo;
- stesa dei vari strati della pavimentazione;
- rivestimento delle scarpate con terreno vegetale e idrosemina.

Lungo il tratto Firenzuola – Baiano i tratti di sede all'aperto sono:

CS01 - Sede tratto progr. Km 6+820 – 6+883

CS02 - Sede tratto progr. Km 7+066.65 – 7+426.66

CS03 - Sede tratto progr. Km 7+676.93 – 8+011.98

CS04 - Sede tratto progr. Km 9+002.65 – 9+671.76

CS05 - Sede tratto progr. Km 10+420.39 – 11+256.00

Il primo tratto è l'approccio in trincea alla galleria artificiale Romanella dallo svincolo di Firenzuola, il secondo tratto inizia in trincea allo sbocco della galleria Romanella per poi passare dopo circa 220 m ad un tratto in rilevato che termina sostanzialmente all'imbocco della galleria Colle del Vento; il terzo tratto inizia allo sbocco della galleria Colle del Vento per proseguire in trincea per circa 300 m oltrepassando il cavalcavia Cimitero quindi andando in rilevato fino alla spalla del viadotto Marroggia 1.

I tratti sopra descritti ricadono su terreni appartenenti alla formazione della Marnoso Arenacea Umbra che presenta spessori variabili di terreno di copertura (vegetale e alterazione del bedrock con spessori massimi di circa 1.6 m) ed è costituita come si può vedere dalle stratigrafie riportate da alternanze calcareo marnose di spessore decimetrico a strati molto spessi di siltiti e calcareniti.

Non si rilevano indizi morfologici e fenomeni tali da evidenziare l'esistenza di dissesti idrogeologici attivi generalizzati sul versante in oggetto.

Il quarto tratto è in rilevato piuttosto alto (7-8 m) fra le spalle dei viadotti Marroggia 1 e Molino vecchio; l'ultimo tratto sempre in rilevato parte dalla spalla del viadotto Molino vecchio e termina a fine progetto ospitando lo svincolo a piani sfalzati di Baiano di Spoleto.

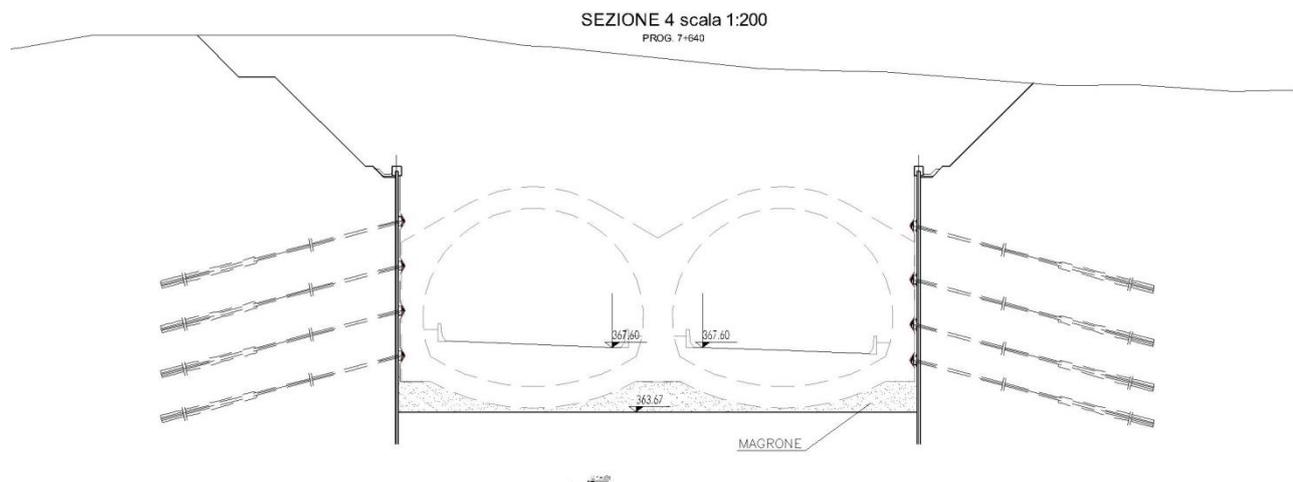
9.1 Gallerie artificiali

Nel tracciato dello stralcio verranno realizzate 2 gallerie artificiali.

9.1.1 Galleria artificiale Romanella

La galleria artificiale Romanella ha una lunghezza totale di 173 m e si snoda fra le progressive 6+883.39 e 7+056.65;

Si riporta di seguito la sezione trasversale caratteristica della galleria artificiale:



La presenza di rocce marnose e di siltiti in strati di spessore eterogeneo anche consistente, fratturate, ci consente di procedere alla realizzazione dell'intervento utilizzando la metodologia di seguito descritta.

La metodologia di scavo è quella dello scavo fra paratie provvisorie multitirate di micropali, lo scavo avverrà a cielo aperto fino alla quota di imposta della struttura in c.a. policentrica.

Per la particolarità delle gallerie e gli ingenti scavi da realizzare è stato deciso di realizzare ambedue le canne della galleria poiché la realizzazione della seconda canna per il raddoppio una volta realizzata la prima sarebbe stata onerosa e notevolmente complicata.

La galleria avendo lunghezza inferiore ai 500 metri, non deve rispondere alle raccomandazioni ed alle prescrizioni contenute nelle "Linee guida".

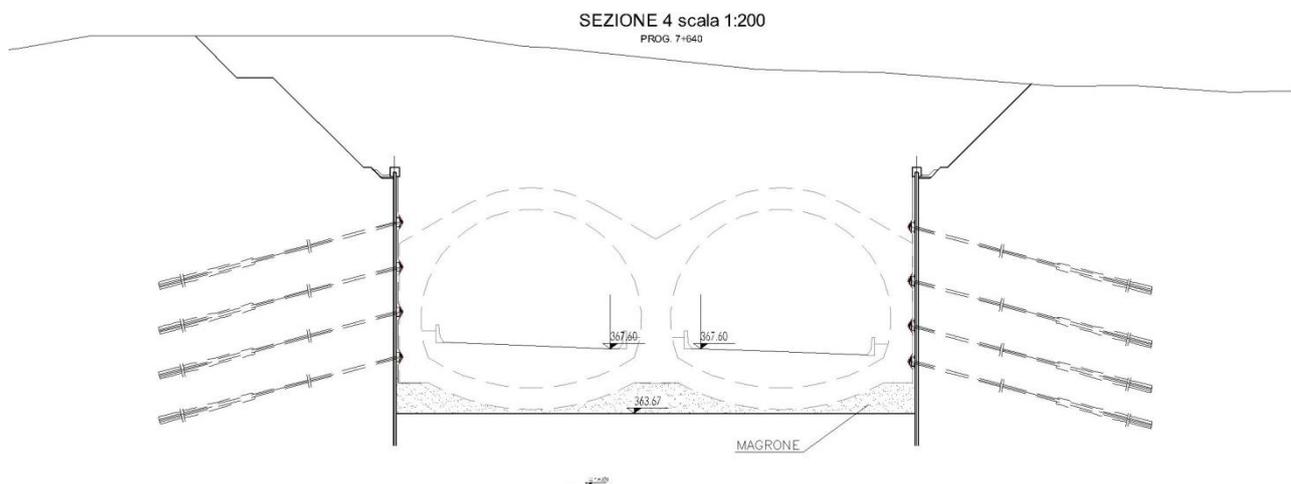
La galleria rispetta il D.M. 14/09/2005 "Norme di illuminazione delle gallerie stradali".

Agli imbocchi della galleria saranno installati semafori che consentono la chiusura della galleria, o di una singola corsia, in caso di emergenza. Tutta la segnaletica verticale in galleria è di tipo luminoso ed è alimentata dall'impianto elettrico di sicurezza.

9.1.2 Galleria artificiale Colle del Vento

La galleria artificiale Colle del Vento ha una lunghezza totale di 252,20 m e si snoda fra le progressive 7+426.56 e 7+676.93;

Si riporta di seguito la sezione trasversale caratteristica della galleria artificiale:



La presenza di rocce marnose e di siltiti in strati di spessore eterogeneo anche consistente, fratturate, ci consente di procedere alla realizzazione dell'intervento utilizzando la metodologia di seguito descritta.

La metodologia di scavo è quella dello scavo fra paratie provvisionali multitirantate di micropali, lo scavo avverrà a cielo aperto fino alla quota di imposta della struttura in c.a. policentrica.

Per la particolarità delle gallerie e gli ingenti scavi da realizzare è stato deciso di realizzare ambedue le canne della galleria poiché la realizzazione della seconda canna per il raddoppio una volta realizzata la prima sarebbe stata onerosa e notevolmente complicata.

La galleria avendo lunghezza inferiore ai 500 metri, non deve rispondere alle raccomandazioni ed alle prescrizioni contenute nelle “Linee guida”.

La galleria rispetta il D.M. 14/09/2005 “*Norme di illuminazione delle gallerie stradali*”.

Agli imbocchi della galleria saranno installati semafori che consentono la chiusura della galleria, o di una singola corsia, in caso di emergenza. Tutta la segnaletica verticale in galleria è di tipo luminoso ed è alimentata dall'impianto elettrico di sicurezza.

9.2 Viadotto Marroggia 1

Nel tracciato di progetto sono da realizzare due viadotti, il **Viadotto Marroggia 1** ed **Viadotto Molino Vecchio**.

Il viadotto “**Marroggia 1**” si sviluppa fra le prog. Km 8+011.96 e 9+002.65 per complessivi 990 m. La sezione trasversale dei viadotti principali presenta piattaforma stradale transitabile di larghezza $L=9.75m$.

L'impalcato sarà a travi prefabbricate a cassoncino di altezza 140 cm con cavi pretesi e soletta di solidarizzazione gettata in opera di spessore 25 cm, i viadotti verranno inizialmente poggiati su apparecchi provvisori e in secondo momento, dopo aver gettato il trasverso di testata su un singolo isolatore elastomerico avendo solidarizzato i due impalcati contigui.

Le campate saranno solidarizzate in numero massimo di 7 dopo le quali sarà inserito un giunto il totale delle campate sarà 33 e saranno inseriti n. 4 giunti.

Le pile hanno altezza complessiva (a partire dalla sezione di spiccato e comprensiva del pulvino) variabile tra 5.00m e 14.50m e si differenziano nelle tipologie A, E, F dipendentemente dalla loro posizione relativa nel tratto di campate continuizzate, come riportato nel prospetto che segue.

Le pile sono cave, a pianta ovale di ingombro 3.0m×6.0m, con pulvino rastremato verso i bordi; le fondazioni sono costituite da plinti su pali di diametro $\varnothing=1200mm$.

PILA TIPO "A" - PIANTA

SCALA 1:100

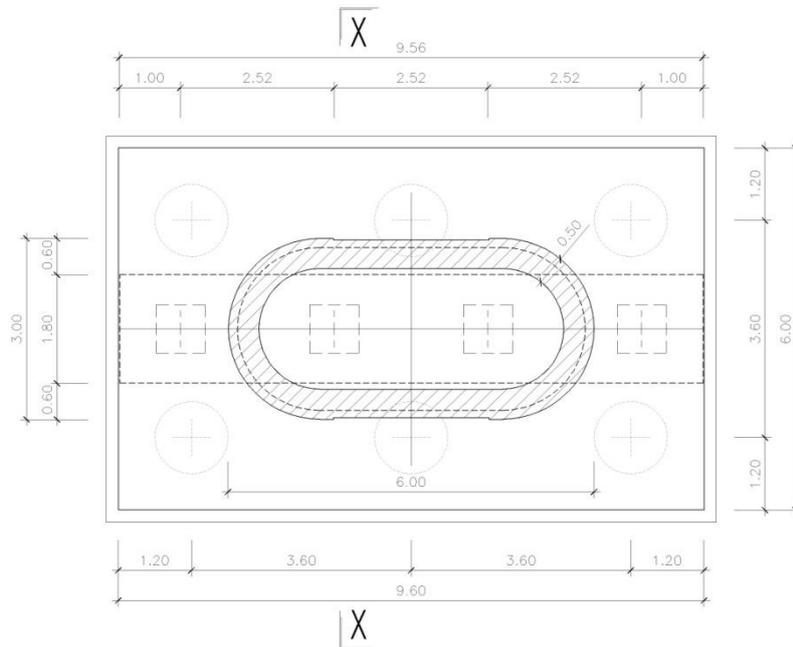


Figura 13: Sezione pila tipo A

PILA N.7 - TIPO "E" - PIANTA

SCALA 1:100

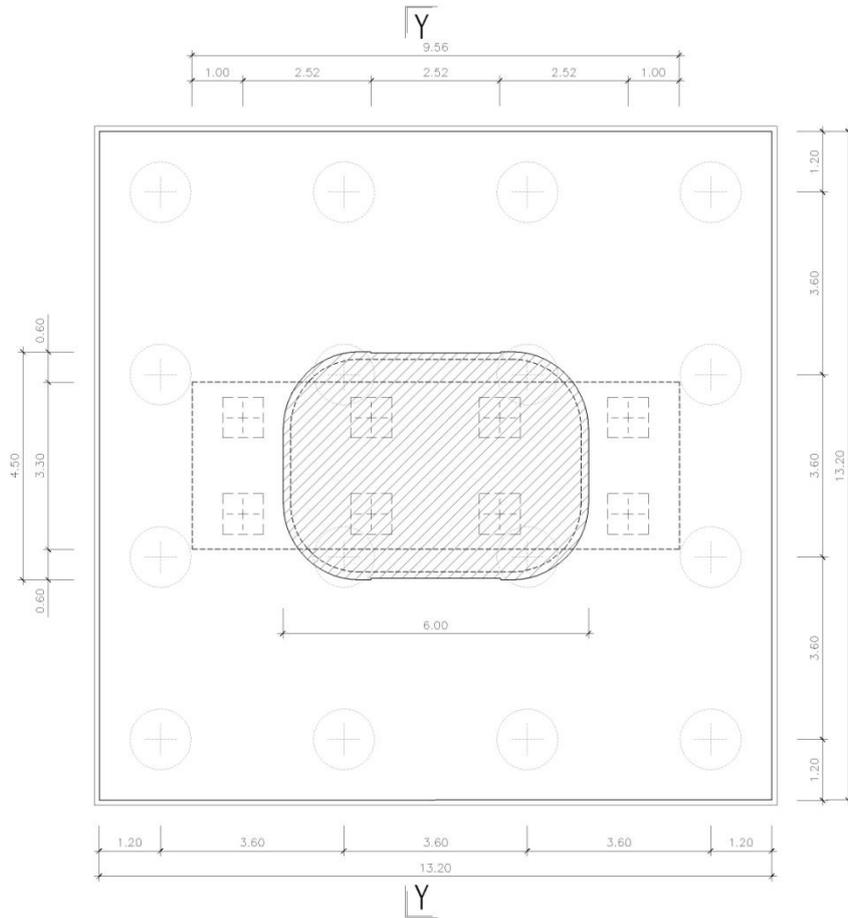


Figura 14: Sezione pila tipo E

PILA N.14,21,28
TIPO "F" - PIANTA
SCALA 1:100

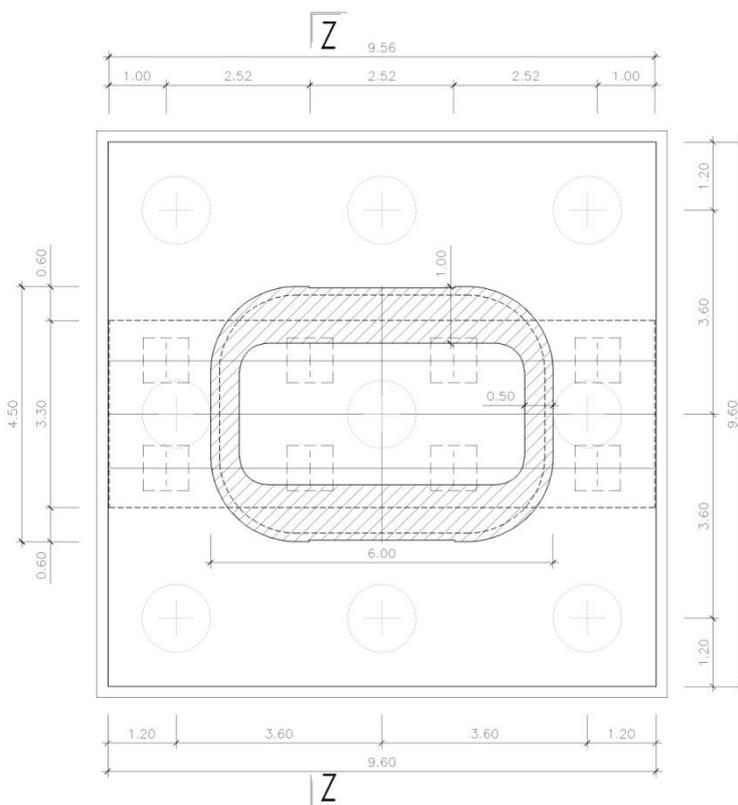


Figura 15: Sezione pila tipo F

Le spalle in c.a. su pali di diametro $\Phi 1200$ presentano dimensioni in pianta e numero dei pali di fondazione dipendenti dall'altezza del paramento e dalla tipologia di ritegni longitudinali disposti per l'impalcato.

Il Viadotto "**Marroggia 1**" si sviluppa all'interno della pianura alluvionale del Torrente Marroggia e data la situazione geologico-stratigrafica si è ritenuto necessario ricorrere a fondazioni su pali trivellati di grande diametro (1200 mm) infissi per una profondità consistente nel bedrock (Formazione del Bisciario) che si rinviene costantemente nelle verticali eseguite ad una profondità variabile da 7 m a 16 m.

Per i pali di fondazione del Viadotto, considerata la presenza di materiali sciolti in falda freatica, è previsto l'utilizzo di lamierino di rivestimento.

9.3 Viadotto Molino Vecchio

Il viadotto Molino Vecchio si sviluppa fra le prog. Km 9+671.76 e 10+420.39 per complessivi 750 m. La sezione trasversale dei viadotti principali presenta piattaforma stradale transitabile di larghezza $L=9.75\text{m}$.

L'impalcato sarà a travi prefabbricate a cassoncino di altezza 140 cm con cavi pretesi e soletta di solidarizzazione gettata in opera di spessore 25 cm, i viadotti verranno inizialmente poggiati su apparecchi provvisori e in secondo momento, dopo aver gettato il trasverso di testata su un singolo isolatore elastomerico avendo solidarizzato i due impalcati contigui.

Le campate saranno solidarizzate in numero massimo di 7 dopo le quali sarà inserito un giunto il totale delle campate sarà 25 sono stati previsti n.3 giunti.

Le pile hanno altezza complessiva (a partire dalla sezione di spiccato e comprensiva del pulvino) variabile tra 6.00m e 8.50m e si differenziano nelle tipologie A, E dipendentemente dalla loro posizione relativa nel tratto di campate continuizzate, come riportato nel prospetto che segue.

Le pile sono cave, a pianta ovale di ingombro 3.0m×6.0m, con pulvino rastremato verso i bordi; le fondazioni sono costituite da plinti su pali di diametro $\varnothing=1200\text{mm}$.

PILA TIPO "A" - PIANTA

SCALA 1:100

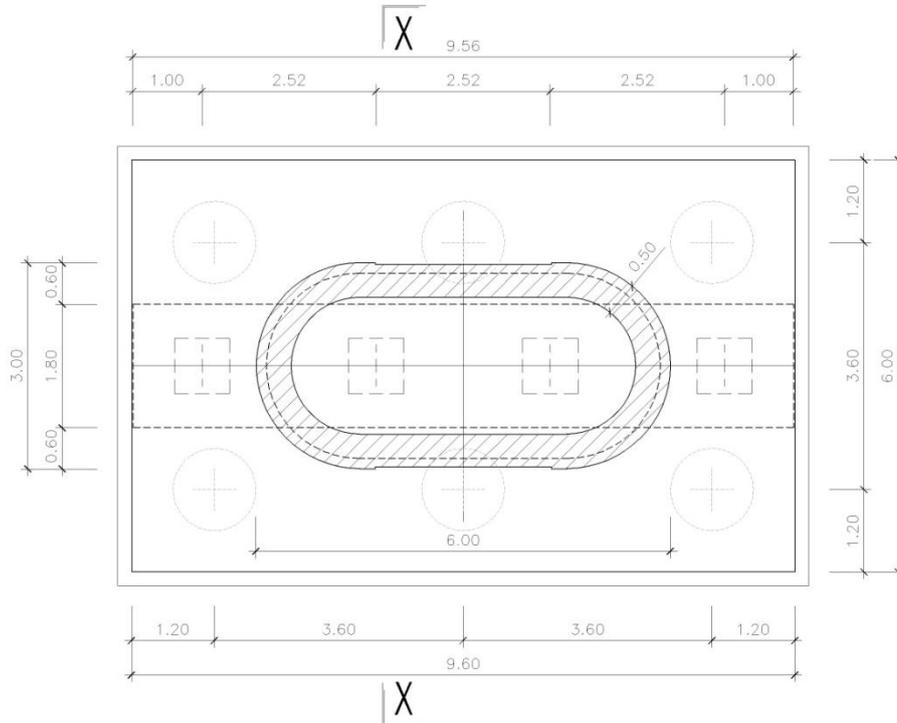


Figura 16: Sezione pila tipo A

PILA N.5,11,18
TIPO "E" - PIANTA

SCALA 1:100

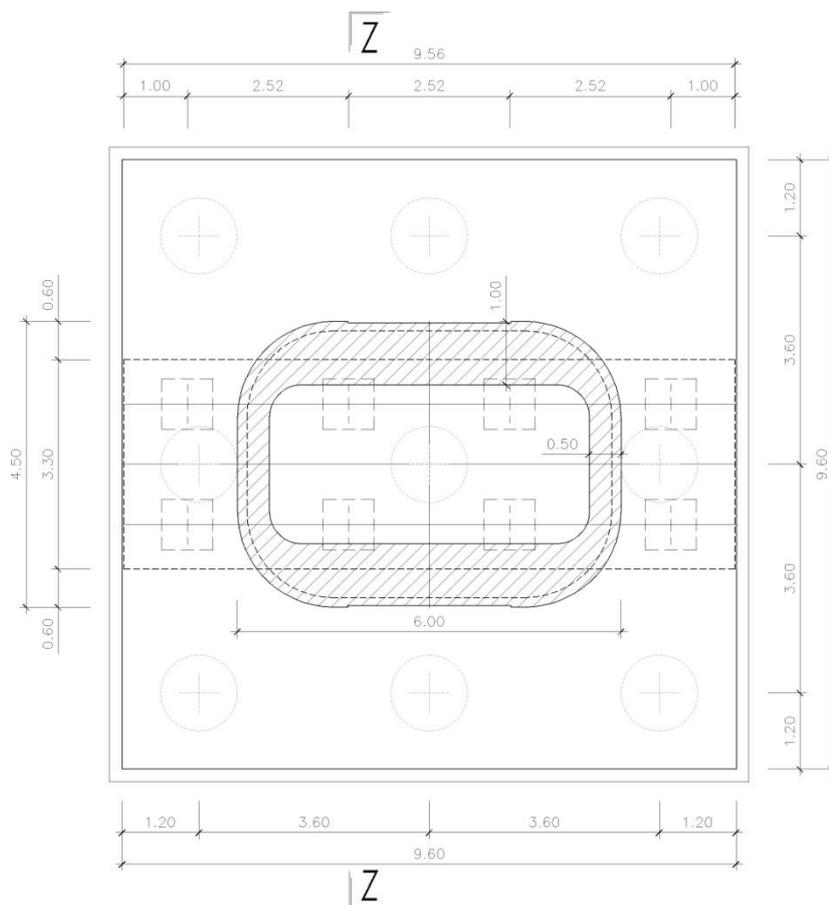


Figura 17: Sezione pila tipo E

Le spalle in c.a. su pali di diametro $\Phi 1200$ mm presentano dimensioni in pianta e numero dei pali di fondazione dipendenti dall'altezza del paramento e dalla tipologia di ritegni longitudinali disposti per l'impalcato.

Il Viadotto "**Molino Vecchio**" si sviluppa all'interno della pianura alluvionale del Torrente Marroggia e data la situazione geologico-stratigrafica si è ritenuto necessario ricorrere a fondazioni su pali trivellati di grande diametro ($\Phi 1200$ mm) infissi per una profondità consistente nel bedrock (Formazione del Bisciario), che si rinviene costantemente nelle verticali eseguite, alla profondità variabile da 10 m a 18 m.

Per i pali di fondazione del Viadotto, considerata la presenza di materiali sciolti in falda freatica, è previsto l'utilizzo di lamierino di rivestimento.

10 Indagini geognostiche

Le indagini geognostiche nell'area in esame sono costituite da due distinte campagne di indagini rispettivamente nel 2003 in fase di Progetto Preliminare e successivamente integrate da una successiva campagna geognostica nel 2009 in fase di Progetto Definitivo.

Tali indagini dirette ed indirette, di laboratorio ed in situ, assieme al rilevamento della zona sugli affioramenti, sono state utili per conoscere con maggiore dettaglio le caratteristiche geologico-geotecniche dei terreni sciolti e lapidei posti a varie profondità; esse si sono concentrate sul tracciato prescelto, per l'acquisizione dei parametri geotecnici e idrogeologici del sito in oggetto.

10.1.1 Campagna di indagine del 2009

Nell'ambito dell'affidamento del presente incarico di progettazione definitiva, nell'anno 2009, secondo un programma concordato con l'Anas – Direzione Centrale Programmazione, Progettazione, è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche.

Le indagini geognostiche effettuate per la redazione del progetto preliminare sono state eseguite dalla ditta Sicef S.a.s. *nel corso dell'anno 2003*.

Nella suddetta campagna furono eseguite indagini lungo tutto il tratto Spoleto - Acquasparta.

Le indagini eseguite per la stesura del Progetto Definitivo sono state effettuate ad integrazione dei risultati provenienti dalla precedente campagna geognostica e sono consistite in:

Indagini geognostiche dirette eseguite dalla ditta Geotecnica Lavori s.r.l. (dettagliatamente descritte nella relazione "Risultati indagine geognostica" A9JSD010).

- a) Prove di laboratorio eseguite dal Laboratorio Geotecnico – Terra S.n.c. (dettagliatamente descritte nella relazione "Risultati indagine geognostica" A9JSD010).

b) Indagini geosismiche con realizzazione di sezioni sismiche topografiche eseguite dalla Tecnogeo s.n.c. (dettagliatamente descritte nella relazione “Risultati indagine geognostica” A9JSD010).

10.2 Sondaggi geomeccanici e prove in situ

Dei sondaggi pregressi (Campagna 2003 inerente al tracciato completo Acquasparta Eggi) nella tratta di interesse possono essere considerate le verticali S7 S8 ed S9.

La campagna d’indagini del 2009 è consistita nell’esecuzione di sondaggi geotecnici, realizzati con sistema di perforazione a carotaggio continuo.

Nell’ambito di tale campagna, durante la realizzazione dei sondaggi geotecnici sono state eseguite prove dilatometriche cilindriche DRT, prove di permeabilità Lugeon ed il prelievo di campioni relativi a spezzoni di carota del materiale lapideo indagato, nonché la valutazione dell’indice RQD sul cutting di perforazione;

al termine della perforazione, i fori di sondaggio sono entrambi stati condizionati con tubazione piezometrica tipo tubo aperto o “Norton”.

I campioni di materiale lapideo prelevati durante la realizzazione dei sondaggi, sono stati sottoposti a prove di laboratorio geotecnico (determinazione del peso di volume e Point Load Test), effettuati presso il laboratorio TERRA S.N.C. di Papiano (PG).

Le prove dilatometriche sono state eseguite dalla GEOANALISI S.R.L.. Le modalità esecutive dei sondaggi geognostici, delle prove geotecniche e di permeabilità condotte, nonché l’elenco delle prove di laboratorio eseguite, vengono di seguito descritte.

L’indagine svolta nel 2009 a corredo del progetto definitivo consta di n. 2(5) sondaggi a carotaggio continuo (le cui stratigrafie e relative fotografie delle carote sono riportate in Allegato 2), così posizionati:

RELAZIONE GEOLOGICA

- S1/09 (m 40.00) – Galleria Artificiale Romanella;
- S2/09 (m 40.00) – Galleria Artificiale Colle del Vento;
- S3/09 (m 30.00) – Cavalcavia Cimitero;
- S4/09 (m 30.00) – Viadotto Marroggia 1;
- S5/09 (m 30.00) – Viadotto molino Vecchio;

Per l'esecuzione dei sondaggi è stata utilizzata una sonda a rotazione con testa idraulica, SOIL MEC mod. SM400 coppia max 1000 kgm, peso 110 q.li, pompa a statore).

Il carotaggio integrale è stato realizzato con differenti metodologie in relazione ai terreni attraversati, con l'obiettivo di produrre un cutting che permettesse di definire il più fedelmente possibile le caratteristiche litologiche e strutturali dei terreni, cercando di raggiungere la maggior percentuale di carotaggio possibile mediante operazioni di carotaggio che hanno previsto manovre da 0.40 m a 3.00 m di lunghezza.

SONDAGGIO N.	OPERA PREVISTA	PROFONDITÀ FINALE (m da p.c.)	METODO DI PERFORAZIONE	PROVE PRESSIOMETRICHE DRT	PROVE DI PERMEABILITÀ LUGEON	SPEZZONI DI CAROTA	STRUMENTAZIONE GEOTECNICA INSTALLATA
S1	GALL. ARTIFICIALE "COLLE DEL VENTO"	40.0	CAROTAGGIO CONTINUO	1	1	7	PIEZOMETRO TUBO APERTO (40.0 m)
S2	GALL. ARTIFICIALE "ROMANELLA"	40.0	CAROTAGGIO CONTINUO	1	1	7	PIEZOMETRO TUBO APERTO (40.0 m)
S3	VIADOTTO MARROGGIA	30	CAROTAGGIO CONTINUO	0	0	0	PIEZOMETRO TUBO APERTO (30.0 m)
S4	VIADOTTO MARROGGIA	30	CAROTAGGIO CONTINUO	0	0	0	PIEZOMETRO TUBO APERTO (30.0 m)
S5	VIADOTTO MOLINO VECCHIO	30	CAROTAGGIO CONTINUO	0	0	0	PIEZOMETRO TUBO APERTO (30.0 m)

Nella seguente Tabella 4 sono riassunti i sondaggi eseguiti nelle due campagne di indagine.

Denominazione	Posizione	Quota (m slm)	Fondo foro da pc (m)
S7/03	Galleria Naturale Arezzo	570.00	62.00 m
S8/03	Viadotto Marroggia1	335.00	20.00 m
S9/03	Viadotto Molino vecchio	320.50	25.00 m
S1/09	Galleria Artificiale Romanella	414.76	40.00 m
S2/09	Galleria Artificiale Colle del Vento	386.00	40.00 m
S3/09	Cavalcavia Cimitero	366.90	25.00 m
S4/09	Viadotto marroggia1	328.20	30.00 m
S5/09	Viadotto Molino vecchio	321.60	30.00 m

Tabella 4 – Sondaggi realizzati.

Al fine di migliorare la scelta dei parametri geomeccanici di progetto sono stati presi in considerazione i sondaggi integrativi riportati in Tabella 6 (S2 S3 S4 ed S5). Le stratigrafie sono nella relazione sulle indagini geognostiche.

Sono state inoltre eseguite n. 1(3) prospezione sismiche a rifrazione con restituzione tomografica.

Le indagini e le prove effettuate sono state eseguite secondo le prescrizioni riportate nelle “Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche – A.G.I., 1977 e 1994” e nelle “Norme Tecniche per l’esecuzione di indagini geotecniche e geofisiche – ANAS S.p.A, 2003”.

Durante la realizzazione dei sondaggi geognostici sono state eseguite n. 2 prove dilatometriche cilindriche in foro, di tipo DRT, su roccia. Le caratteristiche dell’attrezzatura utilizzata, le modalità esecutive delle prove e le risultanze delle stesse, sono riportate nell’Allegato 3, contenete la relazione metodologica, i dati e le elaborazioni delle prove, effettuata da Geoanalisi S.r.l.

PROVE PRESSIOMETRICHE DRT

Sondaggio N.	Prova dilatometrica DRT N.	Profondità da piano campagna (m)	Orientamento perforazione

S1	S1 D1	17.50	verticale
S2	S2 D1	14.50	verticale

2.1.3 Esecuzione di prove di permeabilità Lugeon

Durante l'esecuzione dei sondaggi geognostici, sono state condotte una serie di prove di permeabilità in situ, del tipo Prove Lugeon in avanzamento, eseguite mediante immissione di acqua sotto pressione nei fori di sondaggio, in tratti significativi degli stessi. L'attuazione della prova ha previsto, al termine del carotaggio delle porzioni di sondaggio individuate per l'esecuzione, l'apposizione nel foro di una tubazione per l'adduzione dell'acqua, in polietilene con \varnothing 16 mm interno, munita di otturatore ad espansione semplice (packer), per l'isolamento del tratto di foro di prova, gonfiato ad azoto con pressioni di 20 bar.

Collegata alla tubazione di immissione, nel tratto compreso tra boccaforo e la pompa "a portata costante" per l'immissione dell'acqua, è stato posizionata la strumentazione di misura, costituita da un manometro tarato per la misura della pressione di iniezione, un contatore volumetrico, con precisione di 0.05 l, utilizzabile fino a 16 bar di pressione, per la misura della portata immessa ed uno scarico con saracinesca, interposto nel circuito di alimentazione tra la pompa ed il contatore volumetrico.

Le prove sono state eseguite per almeno 5 valori della pressione di iniezione, rispettivamente 3 per pressioni crescenti e 2 in analoghe condizioni decrescenti, con tempi di durata di 15', con intervalli di misura di pochi primi, con inizio dopo il raggiungimento delle condizioni di equilibrio, controllando l'eventuale fuoriuscita di acqua a seguito di perdite attraverso l'otturatore, mediante segnalatore acustico (freatimetro) in foro.

All'inizio ed al termine delle prove, è stata effettuata una misurazione dell'altezza dell'acqua all'interno del foro di perforazione, successivamente comparata con il livello piezometrico misurato nei giorni successivi. Considerando che il rilevamento del livello di falda nei giorni

immediatamente successivi, è risultato in genere posto a profondità molto ridotta dal piano campagna 1.55 m, e che si ritiene lo stesso attribuibile al fluido di perforazione utilizzato, si è effettuata l'elaborazione con un livello piezometrico di 10 m da p.c.

Tale livello è stato quindi utilizzato durante l'elaborazione delle prove per la misura o estrapolazione della portata d'acqua in litri al minuto, assorbita da un tratto di foro di lunghezza di 1.0 m, alla pressione "effettiva" di 10 kg/cm²

(U.L. = Unità Lugeon). Ogni altro dettaglio delle singole prove è riportato nei tabulati e grafici relativi, allegati alla presente. Nel dettaglio, le prove Lugeon sono state eseguite nei fori di sondaggio ed alle profondità di seguito riportate, mentre, nell'Allegato 4, sono riporti i tabulati e le elaborazioni delle stesse:

PROVE DI PERMEABILITA' LUGEON

Sondaggio N.	Prova N.	Tratto di profondità da piano campagna (m)
S1	LG1	16.50 21.70

Sondaggio N.	Prova N.	Tratto di profondità da piano campagna (m)
S2	LG1	12.00 – 17.70

2.1.4 Prelievo di campioni di terreno

Nel corso dell'esecuzione dei sondaggi meccanici sono stati prelevati campioni di terreno rimaneggiati, relativi a spezzoni di carota di materiale lapideo, da sottoporre ad analisi di laboratorio. I campioni rimaneggiati prelevati direttamente dalle cassette catalogatrici al termine delle osservazioni di cantiere, sono stati conservati in buste sigillate, contenute all'interno di involucri cilindrici in PVC, ed inviati al laboratorio di analisi.

RELAZIONE GEOLOGICA

Sondaggio N. Campione N.	Quota (m da p.c.)	Peso di volume	Point Load Test
S1CR1	10.6010.80	X	X
S1CR2	15.3015.50	X	X
S1CR3	19.7020.00	X	X
S1CR4	24.3024.50	X	X
S1CR5	29.6029.75	X	X
S1CR6	34.0034.20	X	X
S1CR7	39.4039.60	X	X
S2CR1	6.506.80	X	X
S2CR2	11.3011.60	X	X
S2CR3	16.4016.55	X	X
S2CR4	19.4019.55	X	X
S2CR5	26.1526.30	X	X
S2CR6	33.1033.30	X	X
S2CR7	36.3036.50	X	X

Tabella 5 – Campioni prelevati e prove di laboratorio.

Denominazione	Posizione	Quota (m slm)	Fondo foro da pc (m)
SI2	Baiano di Spoleto	310.70	15.00
SI3	Baiano di Spoleto	318.00	11.00
SI4	Baiano di Spoleto	319.00	16.00
SI5	Baiano di Spoleto	327.00	15.00

Tabella 6 – Sondaggi integrativi.

RELAZIONE GEOLOGICA

In corrispondenza dei sondaggi eseguiti sono stati prelevati 7+7 spezzoni di sui quali sono state eseguite prove di laboratorio (si veda Tabella 5) per la determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni presenti lungo il tracciato.

Nel seguito viene riportata la tabella con i valori del parametri $I_s(50)$ registrato nelle prove eseguite negli spezzoni di carota prelevati nei sondaggi S1/09 e S2/09

	Prof. In	Prof. Fin	gamma	Is50 - 1	Is50 - 2	Is50 - 3	Is50 - 4
	m	m	KN/mc	Mpa	Mpa	Mpa	Mpa
S1CR1	10.6	10.8	23	0.51	0.14		
S1CR2	15.3	15.5	22	0.07			
S1CR3	19.7	20	24	0.36	0.36		
S1CR4	24.3	24.5	23	0.36	0.29	0.33	
S1CR5	29.6	29.75	23	0.36			
S1CR6	34	34.2	24	0.51	0.14		
S1CR7	39.4	39.6	23	0.14			
S2CR1	6.5	6.8	23	0.51	0.51	0.51	0.36
S2CR2	11.3	11.6	24	0.22	0.18	0.29	
S2CR3	16.4	16.55	26	0.07	0.14	0.07	
S2CR4	19.4	19.45	23	0.14	0.14	0.29	
S2CR5	26.15	26.3	22	0.04			
S2CR6	33.1	33.3	23	0.14	0.18	0.22	0.11
S2CR7	26.3	26.5	22	0.14	0.14	0.14	

RELAZIONE GEOLOGICA

CANTIERE: Strada delle tre valli umbre - tratto Eggi-Acquasparta		COMMITTENTE: Sintagma S.r.l.		SONDAGGIO S1	FOGLIO 2
DITTA ESECUTRICE: Geotecnica Lavori Srl		OPERA PREVISTA: Gall. artificiale "Romanela"			
DATA INIZIO: 21 luglio 2009	DATA FINE: 23 luglio 2009	MACCHINA OPER.: Soil Mec SM400	TIPO PERFOR.: Carotaggio continuo	GEOLOGO SGA - L.Faralli	
QUOTA: --	PROGRESSIVA: --	INCLINAZIONE: Verticale	LUNGHEZZA: 40.0 m		

Scala 1:100	Profondita'	Potenza	Stratigrafia	Descrizione	R.Q.D.	Campioni	Prove Pressiometriche	Prove Lugeon	Carotiere e diametro perf.	Rivestimento	Carotaggio	Cassetta	Tubo aperto	Filtri		
	31	20.70		Formazione Mamoso-Arenacea - Altezze di prevalenti silti marnose in banchi metrici e subordinate marne siltose e arenarie fini e sporadiche marne folietate in livelli 20-40 cm, grigie e grigio scure. Fratture moderatamente ravvicinate, inclinate 30-45° e 70-85°, con superfici rugose, talvolta lisce e con riempimento calcitico. Stratificazione probabile 40-45°.	20406080				T2D-101 mm		20406080	7				
	32															
	33															
	34															
	35							34.00 CR6								
	36							34.20								
	37															
	38														8	
	39															
	40		40.00					39.40 CR7								40.00

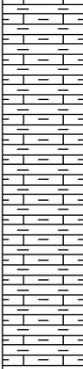
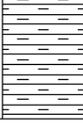
Carotiere: S-semplice; T6-carotiere doppio; T2-carotiere doppio.
Corona: W-widia; D-diamantata.
SPT: a-aperta; an-aperta senza campione; c-chiusa.
Campioni: C-indisturbato; CR-spezzone di carota.
Campionatori: S-Shelby; O-Osterberg; D-Denison; M-Mazier.
Note: Difficoltà di recupero del cutting nel tratto 18.3-21.7 m, con utilizzo conclusivo per il recupero di carotiere semplice.
Tubazione piezometrica: Tubo aperto phi=40mm.

Livelli piezometrici in c.o.:
24.07.2009 - 3.12 m da p.c.
28.07.2009 - 5.05 m da p.c.
03.08.2009 - 5.29 m da p.c.

CANTIERE: Strada delle tre valli umbre - tratto Eggi-Acquasparta		COMMITTENTE: Sintagma S.r.l.		SONDAGGIO	FOGLIO
DITTA ESECUTRICE: Geotecnica Lavori Srl		OPERA PREVISTA: Gall. artificiale "Colle del Vento"		S2	1
DATA INIZIO: 24 luglio 2009	DATA FINE: 28 luglio 2009	MACCHINA OPER.: Soil Mec SM400	TIPO PERFOR.: Carotaggio continuo	GEOLOGO SGA - L.Faralli	
QUOTA: --	PROGRESSIVA: --	INCLINAZIONE: Verticale	LUNGHEZZA: 40.0 m		

Scala 1:100	Profondita'	Potenza	Stratigrafia	Descrizione	R.Q.D.	Campioni	Prove Pressiometriche	Prove Lugeon	Carotiere e diametro perf.	Rivestimento	Carotaggio	Cassetta	Tubo aperto	Filtri
	0.30	0.30		terreno vegetale - Limo sabbioso bruno marrone moderatamente consistente.	20408080						20408080			
1		2.10		Formazione Marnoso-Arenacea alterata - Marne argillose estremamente alterate, marroni, ocracee e grigie con porzioni limoso-sabbiose e limoso-argillose.					SV-127 mm			1		
2	2.40													
3		1.20		Formazione Marnoso-Arenacea alterata - Marne argillose e marne siltose grigie e marroni, molto alterate e alterate.					SV-101 mm					
4	3.60													
5		1.10												
6	4.70													
7		2.10												
8	6.80			Formazione Marnoso-Arenacea - Alternanze di siltiti marnose ed arenarie fini, grigio scure e grigie, con marne siltose grigio scure frequentemente folietate. Presenza di fratture ravvicinate con inclinazione prevalente 45-60°, con superfici rugose e locale riempimento calcifico. Tratti a maggiore fratturazione compresi tra 3.6-4.7 m, 6.8-8.1 m, 9.3-11.0 m. Stratificazione probabile 35-40°.	6.50 CR1 6.80							2		
9	8.10													
10		1.20												
11	9.30													
12	11.00 11.20	0.20			11.30 CR2 11.60									
13														
14														
15														
16														
17		12.30												
18														
19														
20														
21				Formazione Marnoso-Arenacea - Alternanze di marne siltose e marne frequentemente folietate, grigio scure, con sporadici banchi decimetrici di siltiti marnose grigie. Fratture ravvicinate, localmente moderatamente ravvicinate, inclinate prevalentemente 25-45°, subordinate suborizzontali e subverticali. Presenza di tratti localmente estremamente fratturati decimetrici e tra 23.5-25 m. Stratificazione probabile 20-30°, localmente contorta.	16.40 CR3 16.55									
22														
23														
24	23.50													
25		1.50												
26	25.00													
27														
28		12.40												
29														
30														

CANTIERE: Strada delle tre valli umbre - tratto Eggi-Acquasparta		COMMITTENTE: Sintagma S.r.l.		SONDAGGIO S2	FOGLIO 2
DITTA ESECUTRICE: Geotecnica Lavori Srl		OPERA PREVISTA: Gall. artificiale "Colle del Vento"			
DATA INIZIO: 24 luglio 2009	DATA FINE: 28 luglio 2009	MACCHINA OPER.: Soil Mec SM400	TIPO PERFOR.: Carotaggio continuo	GEOLOGO SGA - L.Faralli	
QUOTA: --	PROGRESSIVA: --	INCLINAZIONE: Verticale	LUNGHEZZA: 40.0 m		

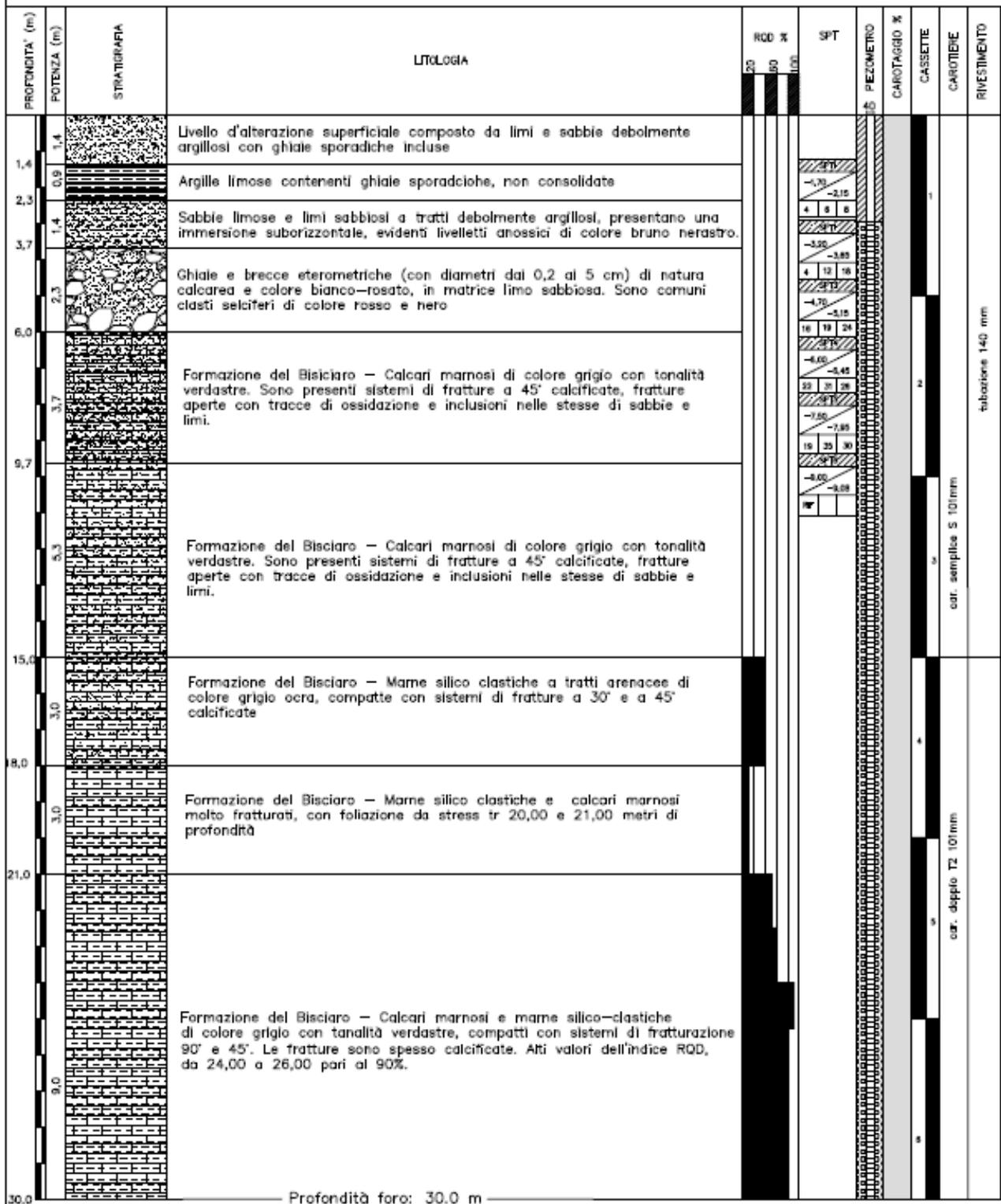
Scala 1:100	Profondita'	Potenza	Stratigrafia	Descrizione	R.Q.D.	Campioni	Prove Pressiometriche	Prove Lugeon	Carotiere e diametro perf.	Rivestimento	Carotaggio	Cassetta	Tubo aperto	Filtri
	31	12.40		Formazione Marnoso-Arenacea - Alternanze di marne siltose e marne frequentemente foliellate, grigio scure, con sporadici banchi decimetrici di siltiti marnose grigie. Fratture ravvicinate, localmente moderatamente ravvicinate, inclinate prevalentemente 25-45°, subordinate suborizzontali e subverticali. Presenza di tratti localmente estremamente fratturati decimetrici e tra 23.5-25 m. Stratificazione probabile 20-30°, localmente contorta.		- 33.10 CR6 - 33.30			T2D-101 mm		20406080	7		
	32													
	33													
	34													
	35													
	36													
	37	2.60		Formazione Marnoso-Arenacea - Marne e Marne argilose frequentemente foliellate, grigio scure, molto fratturate.		- 36.30 CR7 - 36.50					20406080	8		
	38													
	39													
	40	40.00												

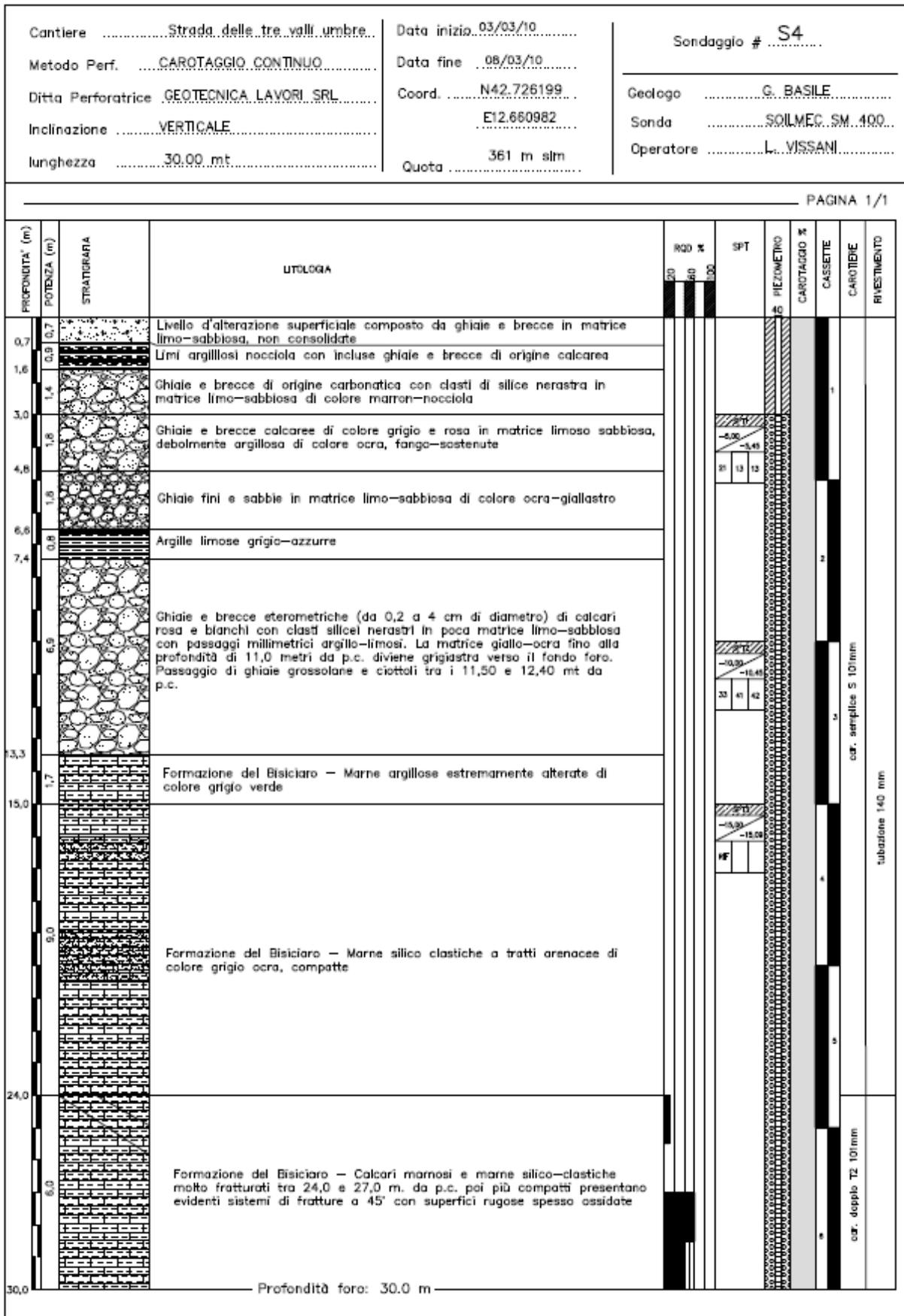
Carotiere: S-semplice; T6-carotiere doppio; T2-carotiere doppio.
Corona: W-widia; D-diamantata.
SPT: a-aperta; an-aperta senza campione; c-chiusa.
Campioni: C-indisturbato; CR-spezzione di carota.
Campionatori: S-Shelby; O-Osterberg; D-Denison; M-Mazier.
Note: --
Tubazione piezometrica: Tubo aperto phi=40mm.

Livelli piezometrici in c.o.:
28.07.2009 - 1.59 m da p.c.
03.08.2009 - 1.08 m da p.c.

Cantiere Strada delle tre valli umbre	Data inizio 10/03/10	Sondaggio # S3
Metodo Perf. CAROTAGGIO CONTINUO	Data fine 12/03/10	Geologo G. BASILE
Ditta Perforatrice GEOTECNICA LAVORI SRL	Coord. N42.720841	Sonda SOILMEC SM 400
Inclinazione VERTICALE	E12.647696	Operatore L. VISSANI
lunghezza 30,00 mt	Quota 372 m slm	

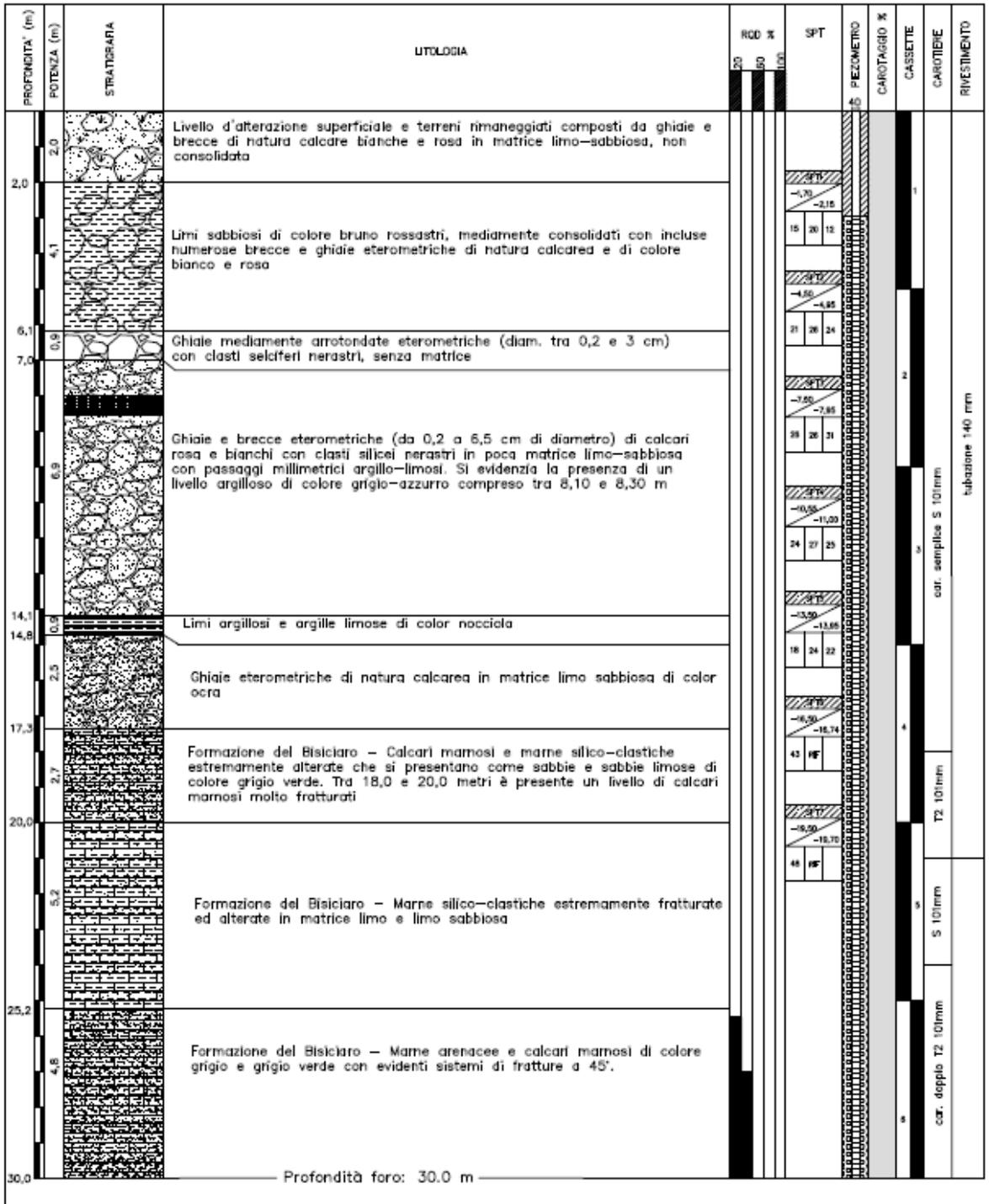
PAGINA 1/1





Cantiere Strada delle tre valli umbre.....	Data inizio 08/03/10.....	Sondaggio # S5.....
Metodo Perf. CAROTTAGGIO CONTINUO.....	Data fine 10/03/10.....	
Ditta Perforatrice GEOTECNICA LAVORI SRL.....	Coord.	Geologo G. BASILE.....
Inclinazione VERTICALE.....		Sonda SOLMEC SM 400.....
lunghezza 30,00 mt.....	Quota	Operatore L. VISSANI.....

PAGINA 1/1



11 CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI AI FINI DEL BILANCIO DEI MATERIALI

Per ciò che riguarda la caratterizzazione dei terreni e rocce da scavo ai sensi dell'art. 1 commi 17,18 e 19 della legge 21 dicembre 2001 e s.m. e i., premesso che le tecnologie previste per la realizzazione delle gallerie sono di tipo meccanico e che non si prevede l'uso di additivi potenzialmente inquinanti per il materiale di smarino, si ritiene opportuno sottolineare che dovranno comunque essere effettuate campionature ad analisi per verificare il rispetto dei limiti di cui all'allegato 1 tab. B del decreto del Ministro dell'Ambiente n. 471 del 25.10.1999 e s.m. e i. al fine di consentirne il riuso sia in situ per la realizzazione dei rilevati e dei riempimenti per le aree di compensazione, sia per l'utilizzo ai fini di riambientamento di cave esistenti.

Il riuso potrà essere effettuato previa conformità dell'eluato del test di cessione a quanto previsto nell'allegato 3 del D.M. 5/2/1998 e s.m.i.

Il riutilizzo dei materiali provenienti dalle operazioni di scavo per la realizzazione della infrastruttura dovrà seguire i criteri della normativa vigente in materia di gestione delle Terre e Rocce da scavo e precisamente:

- D.Lgs N. 152 del 3 aprile 2006 art. n. 185 e 186;

- D.G.R. N. 674 del 27 aprile 2006;

- Legge Regionale 13 maggio 2009, n. 11 – art. 48 comma 6;

- D.G.R. N. 1064 del 27 luglio 2009.

Per la realizzazione dell'opera sui può configurare l'intervento come un cantiere di grandi dimensioni con produzione di T.R.S. > 5000 m³ per quanto riguarda il conferimento dello smarino dovrà essere effettuata la procedura di caratterizzazione chimica di 2^a livello. Se i risultati delle analisi evidenziano il superamento di valori di Concentrazione di Soglia di Contaminazione (CSC) si esegue la procedura di cui al Titolo V della parte IV del D.lgs. 152/2006 per discernere se si tratta di "sito contaminato". Nel caso di contaminazione dei terreni dovranno essere espletati gli obblighi di cui al paragrafo 4 a carico del Direttore dei lavori. Il

numero di campioni da prelevare risulta secondo la vigente normativa pari a 3 + 1 ogni 5000 m² eccedenti.

Di seguito si fornisce la caratterizzazione litologica dei terreni oggetto delle piú importanti opere di scavo riferite alle gallerie artificiali ed alle fondazioni dei viadotti nonché alle opere di scavo dello scatolare dello svincolo di Baiano.

L'ambito interessato dalle gallerie ha una caratterizzazione litologica riferibile alla Formazione Marnoso-Arenacea Umbra (MAR).

Questa affiora estesamente con buone esposizioni in località Firenzuola. Nell'area di Colle del Vento la formazione si presenta costituita in prevalenza da marne grigiastre e marroni a frattura scagliosa, generalmente molto fratturate, e arenarie in strati a potenti bancate. Le emipelagiti sono costituite essenzialmente da marne a variabile contenuto di Carbonato di Calcio, con presenza di Silt; si presentano spesso prive di stratificazione e con la tipica esfoliazione cipollare.

Le torbiditi arenacee sono costituite da banchi arenacei di notevole spessore; litologicamente sono classificabili come grovacche costituite da quarzo, feldspati, frammenti litici e miche con matrice argillosa. Si osservano tessiture granulometriche variabili per quanto concerne i singoli elementi che in alcuni banconi raggiungono dimensioni conglomeratiche.

Sulla base della valutazione delle caratteristiche litologiche e geotecniche dei terreni che verranno interessati dal tracciato, quindi dalle operazioni di scavo, si è proceduto ad una stima dei volumi di materiale riutilizzabili per la realizzazione dei rilevati.

Tale valutazione è stata basata in modo particolare sull'analisi delle prove di classificazione eseguite sui campioni di terreno prelevati nel corso delle indagini geognostiche effettuate lungo il tracciato (SONDAGGI S1 E S2 della campagna 2009).

Per i due sondaggi sono stati prelevati 14 Campioni rimaneggiati di tipo Litoide sui quali sono state eseguite prove di tipo Point Load, data la consistenza litoide dei campioni non è stato possibile eseguire prove di caratterizzazione granulometrica.

La consistenza dell'ammasso roccioso è stata caratterizzata attraverso il parametro RQD riportato nei logs stratigrafici che sono allegati alla relazione sulle indagini geognostiche.

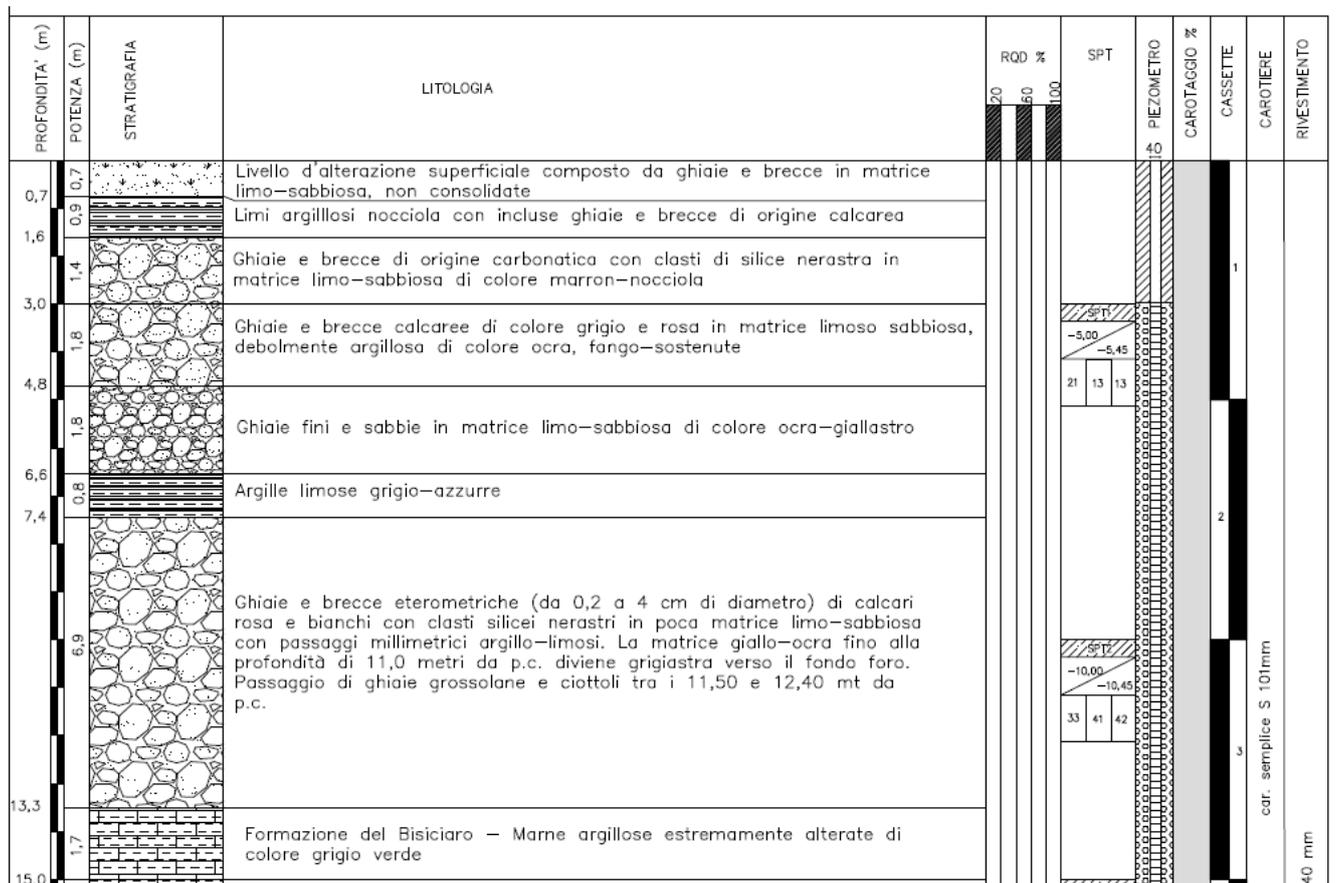
Dai logs si evince che per il sondaggio S1 i primi 20 m hanno indice RQD molto bassi mentre da circa 20 m di profondità in poi l'indice assume valori medi superiori al 50%

Nel sondaggio S2 invece già da profondità di 12 m i valori si attestano su 40% con diverse alternanze.

Il volume di scavo nelle due gallerie complessivamente è di circa 255'000 mc, considerando di poter utilizzare solamente la porzione più marcatamente siltitica e valutando la stessa con le porzioni aventi RQD $\geq 40\%$ si evince che potrà essere riutilizzato come materiale da rilevato circa il 45% dell'intero volume di scavo e quindi circa 117'000 mc, dopo opportuna frantumazione in sito.

L'ambito interessato dai viadotti e dallo svincolo di Baiano ha una caratterizzazione litologica riferibile alle alluvioni recenti del torrente Marroggia.

Come evidenziato dai logs stratigrafici dei sondaggi S3 S4 ed S5 la porzione di terreno scavato è caratterizzata da una coltre di 50 cm di terreno vegetale e da una coltre di materiale alluvionale formato da ghiaie e sabbie. Si riporta ad esempio uno stralcio del sondaggio S4.



Tali materiali possono essere riutilizzati in toto per la realizzazione di rilevati e quindi considerando i volumi di scavo complessivi afferibili all'area per un volume di circa 103'000 mc.