Geologo Specialista
Dott. Oreste Schiavoni
N.499 Albo Sezione A - Ordine Regionale dei Geologi delle Marche
PEC: geol.oresteschiavoni@pec.it – mob. +39 3346449300

Regione Marche

Provincia di Ascoli Piceno

COMUNE DI

ASCOLI PICENO

MEDAGLIA D'ORO AL VALOR MILITARE PER ATTIVITÀ PARTIGIANA

PROGETTO "VARIANTE URBANISTICA AL P.R.G. PER LA REALIZZAZIONE DI UNA STRUTTURA COMUNALE DI AGGREGAZIONE SOCIALE IN LUNGO CASTELLANO SISTO V

RELAZIONE D'INDAGINE GEOLOGICA

Amministrazione Comunale di Ascoli Piceno	
Dirigente	**Arch. Ugo Galanti**
Resp. Unico Procedimento	**Ing. Maurizio Piccioni**
Progettazione	**Ing. Pierluigi Zampini**

SETTORE 6: SUE-SUAP-AMBIENTE-URBANISTICA-SISMA		
DETERMINAZIONE DIRIGENZIALE	N.	4041
	DEL	12/12/2021
	CIG	Z24344B11A

OPERA DELL'INGEGNO - RIPRODUZIONE VIETATA
OGNI DIRITTO RISERVATO – ART. 99 L. 633/41

DATA DOCUMENTO
31/05/2022

REVISIONE DOCUMENTO			
N.	*DATA*	*REVISIONE*	*VALIDATA*
01	30/05/2022	MODIFICHE E INTEGRAZIONI	ORESTE SCHIAVONI
00	28/04/2022	BOZZA PRIMA EMISSIONE	ORESTE SCHIAVONI

Geologo Specialista
Dott. Oreste Schiavoni

GEO2000 Studio Associato di Geologia
Via del commercio 36 - 63100 Ascoli Piceno
tel./fax: 0736 317268 - cell. 334 6449300
E-mail: geo_2000@alice.it

I N D I C E

1. PREMESSA 4
2. NORMATIVA di RIFERIMENTO 5
3. UBICAZIONE 5
4. CARTOGRAFIA E DATI TERRITORIALI 6
4.1 IGM 1:25.000 6
4.2 CARTOGRAFIA TECNICA REGIONALE 1:10.0000 6
4.3 CARTOGRAFIA TECNICA COMUNALE 1:2.000 7
4.4 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO TERRITORIALE E COORDINATE EDIFICIO DI PROGETTO 7
4.5 PIANO REGOLATORE GENERALE 8
5. PROSPEZIONI GEOGNOSTICHE 9
5.1 REPORT D'INDAGINE GEOGNOSTICA E GEOFISICA 10
5.1.1 STRATIGRAFIA SONDAGGIO S_1 14
5.1.2 INDAGINI GEOFISICHE 18
5.1.3 PROVA MASW M_1 20
5.1.4 PROVA HVSR H_1 31
5.2 REPORT D'INDAGINE TOMOGRAFIA ELETTRICA TE_1 41
5.3 INDAGINI REPERITE 51
6. MODELLAZIONE GEOLOGICA 52
6.1 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO, GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO 52
6.1.1 GEOMORFOLOGIA 52
6.1.2 GEOLOGIA 52
6.1.3 IDROGEOLOGIA 56
6.2 COMPATIBILITÀ CON IL P.A.I. DEL F. TRONTO 57
6.3 CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA DEL SITO 57
7. MODELLAZIONE SISMICA 61
7.1 PERICOLOSITÀ SISMICA 61
7.1.1 VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO 61
7.1.2 STATI LIMITE, PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO E PERIODO DI RITORNO 62
7.1.3 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE 63
7.1.4 PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO 66
7.2 STORIA SISMICA DEL SITO 67
7.2.1 PERICOLOSITÀ SISMICA 67
7.2.1 MAPPA SISMOGENETICA 71

7.3 CLASSIFICAZIONE SISMICA 72
7.3.1 CLASSIFICAZIONE STORICA 72
7.3.1 MICROZONAZIONE 73
7.4 AZIONE SISMICA: PARAMETRI PER LA DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE 74
7.4.1 VALORE $V_{S,equivalente}$ 76
7.4.2 CATEGORIA TOPOGRAFICA E COEFFIECIENTE D'AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA S_T 76
7.4.3 FREQUENZA FONDAMENTALE DI SITO 78
7.5 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE 78
7.6 PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO 79
8. MODELLO GEOTECNICO 82
8.1 UNITÀ LITOTECNICHE 82
8.2 PARAMETRI GEOTECNICI MEDI 84
8.3 DETERMINAZIONE DEI VALORI CARATTERISTICI 85
8.3.1 SINTESI VALORI MEDI, CARATTERISTICI E DI PROGETTO 86
8.4 VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE 86
9. PROGETTO 87
10. CONCLUSIONE 87

1. PREMESSA

L'Amministrazione comunale di Ascoli Piceno (AP) attraverso la programmazione dell'Ing. Maurizio Piccioni (Responsabile del Procedimento) e con specifica determina n.4041 del 16/12/2021 a firma del Dirigente Arch. Ugo Galanti ha affidato allo scrivente Dott. Oreste Schiavoni Geologo Specialista, regolarmente iscritto all'albo professionale dei Geologi delle Marche con n.499 dal 12/09/1996 (professionalmente domiciliato c/o GEO2000 Studio Associato di Geologia di Ascoli Piceno – AP – Via del Commercio 36), l'incarico per redigere lo **STUDIO GEOLOGICO DELL'AREA INTERESSATA DAL PROGETTO IN VARIANTE URBANISTICA AL P.R.G. PER LA REALIZZAZIONE DI UNA STRUTTURA COMUNALE DI AGGREGAZIONE SOCIALE IN LUNGO CASTELLANO** - **CIG: Z24344B11A**. Il progetto, redatto dallo studio tecnico dell'Ing. Pierluigi Zampini di Ascoli Piceno, interessa la ristrutturazione dell'area ricreativa già occupata dall'ASSOCIAZIONE PENSIONATI PIAZZAROLA – PORTA CARTARA, il cui accesso è collocato sul lato valle di via Lungo Castellano, di fronte a numero civico 26, si vedano immagini successive relative all'identificazione dei luoghi.

Figura 1.1 - stralcio Google Earth: inquadramento geografico dell'area Sud del centro storico di Ascoli Piceno, in rosso l'ingrandimento del sito di progetto con relativa ubicazione evidenziata in giallo dell'area d'intervento. Infine l'accesso all'area come da Street View.

Gli studi e le indagini, compiuti nel rispetto della normativa vigente, sono stati proporzionati all'entità dell'intervento e al grado di conoscenza geologica che lo scrivente ha dei luoghi all'oggetto e comunque estesi a quella parte di sottosuolo (volume significativo) influenzato, direttamente o indirettamente, dall'opera realizzata e ritenuto espressivo ai fini dei risultati dell'indagine stessa; le risultanze degli studi e delle indagini formano il contenuto della presente relazione che si compone di numero 90 pagine comprese del frontespizio.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per l'intervento all'oggetto gli studi e le indagini necessari alla progettazione sono stati eseguiti in ottemperanza a quanto previsto dalla normativa vigente:

- *Legge n. 64 del 02/02/1974 e s.m.i. - Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;*
- *Norme A.G.I./1977 – raccomandazione sella programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche;*
- *D.M. LL.PP. 11/03/88 e s.m.i. - Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilita dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;*
- *Legge n. 183 del 18/05/1989 e s.m.i. - Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo;*
- *Ordinanza P.C.M. n.3274 del 20/3/2003 e nell'integrazione O.P.C.M. n.3341/05 e successivi criteri del C.S.LL.PP. sulla "Pericolosità sismica" e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale;*
- *Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali - norma europea sperimentale ENV 1997-1 (edizione ottobre 1994): criteri per calcolare le azioni originate dal terreno, gli aspetti esecutivi, in quanto necessari, ed indica la qualità dei materiali e dei prodotti che devono essere adottati per soddisfare le prescrizioni di progetto*
- *Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici - norma europea EN 1998-1 (edizione dicembre 2004): requisiti fondamentali di prestazione applicabili agli edifici e alle opere di ingegneria civile in zona sismica e fornisce le regole per la rappresentazione delle azioni sismiche e per la loro combinazione con altre azioni, con l'obiettivo di assicurare che in caso di terremoto le vite umane siano protette, i danni siano limitati, e le principali strutture di protezione civile rimangano in esercizio*
- *D.M. 14/01/08 Testo Unico "Norme tecniche per le costruzioni" e con successiva circolare esplicativa n.617/09 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici: istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14.01.2008;*
- *PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL FIUME TRONTO adottato con delibera del Comitato Istituzionale n.3 del 07/06/2007 con riferimento alle specifiche Norme Tecniche d'Attuazione;*
- *D.M. 17/01/18 Testo Unico "Norme tecniche per le costruzioni" pubblicate su G.U. Serie Generale n.42 del 20-02-2018 - Suppl. Ordinario n. 8.*

3. UBICAZIONE

Il sito di studio è situato in lungo Castellano, prospicente al numero civico 69, vicina al toponomastico "Porta Cartara", nella zona nota come "La Piazzarola" che del centro storico della città di Ascoli Piceno costituisce la porzione più meridionale del borgo medioevale; in particolare l'asse viario lungo Castellano Sisto V contorna l'abitato cittadino seguendo il sottostante alveo fluviale in direzione Est e Nord-Est modellato nel tempo dal Torrente Castellano.

L'area da ristrutturare si trova in posizione sommitale al versante in sinistra idrografica del suddetto torrente con quota molto prossima a quella del piano stradale, dove occupa una sorta di balcone cinto dalle mura storiche della città e rivolto verso l'alveo.

Nell'intorno, procedendo verso valle, lo stesso versante fluviale mostra una morfologia a struttura terrazzata modellata dall'uomo a propri scopi e dettata dall'andamento della formazione geologica di base in alcuni tratti del versante affiorante; in direzione monte edifici urbani occupano un breve tratto di terrazzo fluviale ricollegandosi al versante collinare del quartiere Piazzarola.

4. CARTOGRAFIA E DATI TERRITORIALI

Nei successivi paragrafi si riporta la cartografia territoriale d'interesse e disponibile relativamente ai luoghi di progetto.

4.1 IGM 1:25.000

Nella cartografia topografica storicamente il sito è individuabile nella produzione IGM (scala 1:25.000), in particolare nell'edizione del 1955 alla tavoletta "Ascoli Piceno Ovest", IV SO del Foglio 133 della Carta d'Italia (v. figura 4.1 a lato e successiva 4.2-A); allo stesso modo (si veda successiva Figura 4.2-B) l'ubicazione dell'area è rilevabile allo stralcio topografico più recente (edizione 1992, scala 1:25.000) qual è il Quadrante 133 IV della Carta Topografica della Regione Marche.)

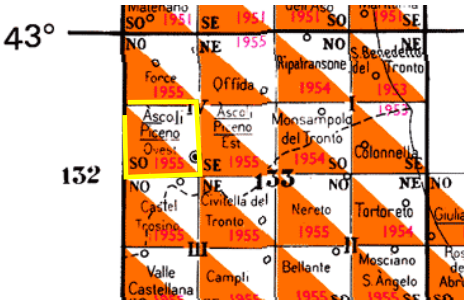


Figura 4.1 - quadro d'unione serie 25/V dell'IGM, evidenziata in blu la Tavoletta IV SO "Ascoli Piceno Ovest", edizione 1955, F. 133 della Carta d'Italia.

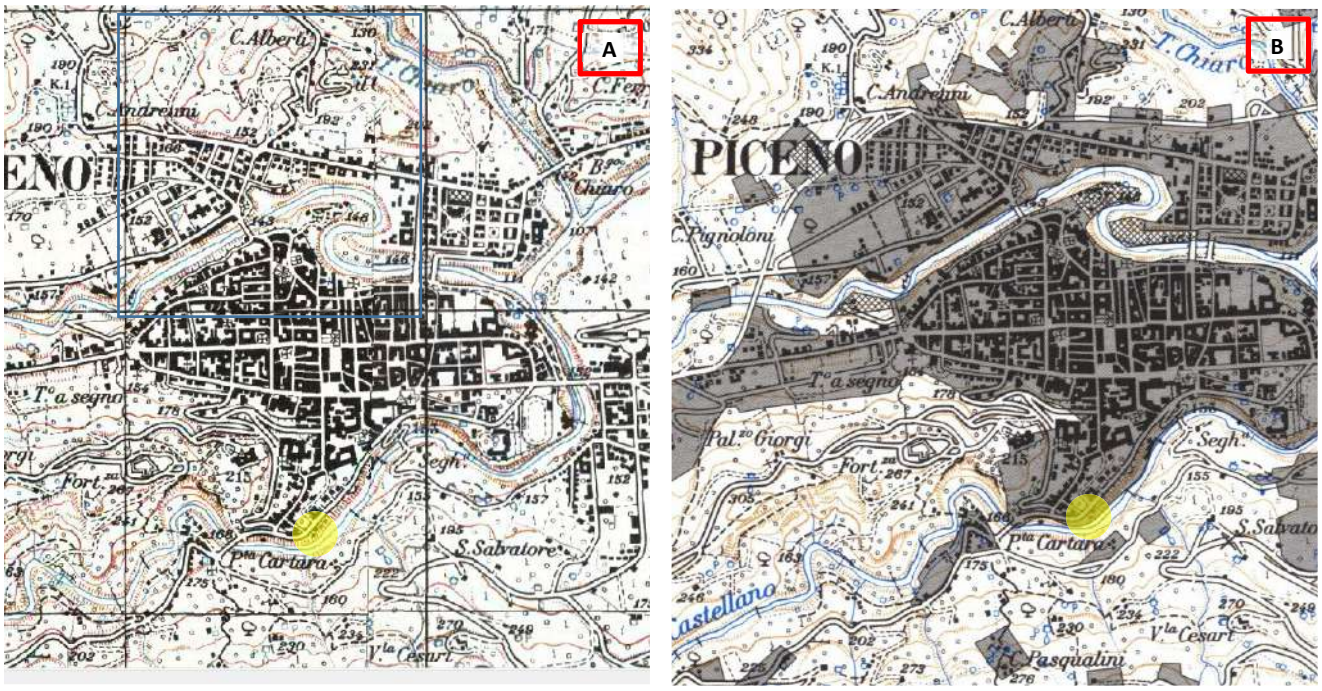


Figura 4.2 – ubicazione area su carte topografiche scala 1:25.000, rispettivamente: **A**) stralcio Carta d'Italia F.133 tavoletta "Ascoli Piceno Ovest" quadrante IV S.O. (1951); **B**) stralcio Carta Tecnica della Regione Marche, Quadrante 133 IV (1992).

4.2 CARTOGRAFIA TECNICA REGIONALE 1:10.0000

Più recente è anche la Carta Tecnica Regionale, sezione 326110 "Ascoli Piceno" (*scala 1:10.000*, ripresa del volo aereo anno2000, v. Figura 4.3-a), dove è possibile determinare le coordinate geografiche dell'edificio oggetto d'intervento e le coordinate dei vertici d'inquadramento territoriale. In particolare le coordinate riportate appartengono ai sistemi di riferimento con coordinate geografiche ED1950 e coordinate piane Gauss-Boaga e sono qui elencate rispettivamente nelle successive tabelle 1 e 2.

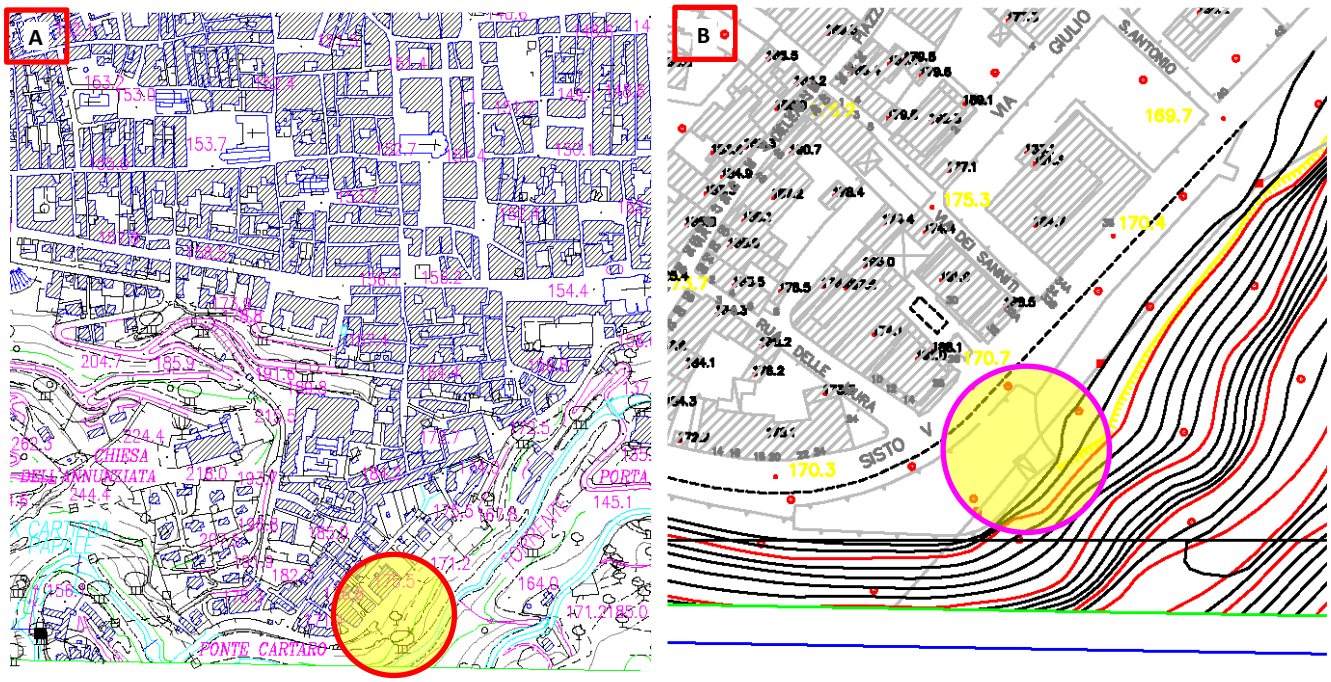


Figura 4.3 – ubicazione area rispettivamente: **A**) su stralcio scala 1:10.000 della Carta Tecnica Regionale, Sezione 326110 "Ascoli Piceno" (volo aereo anno 2000); **B**) stralcio mappa 2 della Carta Tecnica Comunale di Ascoli Piceno, scala 1:2.000, Elemento 32611-2-2 (diffusione 16.10.1998), dove Via O. Iannella risulta quotata a 153,70 m s.l.m..

4.3 CARTOGRAFIA TECNICA COMUNALE 1:2.000

La Carta Tecnica Comunale (*scala 1:2.000*) è cartografia topografica disponibile più di dettaglio del territorio all'oggetto; di seguito (v. precedente Figura 3-3) se ne riporta uno stralcio della mappa 2, dell'elemento 32611-2, relativa alla zona d'interesse; della stessa si riportano le coordinate relative all'inquadramento territoriale cartografico e specifiche dell'edificio in progetto. La CTC 2.000 oltre a permettere valutazioni topografiche come appresso riportato è la cartografia utilizza per la ricostruzione geologica (si vedano sezioni geologiche e stratigrafiche).

4.4 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO TERRITORIALE E COORDINATE EDIFICIO DI PROGETTO

Nella tabella 4.I sono indicati le coordinate geografiche quali riferimenti per l'inquadramento territoriale delle mappe topografiche scala 1:10.000 e più in dettaglio quelle della scala 1:2.000,precedentemente descritte.

INQUADRAMENTO TERRITORIALE									
Vertice	*Carta Tecnica Regionale - coordinate dei vertici Sez. 326110 [scala 1:10.000]*					*Carta Tecnica Comunale - coordinate dei vertici Elemento 32611 Mappa2 [scala 1:2.000]*			
	Geografiche (E.D. 1950)		*Fuso Est Gauss-Boaga*			*Geografiche (E.D. 1950)*		*Fuso Est Gauss-Boaga*	
	φ	λ	N	E		φ	λ	N	E
NO	42°54'00"	13°30'00"	4750706	2397471		42°51'45"	13°33'45"	4746453	2402503
NE	42°54'00"	13°35'00"	4750588	2404275		42°51'45"	13°35'00"	4746423	2404204
SO	42°51'00"	13°30'00"	4745153	2397372		42°51'00"	13°33'45"	4745064	2402479
SE	42°51'00"	13°35'00"	4745035	2404181		42°51'00"	13°35'00"	4745035	2404181

Tabella 4.I – le coordinate Geografiche sono riferite all'elissoide internazionale con orientamento medioeuropeo (ED 1950) e le coordinate piane sono nel sistema Gauss-Boaga; il reticolo U.T.M. è riferito al fuso 33, mentre le costanti di transito per passare dalle coordinate Gauss-Boaga nel sistema nazionale a quelle nel sistema U.T.M.sono: Fuso Est DE= -2019938 e Fuso Est DN= + 181.

Dalle stesse è stato possibile ricavare le coordinate relative all'edificio di progetto come da seguente tabella 4.II.

WGS84		ED50		Fuso Est Gauss-Boaga		Quota
Lat.	*Long.*	*Lat.*	*Long.*	*N*	*E*	*m s.l.m.*
42,8493916926841	**13,5747370375989**	**42,850351616375043**	**13,575652652935949**	**4745085.9960**	**2403550.8670**	**170,00**

Tabella 4.II – le coordinate WGS84 e ED50 sono ricavate dal software GeostruPS advanced mentre il terzo gruppo di coordinate sono quelle piane riferite al sistema Gauss-Boaga ricavate dalle precedenti cartografie.

4.5 PIANO REGOLATORE GENERALE

Dalla consultazione del "PORTALE DATI TERRITORIALI" del Comune di Ascoli Piceno (https://sit.comune.ap.it/PORTALE_1/) è possibile reperire le seguenti informazioni relativamente al sito di interesse: area censita nel PRG in zona PF PARCO FLUVIALE, PARCHI URBANI TERRITORIALI (Artt.31-33 e N.T.A.).

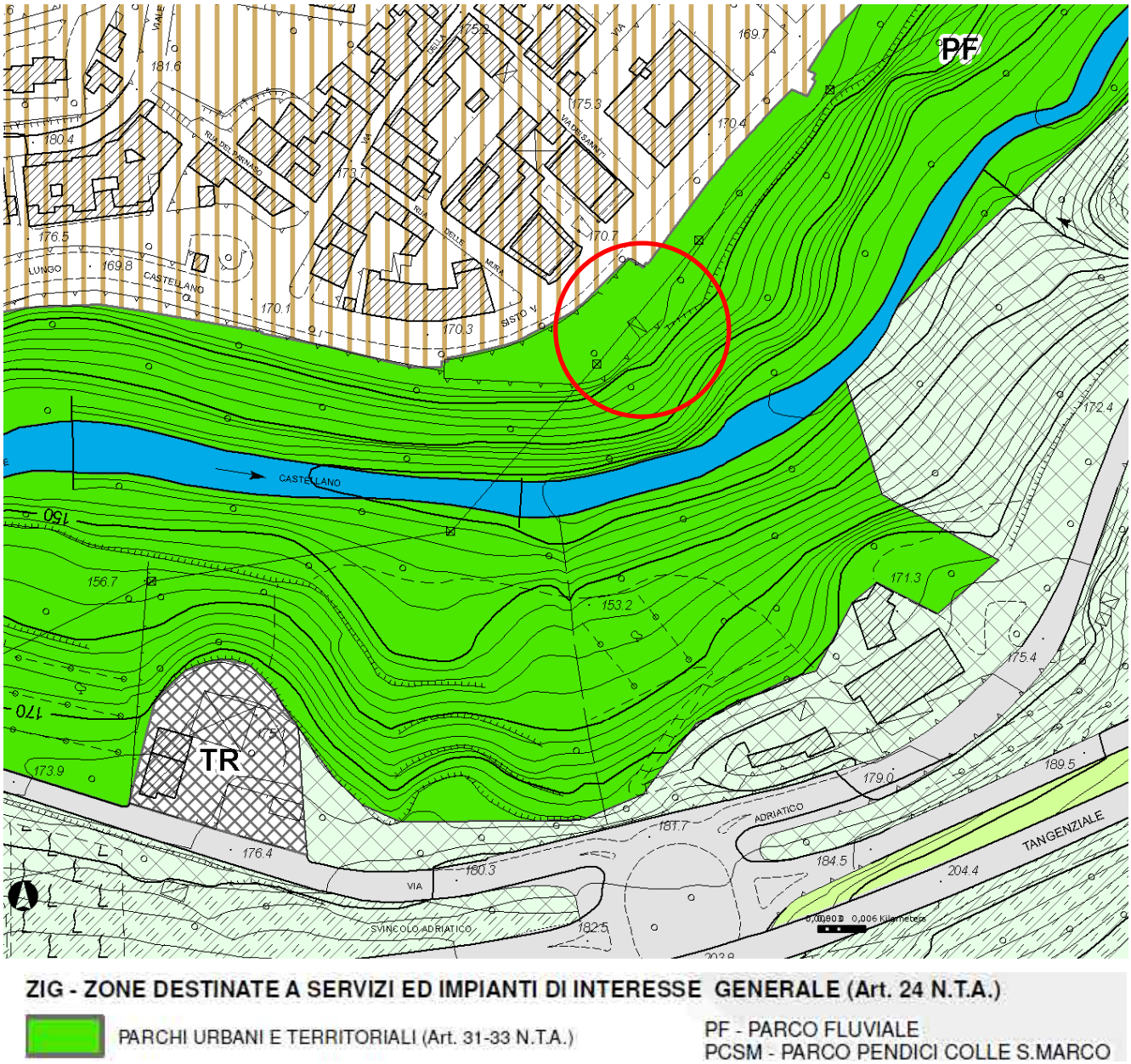


Figura 4.4 – stralcio cartografico estratto dal Portale del Comune di Ascoli Piceno con destinazione da PRG: base aerofotogrammetria 1:2.000; cerchiata in rosso la posizione occupata dall'area d'interesse.

5. PROSPEZIONI GEOGNOSTICHE

Tenendo conto delle criticità per l'accessibilità dell'intorno dell'area di studio è stato deciso in accordo con gli altri tecnici coinvolti di realizzare un sondaggio geognostico a rotazione sull'area superiore, in posizione intermedia ai due edifici esistenti e uno stendimento di tomografia elettrica sul giardino ad Est; quest'ultimo è stato eseguito con un allineamento trasversale ai gradoni esistenti in corrispondenza delle staccionate, in modo da poter valutare allo stesso tempo l'eventuale presenza di strutture antropiche sepolte e gli aspetti geologici osservati e dedotti nel sopralluogo preliminare eseguito. Infine per la caratterizzazione sismica dei luoghi sono state eseguite uno stendimento di sismica a rifrazione tipo MASW e una registrazione HVSR per la misura della frequenza fondamentale di sito.

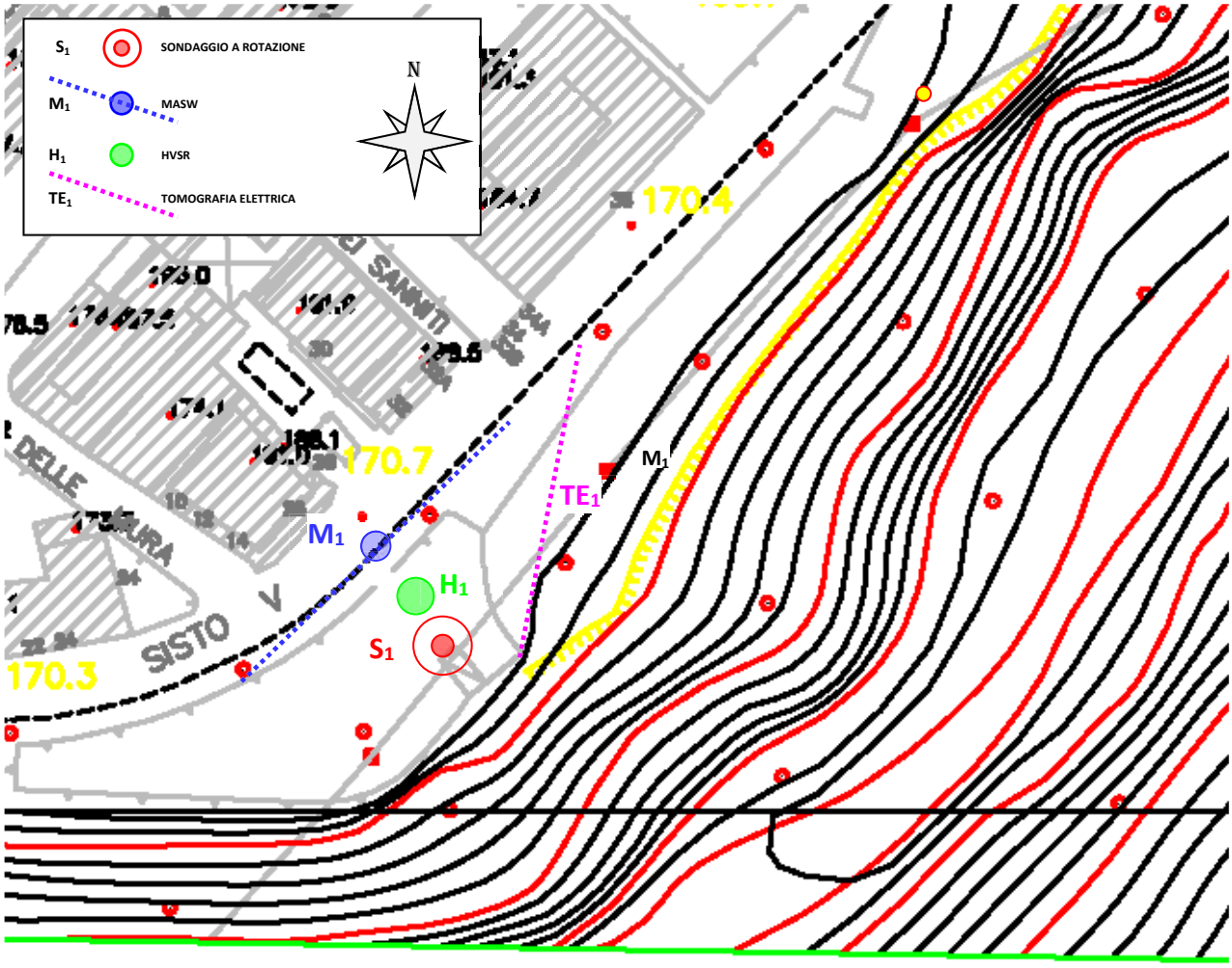


Figura 5.1 - ubicazione dell'indagine realizzate; base topografica scala 1:1.000 ingrandimento di stralcio carta tecnica comunale F112-2 (scala 1:2.000).

I risultati così ottenuti integrati da altre indagini, reperite da studi geologici vicini gentilmente messi a disposizione dell'amministrazione comunale e propri dello scrivente (realizzati per committenza privata), permettono di avere una sufficiente conoscenza dell'area tanto da non ritenere necessarie ulteriori metodologie.

Di seguito si riportano i report delle indagini geognostiche svolte dalle ditte appositamente incaricate dall'Amministrazione Comunale di Ascoli Piceno.

5.1 REPORT D'INDAGINE GEOGNOSTICA E GEOFISICA

Indagini Centro Aggregazione Lungo Castellano Sisto V – Comune di Ascoli Piceno (Ap)

MICROSONDA.geo
Lavori Speciali, Micropali, Sondaggi

COMUNE DI ASCOLI PICENO (AP)

ESECUZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE PER:

"Variante Urbanistica al P.R.G. per la realizzazione di una struttura comunale di aggregazione sociale in Lungo Castellano".

Data: marzo 2022

Responsabile
Dott. Geol. Oreste Schiavoni

Sondatore
Dott. Luciano Marucci

MICROSONDA • GEO
di Marucci L. & Bruni A. Snc
C.da Lava, 179 - 63035 Offida (AP)
P. IVA 01856420441
microsonda@hotmail.it

Indagini Centro Aggregazione Lungo Castellano Sisto V – Comune di Ascoli Piceno (Ap)

RELAZIONE-REPORT SULLE INDAGINI

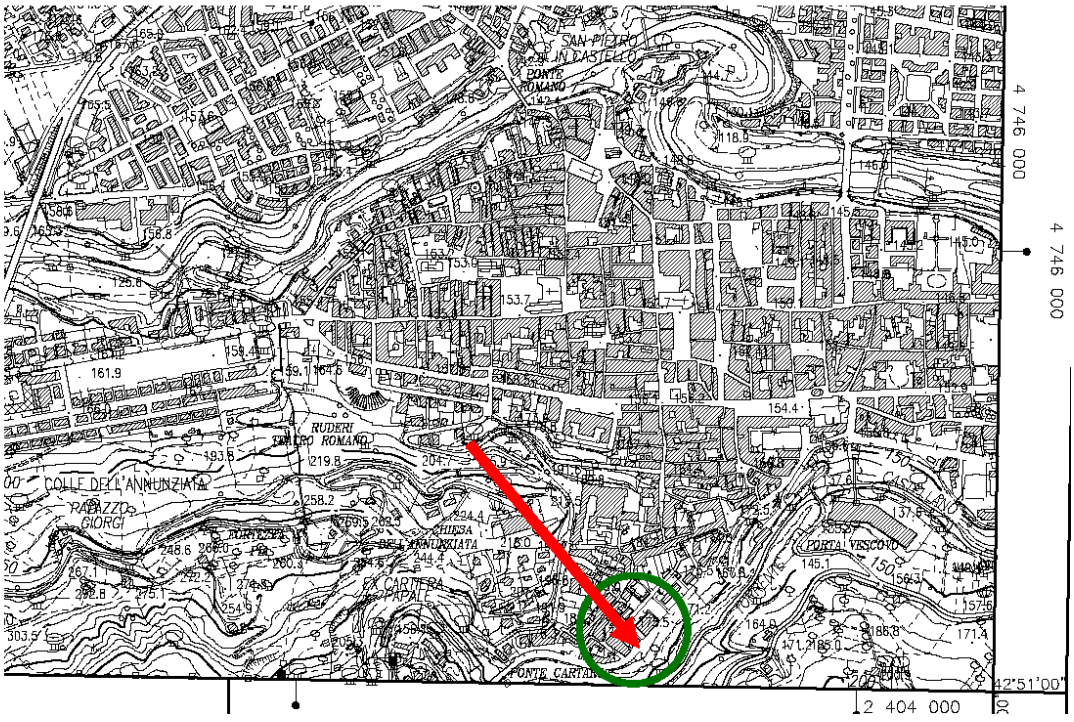
PREMESSA

La ***Microsonda.geo s.n.c.*** è stata incaricata con determina n. 3787 del 3/12/2021 dalla Amministrazione comunale di Ascoli Piceno, Settore 6 - Sue, Suap, Ambiente, Urbanistica, Sisma di eseguire delle indagini geognostiche a supporto degli studi geologici a base della redazione di uno studio di fattibilità per un centro di aggregazione sociale sito in via Lungo Castellano Sisto V.
La campagna di indagini volta a definire al meglio e con precisione le caratteristiche litostratigrafiche, meccaniche e di stabilità dei terreni presenti si è articolata in diverse indagini geognostiche in sito. Queste indagini, i cui risultati sono stati riportati integralmente nel presente elaborato, si sono composte nel dettaglio in:

- Realizzazione di n.1 sondaggio geognostico a rotazione e carotaggio continuo, spinto fino alla una quota ritenuta sufficientemente significativa per il fine del progetto in epigrafe.
- Svolgimento di indagini geofisiche di tipo HVSR e MASW per la determinazione della Vs_{eq} e ai fini della individuazione della categoria sismica del suolo di fondazione.

Per ulteriori dettagli riguardanti le modalità di esecuzione e altri particolari sullo svolgimento delle suddette indagini si rimanda all'apposito paragrafo della Relazione Geologica di cui il presente elaborato costituisce appendice.
La pianificazione delle indagini, ed in particolare l'individuazione e la selezione dei punti di sondaggio, è stata curata dal Responsabile degli studi geologici Dott. Geologo Oreste Schiavoni in accordo con i Tecnici Progettisti, al fine di ottenere al meglio una fedele ricostruzione dell'andamento stratigrafico del sottosuolo.

UBICAZIONE TOPOGRAFICA



Ubicazione topografica (stralcio CTR Marche sez. 326110)

SONDAGGI GEOGNOSTICI

I sondaggi geognostici sono stati eseguiti con la tecnica a rotazione a carotaggio continuo senza l'ausilio di tubazioni di rivestimento (non necessarie in quanto le pareti del foro si autosostenevano) e con l'utilizzo di liquidi di perforazione ove necessario. La metodologia utilizzata è finalizzata a valutare l'assetto stratigrafico e geotecnico dei livelli attraversati. Le terebrazioni sono state spinte sino alla profondità di –12,80 metri dal p.c.. La falda acquifera è stata intercettata alla quota di -5,40 durante l'esecuzione del sondaggio.
I sondaggi sono stati eseguiti con la seguente attrezzatura:

Sonda perforatrice *"F.lli Mori" mod. M40* oleodinamica con le seguenti caratteristiche:

- testa di rotazione psm 800 Kgm;
- peso totale kg 8700;
- slitta di avanzamento 2.60 m;
- motore oleodinamico;
- argano idraulico h 3.50 m;
- freno blocca aste;
- pompa CMO 320 a vite continua;
- pompa schiumogeno scarotatrice.

ed i seguenti utensili:

- aste di manovra ∅ 88.9 mm, lunghezza 1.0 m;
- tubi carotieri semplici ∅ 101 mm, rispettivamente di lunghezza 3.0 - 1.5m;
- corone e scarpe con denti e prismetti di widia.

N.B.: Le perforazioni e le indagini sono state eseguite rispettando il D.M. 11/03/88, e seguendo le specifiche tecniche riportate sul prontuario delle Prove in Sito - Associazione Geotecnica Italiana (A.G.I. 1977).

Analisi stratigrafica
L'analisi stratigrafica è stata eseguita nel corso dei sondaggi geognostici da geologo abilitato, e sottoposte al controllo della D.L. Per il sondaggio è stata elaborata una tabella in cui si riporta in allegato la descrizione stratigrafica.
Di seguito si riporta una tabella riassuntiva delle indagini eseguite:

Committente: Comune di Ascoli Piceno (Ap)
Località: Lungo Castellano Sisto V - 63100 Ascoli Piceno (Ap)
Responsabile: Dott. Geol. Oreste Schiavoni
Sondatore: . Luciano Marucci
Collaboratori in cantiere: Marcel Tache, Cornel Cilibran Nicusor
Sonda perforatrice: Mori M40

***Sondaggio* S1**
Profondità raggiunta: 12,80 m
Data perforazione: 15-17/03/2022
Coordinate punto di sondaggio: 42.849388, 13.574727 (WGS84)
Quota sul livello del mare: ~ 160 m
Diametro del foro: ∅ 101
Utilizzo di rivestimenti metallici: si
Inclinazione del foro di sondaggio: verticale
Tecnica di scavo: a rotazione a carotaggio continuo con l'ausilio di liquidi di perforazione. Le carote prelevate sono state estruse con acqua in pressione.
Cassette catalogatrici: n. 3

Indagini Centro Aggregazione Lungo Castellano Sisto V – Comune di Ascoli Piceno (Ap)

Planimetria con ubicazione indagini

S1: Sondaggio geognostico a rotazione

5.1.1 STRATIGRAFIA SONDAGGIO S_1

Scheda stratigrafica Sondaggio S1

MICROSONDA.geo s.n.c.
c.da Lava, 179 - Offida (AP)
www.microsonda.it
info@microsonda.it

MODULO SONDAGGI GEOGNOSTICI A CAROTAGGIO

Committente	Cantiere	Profondità raggiunta	Certificato n.	Sondaggio numero
Amm. Comunale di Ascoli Piceno	Centro Aggregaz. Lungo Castellano Sisto V	-13.2 m	018/2022	S1
Operatore	**Indagine**	**Note particolari Sondaggio**		**Inizio/Fine Esecuzione**
Luciano Marucci - Marcel Tache	Ricostruzione stratigrafica sottosuolo	Falda acquifera presente a quota -5.2 m fino a -7,5 m circa		15-17/03/2021
Responsabile	**Cassette Catalogatrici**	**Tipo Carotaggio**	**Sonda Utilizzata**	**Coordinate X Y**
Dott. Geologo Oreste Schiavoni	c1 c2 c3	Carotaggio continuo a rotazione	Perforatrice MOR1 M40	42.8494, 13.5747 WGS84

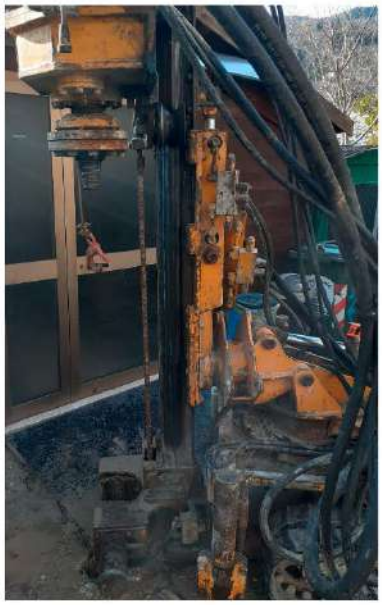
Profondità (metri)	Litologia	Descrizione	Quota	% Carotagg. stima R.Q.D.	S.P.T. (n. Colpi)	Pocket test kg/cmq	Campioni	Metodo Perforaz.	Metodo Stabilizz.	Cassetta Catalog.	Note particolari eventi perforaz.	Falda	Piezometro (P) o Inclinometro (I)
		Pavimentazione in cemento e sottofondo	-0.40	%C=90									
		Livello superficiale di riporto costituito da limo argilloso con pietrame e laterizi dispersi al suo	-1.00	%C=90									
-1 / -2		Limo argilloso avana chiaro, plastico e comprimibile, con presenza di elementi calcarei medio fini (2-10 mm), caratteristiche meccaniche mediocri	-2.50	%C=90									
-3 / -4		Blocchi in travertino di provenienza antropica, probabile vecchio muro sepolto	-5.00	%C=90						1 -5.00		-5.20	
-5 / -6		Ciottoli e ghiaie, di natura calcarea e selcifera, di origine alluvionale, ben arrotondati, di dimensioni grossolane (2- 25 cm), in abbondante matrice sabbioso limosa, colore avana chiaro - giallo ocra, sature (da -5,20 m in poi).	-7.20	%C=90									
-7 / -8 / -9 / -10 / -11 / -12 / -13		Roccia arenaria in banchi grigio scuro, con intercalazioni marnose, stratificata e consolidata, impermeabile (Formazione delle Arenarie dlla Laga)	-13.20	%RQD=80				(RM) -9.00 (CS) -13.20		2 -10.00 3 -13.20			

Sondatore MICROSONDA - GEO di Marucci L. & Bruni A. snc C.da Lava, 179 - 63039 Offida (AP) P.IVA 01230010441 microsonda@tiscali.it

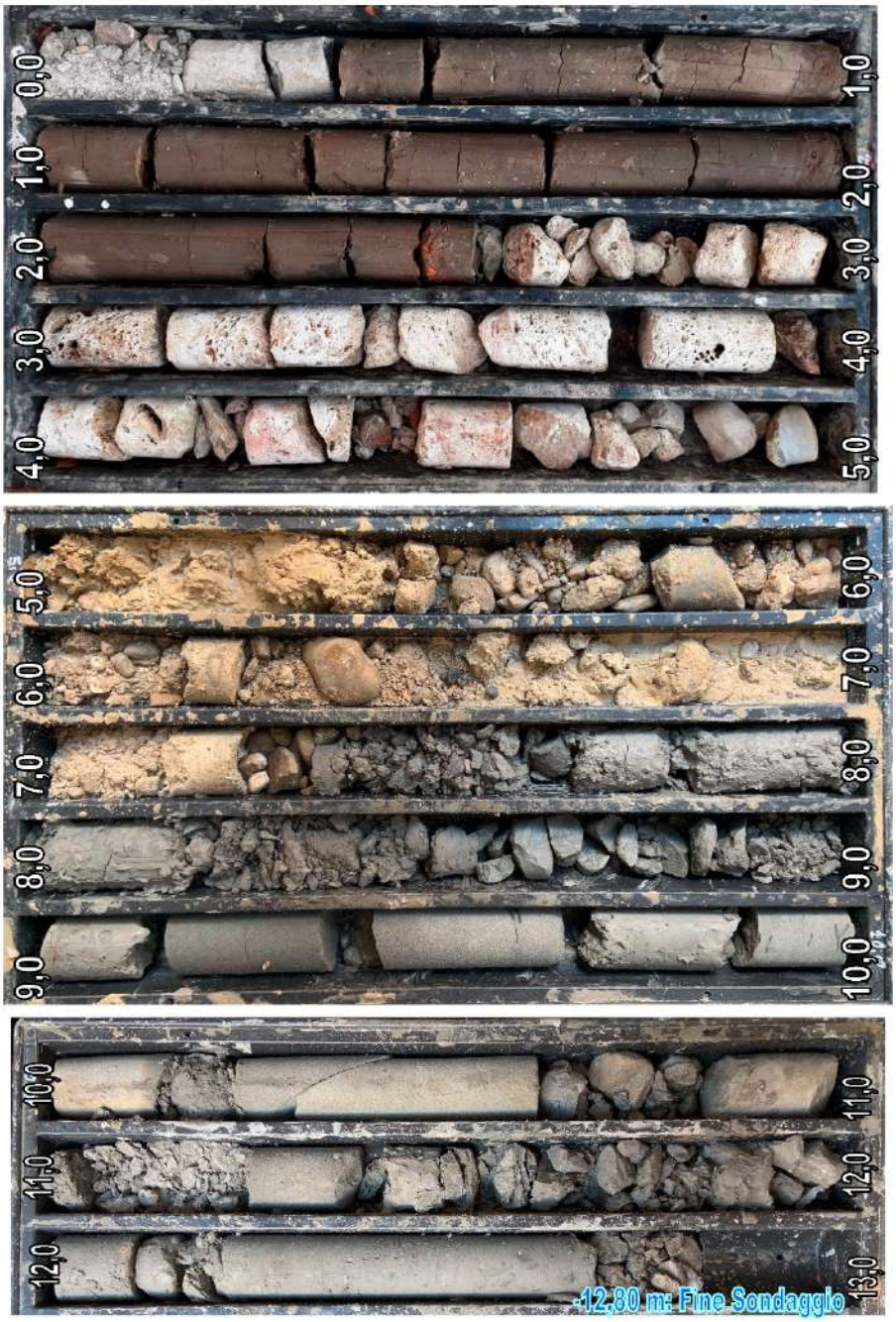
Direttore di Cantiere

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Immagini dell'area interessata alle indagini



Fasi di esecuzione dei sondaggi geognostici



Cassette Catalogatrici sondaggio S1

5.1.2 INDAGINI GEOFISICHE

INDAGINI GEOFISICHE

Al fine di ottenere una attendibile ricostruzione delle caratteristiche geofisiche e sismiche del sito interessato, è stata eseguita in data 22/03/2022 una campagna d'indagine geofisica attiva e passiva consistita:

- Acquisizione ed elaborazione sismica di uno stendimento tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), acquisizione con la misura diretta delle onde S, mediante n.24 specifici geofoni a 4,5Hz;
- numero una registrazione di sismica passiva a stazione singola tipo HVSR (Horizontal and Vertical –Spectral Ratio), mediante Tromografo Micromed.

Tutte le acquisizioni realizzate sono numerate e riportate sull'immagine successiva.

Alla fase di acquisizione ed elaborazione ha fatto seguito poi la redazione del presente report d'indagine del 02.04.2022 di n.27 pagine comprensivo di frontespizio e indice.

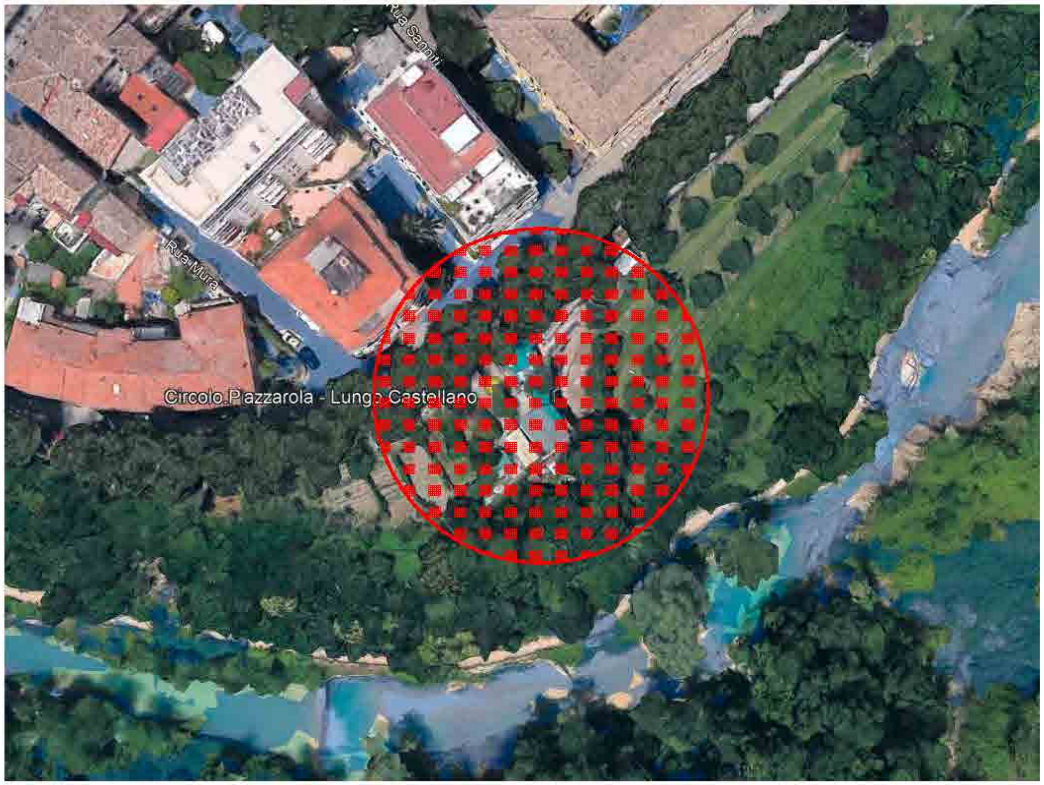


Figura 0.1 – in rosso l'ubicazione dell'area oggetto d'intervento situato in via lungo Castellano Sisto V nel comune di Ascoli Piceno.

UBICAZIONE INDAGINI GEOFISICHE

Figura 0.2 – PLANIMETRIA DI RIFERIMENTO da GoogleEarth (data acquisizione immagini 7/7/2021) con l'ubicazione delle indagini sismiche.

5.1.3 PROVA MASW M_1

-
11-

M A S W

MISURA SISMICA MULTICANALE MASW

(Multichannel Analysis of Surface Waves)

INTRODUZIONE

L'indagine geofisica tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che consente la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di n.24 sensori posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che si trasmettono con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.

In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione, cioè sono onde la cui velocità dipende dalla frequenza.

La definizione delle onde Vs in un semispazio stratificato ha permesso la valutazione prima della Vs_{30}, secondo quanto previsto dal D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, e successivamente della $Vs_{equivalente}$ Norme Tecniche delle Costruzione Decreto 17 gennaio 2018.

STRUMENTAZIONE

L'acquisizione è stata effettuata con apparecchiatura Pasi mod.GEA24 a 24 canali, con tempo di acquisizione di 500ms ed un passo di campionamento 1ms – 1000Hz.

I collegamenti elettrici sono stati realizzati con cavi con connettori NK2721C e Geofoni aventi una frequenza di 4,5 Hz, ancorati verticalmente al terreno ad una distanza tra loro di 2,00 metri.

ACQUISIZIONE DATI

La base sismica è costituita da 24 geofoni disposti ad intervalli di 2,00 metri per cui risulta lunga 56 metri comprensiva dei due punti di energizzazione.

La base sismica è stata disposta nelle zone di maggiore interesse per le finalità del progetto ed in funzione della morfologia e degli ostacoli presenti.

-
12-

M A S W

Le acquisizioni sono state effettuate in corrispondenza della battuta realizzata in due punti di energizzazione, posti a cinque metri (5m) dal primo/ultimo geofono (reciproci rispetto allo stendimento), mediante mazza di battuta di Kg 10; l'energizzazione è stata rilevata con apposito geofono starter collocato nel punto di battuta.

ELABORAZIONE DATI

L'analisi MASW, realizzata con software Winmasw vers. 4.1pro della Eliosoft (geophysical software and service), può essere ricondotta in quattro fasi:

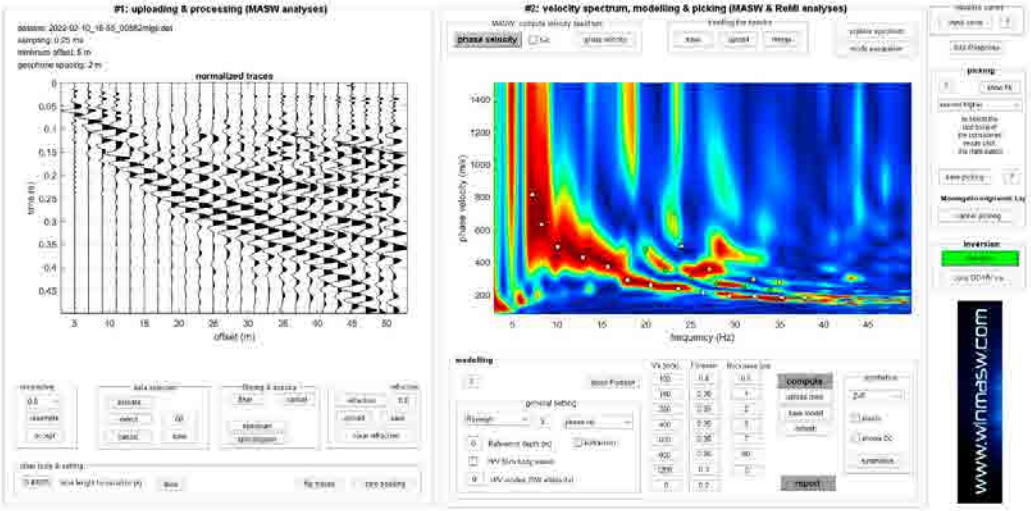
- la prima fase prevede la trasformazione delle serie temporali nel dominio frequenza f – numero d'onda K.
- la seconda fase consiste nella individuazione delle coppie f-k cui corrispondono i massimi spettrali d'energia (densità spettrale) che consentono di risalire alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh nel piano Vfase (m/sec) – frequenza (lentezza (s/m) – frequenza (Hz).
- la terza fase consiste nel calcolo della curva di dispersione teorica attraverso la formulazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, modificando opportunamente lo spessore h, la densità di massa ρ degli strati che costituiscono il modello del suolo, le velocità delle onde di taglio Vs e di compressione Vp.
- la quarta ed ultima fase consiste nella modifica della curva teorica, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo.

-13-

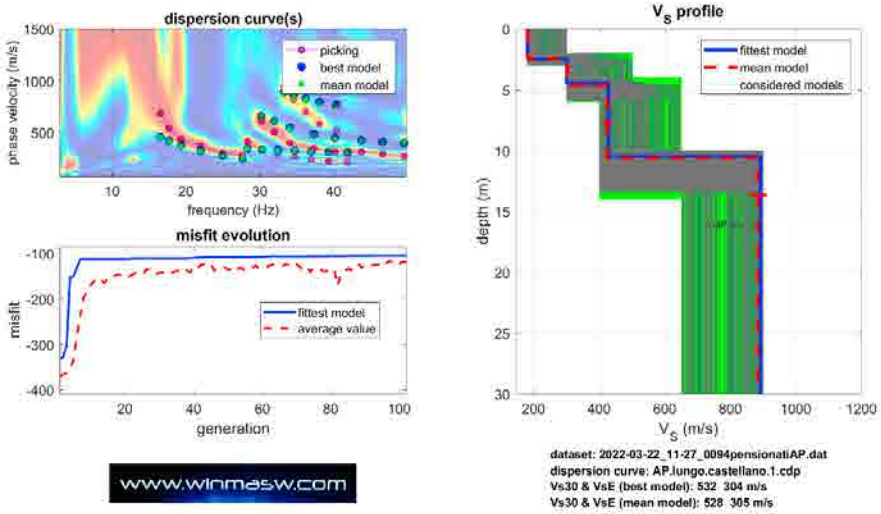
MASW

RISULTATO INDAGINE MASW (sparo n.1)

MASW Analysis, spettro delle velocità, modellazione e picking



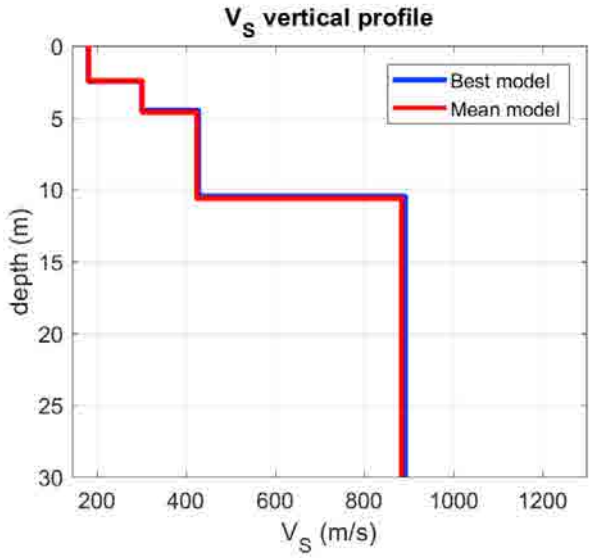
Spettro delle velocità, curva di dispersione e profilo verticale Vs



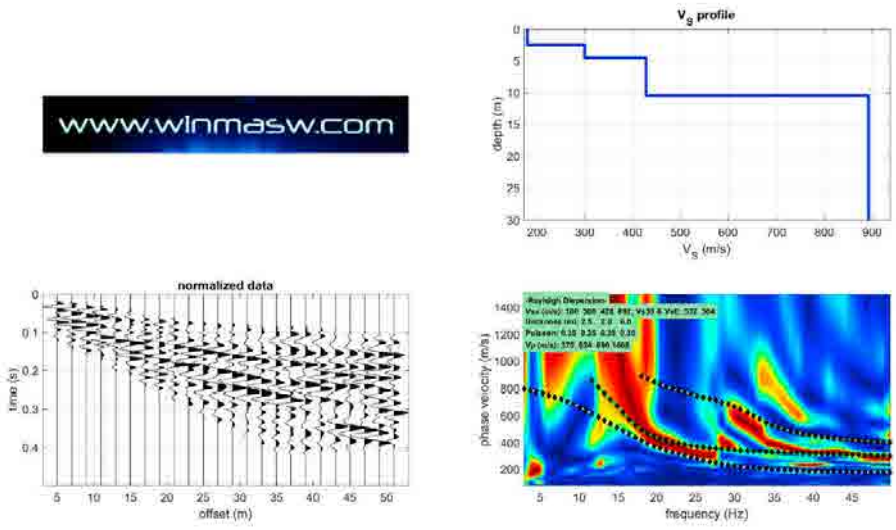
-
14-

M A S W

Vs profilo verticale



Inversion of Surface-Wave Dispersion Curves



Elaborazione winMASW Professional 2018a (Eliosoft)
Data 1/4/2022
Time 20:28

-
15-

M A S W

Dataset: 2022-03-22_11-27_0094pensionatiAP.dat

Subsurface Model	1	2	3	4
Vs (m/s):	180	300	428	892
Thickness (m):	2.5	2.0	6.0	
Density (gr/cm^3):	1.82	1.94	2.03	2.18
Shear modulus (MPa):	59	175	371	1733

Analyzing Phase velocities
Analysis: Rayleigh Wave

Approximate values for Vp and Posson				
Vp (m/s):	375	624	890	1668
Poisson:	0.35	0.35	0.35	0.30

Vs_{30} and Vs_E (m/s):	532	304

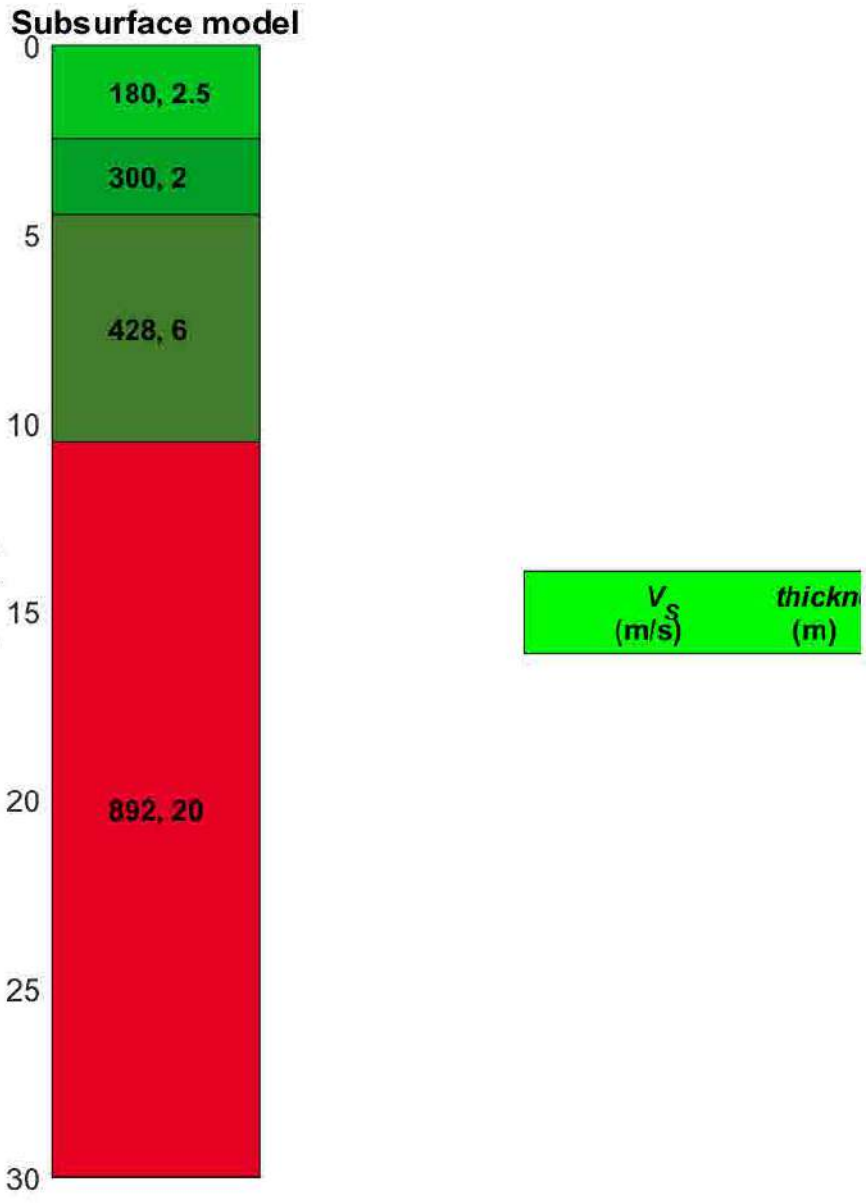
Approximate values elastic moduli for for Vs, Vp e and density	1	2	3	4
Vs (m/s)	180	300	428	892
Vp (m/s):	375	624	890	1668
Density (gr/cm^3):	1.82	1.94	2.03	2.18
Poisson:	0.350312	0.349687	0.349582	0.299738
Young's modulus (MPa):	159	471	1004	4509
Shear modulus (MPa):	59	175	372	1735
Bulk modulus (MPa):	177	523	1112	3753
Lamé (MPa):	138	406	864	2596
Vp/Vs ratio	2.08333	2.08	2.07944	1.86996

Profilo sismostratigrafico

Sismostrato	**Profondità**		**Spessore**	**Vs (m/s)**
1	**0.00**	**2.50**	**2.50**	**180**
2	**2.50**	**4.50**	**2.00**	**300**
3	**4.50**	**10.50**	**6.00**	**428**
4	**10.50**	**in poi**	**-**	**892**

16-

MASW

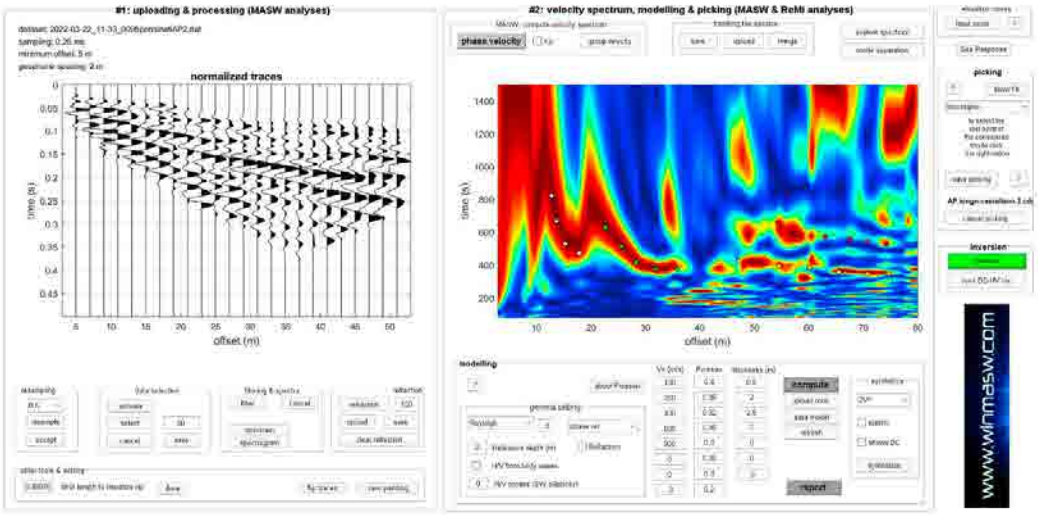

Subsurface model
0
5
10
15
20
25
30
180, 2.5
300, 2
428, 6
892, 20
Vs (m/s)
thickn (m)

-17-

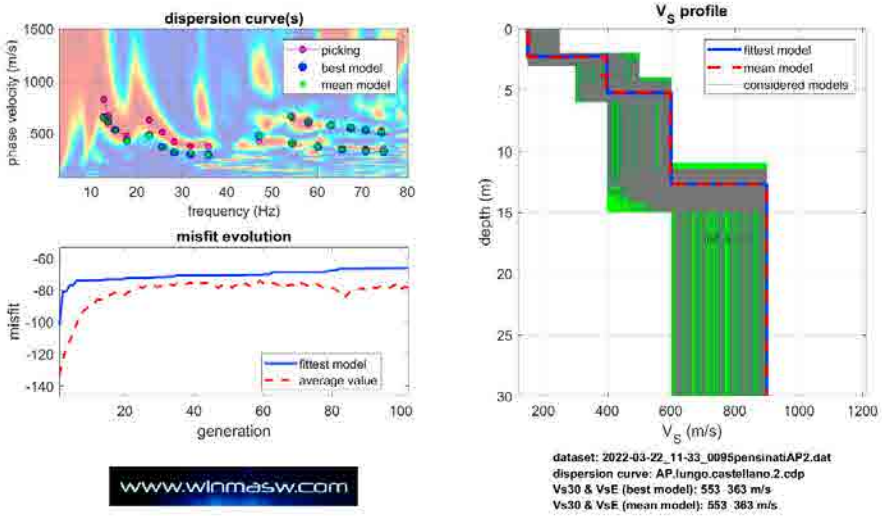
MASW

RISULTATO INDAGINE MASW (sparo n.2)

MASW Analysis, spettro delle velocità, modellazione e picking



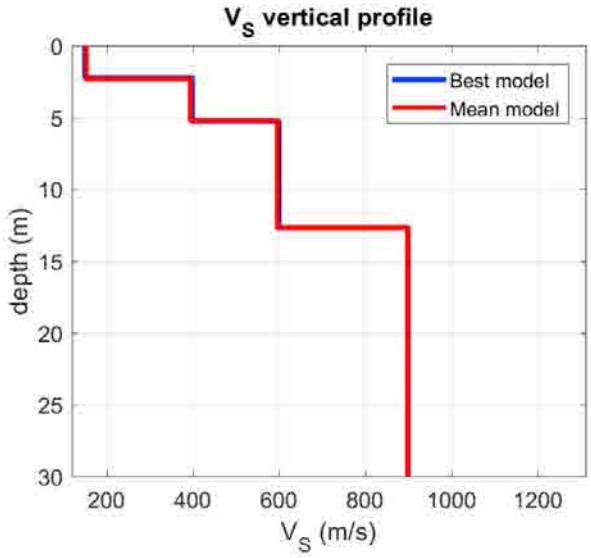
Spettro delle velocità, curva di dispersione e profilo verticale Vs



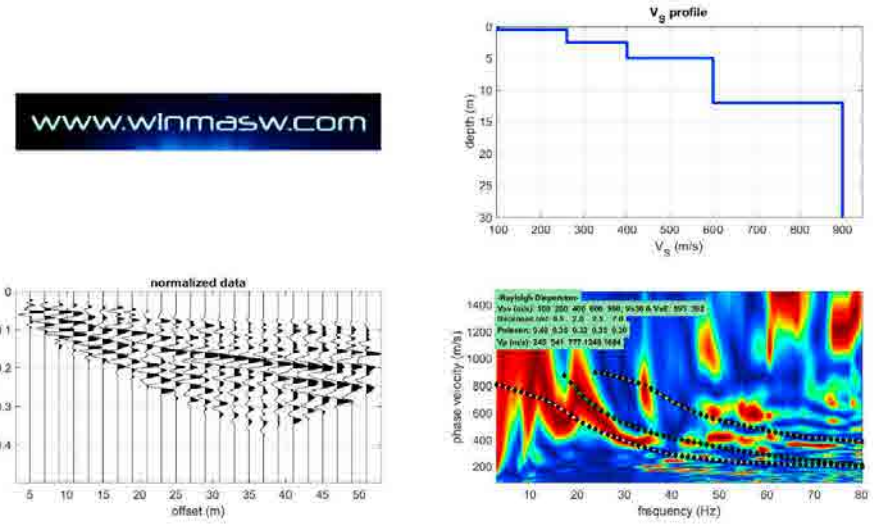
-
18-

M A S W

Vs profilo verticale



Inversion of Surface-Wave Dispersion Curves



Elaborazione winMASW Professional 2018a (Eliosoft)

-
19-

M A S W

Data 1/4/2022
Time 19:45
Dataset: 2022-03-22_11-33_0095pensinatiAP2.dat

Subsurface Model	1	2	3	4	5
Vs (m/s):	100	260	400	600	900
Thickness (m):	0.50	2.00	2.50	7.00	-
Density (gr/cm^3):	1.71	1.91	1.99	2.11	2.18
Shear modulus (MPa):	17	129	319	759	1766

Analyzing Phase velocities
Analysis: Rayleigh Wave

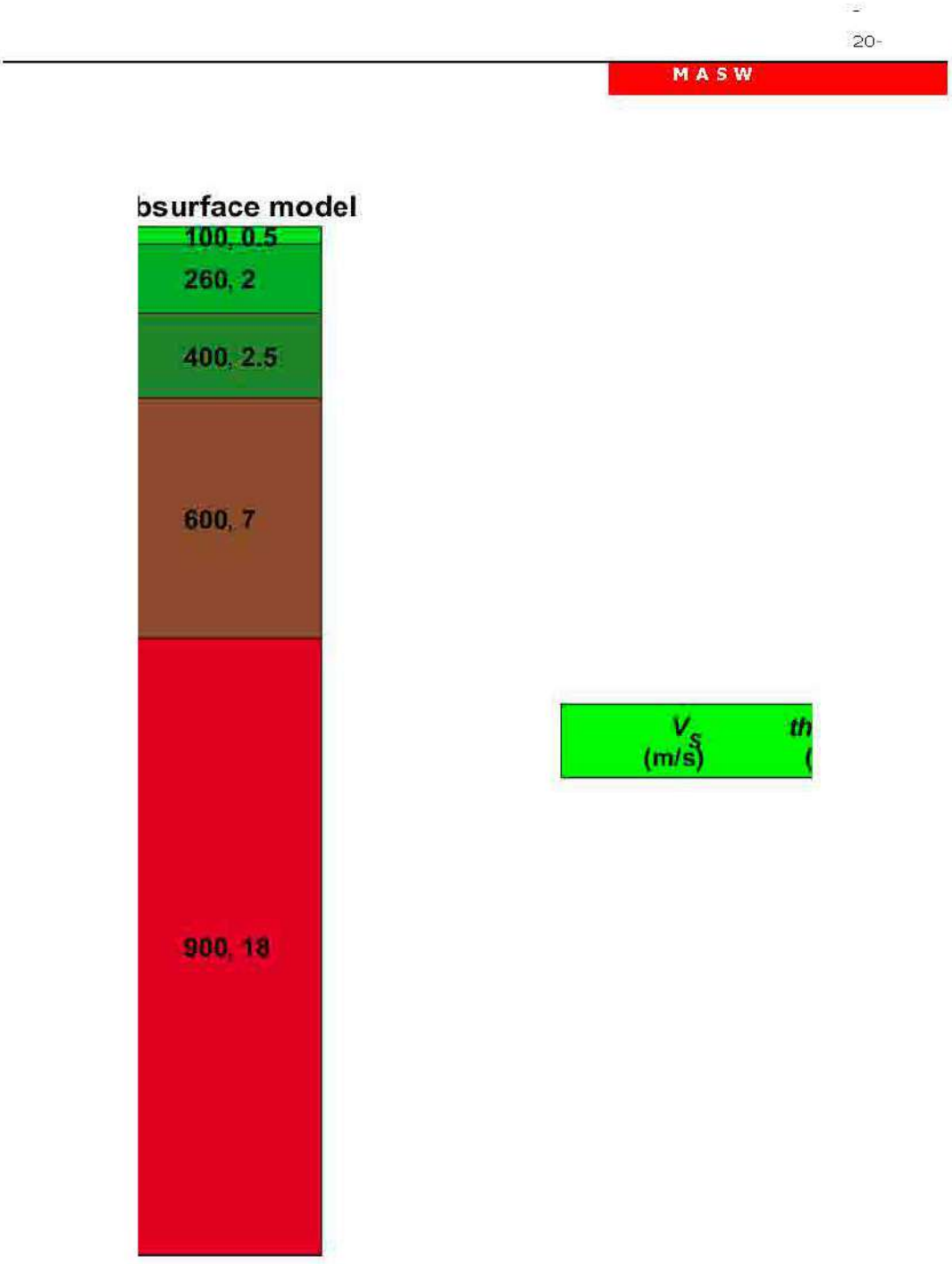
Approximate values for Vp and Posson					
Vp (m/s):	245	541	777	1249	1684
Poisson:	0.40	0.35	0.32	0.32	0.30

Vs_{30} and Vs_E (m/s):	593	392

Approximate values elastic moduli for for Vs, Vp e and density	1	2	3	4	5
Vs (m/s)	100	260	400	600	900
Vp (m/s):	245	541	777	1249	1684
Density (gr/cm^3):	1.71	1.91	1.99	2.11	2.18
Poisson:	0.40005	0.349832	0.31971	0.35	0.300085
Young's modulus (MPa):	48	349	840	2051	4591
Shear modulus (MPa):	17	129	318	760	1766
Bulk modulus (MPa):	80	387	777	2279	3828
Lamé (MPa):	68	301	565	1772	2651
Vp/Vs ratio	2.45	2.08077	1.9425	2.08167	1.87111

Profilo sismostratigrafico

Sismostrato	**Profondità**		**Spessore**	**Vs (m/s)**
1	**0.00**	**0.50**	**0.50**	**100**
2	**0.50**	**2.50**	**2.00**	**260**
3	**2.50**	**5.00**	**2.50**	**400**
4	**5.00**	**12.00**	**7.00**	**600**
7	**12.00**	**in poi**	**-**	**900**


-
20-
M A S W
bsurface model
100, 0.5
260, 2
400, 2.5
600, 7
900, 18
Vs
(m/s)
th
(

-
21-

MASW

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA MASW

Figura 0.1 – profilo masw visto da Nord in corrispondenza dello sparo n.1

Figura 0.2 – profilo masw visto da Sud in corrispondenza dello sparo n.2

5.1.4 PROVA HVSR H_1

-
22-

H V S R

REGISTRAZIONE SISMICA PASSIVA HVSR

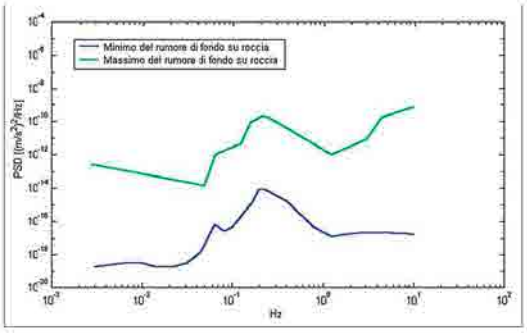
(Horizzontal to Vertical Spectral Ratio)

MISURA MICROTREMORE

Il rumore sismico, generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica, è presente ovunque sulla superficie terreste.

Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo prossimo all'epicentro.

Anche l'attività industriale o il traffico veicolare possono generare tremore sismico, soprattutto in alta frequenza (alcuni Hz), che si attenua rapidamente allontanandosi dalla sorgente. In aree prive di sorgenti locali di tremore, in assenza di vento o su basamenti rocciosi tabulari, lo spettro del tremore assume la forma mostrata in Figura:



dove le curve blu e verdi indicano rispettivamente le ampiezze 'massima' e 'minima' assunte come standard per il rumore sismico di fondo dal Servizio Geologico degli Stati Uniti (USGS).

Lo spettro del rumore sismico diminuisce in corrispondenza delle alte frequenze e mostra due massimi a 0.14 e 0.07 Hz.

Questi massimi sono probabilmente legati al moto ondoso degli oceani i cui effetti si propagano a distanze anche dell'ordine delle migliaia di km dalla costa a causa delle particolari modalità di propagazione delle onde superficiali.

I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non è generato ad hoc, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva.

Durante un terremoto, se la frequenza di risonanza del sottosuolo coincide con quella degli edifici presenti, può avere luogo un fenomeno di accoppiamento fra le due modalità di vibrazione. Questo effetto di amplificazione sismica produrrà un grande aumento della sollecitazione sugli edifici.

L'amplificazione sismica è la prima causa dei danni indotti dal terremoto, anche più importante della dimensione del terremoto stesso.

-
23-

H V S R

STRUMENTAZIONE

Le misura del microtremore ambientale, della durata di 30 minuti, è stata effettuata con un tromografo digitale progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento (Tromino, 10 x 7 x 14 cm per 1,1 kg di peso) è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, alimentato da 2 batterie AA da 1.5 V, fornito di GPS interno.
I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz.
Il tipo di stratigrafia che le tecniche di sismica passiva possono restituire si basa sul concetto di contrasto di impedenza. Per strato si intende cioè un'unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto di impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.
Le misura a stazione singola in campo aperto è stata orientata secondo il Nord.

ACQUISIZIONE DATI

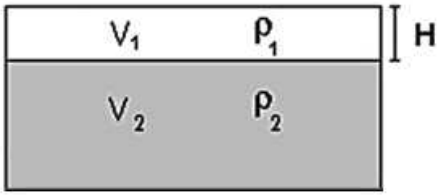
Per l'acquisizione il Tromino viene posizionato sul terreno cercando di ottimizzare al meglio l'accoppiamento terreno strumento, più importante del livellamento.
Nel posizionamento è preferibile posizionare lo strumento con l'asse maggiore in direzione del Nord (o nella direzione di massima pendenza del pendio) nelle misure su terreno, mentre per le misure su edifici viene posizionato lungo l'asse principale dell'edificio.
Una volta posizionato lo strumento, come precedentemente detto, si parte con l'acquisizione che ha una durata di circa 30 minuti.

BASI TEORICHE DEL METODO H/V

Le basi teoriche dell'H/V sono relativamente semplici in un mezzo del tipo strato + bedrock (o strato assimilabile al bedrock) in cui i parametri sono costanti in ciascuno strato (1-D).
Consideriamo il sistema di Figura in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità (r1 e r2) e le diverse velocità delle onde sismiche (V1 e V2). Un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene (parzialmente) riflessa dall'interfaccia che separa i due strati.

-
24-

H V S R



L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente (l) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore H del primo strato. La frequenza fondamentale di risonanza (fr) dello strato 1 relativa alle onde S (o P) è pari a:

$$(f_r) = V_{S1}/4H \qquad (f_r) = V_{P1}/4H \qquad [1]$$

I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume P o S, e in misura molto maggiore da onde superficiali, in particolare da onde di Rayleigh. Tuttavia ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume, poiché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva di queste ultime e poiché la velocità dell'onda di Rayleigh è molto prossima a quella delle onde S.

Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare e senza una corrispondenza 1:1.

Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando l'equazione [1].

L'inversione richiede l'analisi delle singole componenti e del rapporto H/V, che fornisce un'importante normalizzazione del segnale per a) il contenuto in frequenza, b) la risposta strumentale e c) l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

La situazione, nel caso di un suolo reale, è spesso più complessa. Innanzitutto il modello di strato piano al di sopra del bedrock si applica molto raramente. Poi, la velocità aumenta con la profondità, possono esserci eterogeneità laterali importanti ed infine la topografia può non essere piana. L'inversione delle misure di tremore a fini stratigrafici, nei casi reali, sfrutta quindi la tecnica del confronto degli spettri singoli e dei rapporti H/V misurati con quelli 'sintetici', cioè con quelli calcolati relativamente al campo d'onde completo di un modello 3D. L'interpretazione è tanto più soddisfacente, e il modello tanto più vicino alla realtà, quanto più i dati misurati e quelli sintetici sono vicini.

In questo lavoro i segnali sono stati analizzati non solo attraverso i rapporti spettrali H/V ma anche attraverso gli spettri delle singole componenti, e nei casi più significativi, le curve HVSR sono state invertite secondo la procedura descritta da Arai e Tokimatsu (2004).

-
25-

H V S R

PROCEDURA ANALISI DATI

Dalle registrazioni del rumore sismico sono state ricavate e analizzate due serie di dati:

1. le curve HVSR, ottenute col software Grilla (www.tromino.eu) in dotazione al tromografo TROMINO® *Grilla*, con parametri:

⇒larghezza delle finestre d'analisi 20 s,

⇒ lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale,

⇒rimozione delle finestre con rapporto STA/LTA (media a breve termine / media a lungo termine) superiore a 2,

⇒rimozione manuale di eventuali transienti ancora presenti.

2. le curve dello spettro di velocità delle tre componenti del moto (ottenute dopo analisi con gli stessi parametri del punto 1).

-
26-

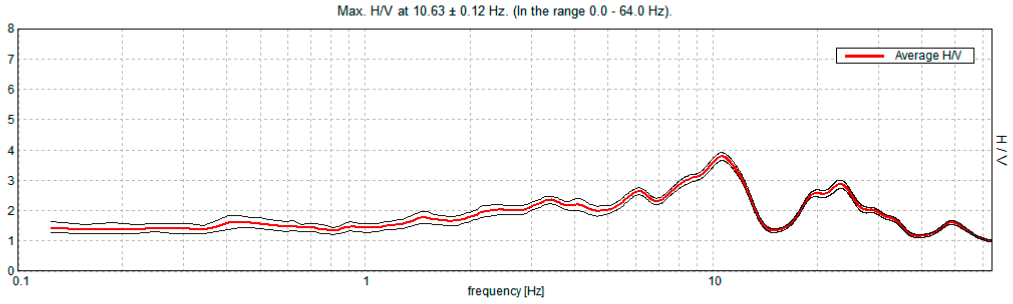
H V S R

RISULTATO MISURA HVSR – H

ASCOLI PICENO, CIRCOLOLUNGOCASTELLANO COMUNE AP
Strumento: TEP-0064/01-10
Formato dati: 16 byte
Fondo scala [mV]: n.a.
Inizio registrazione: 22/03/22 12:52:41 Fine registrazione: 22/03/22 13:22:42
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h30'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

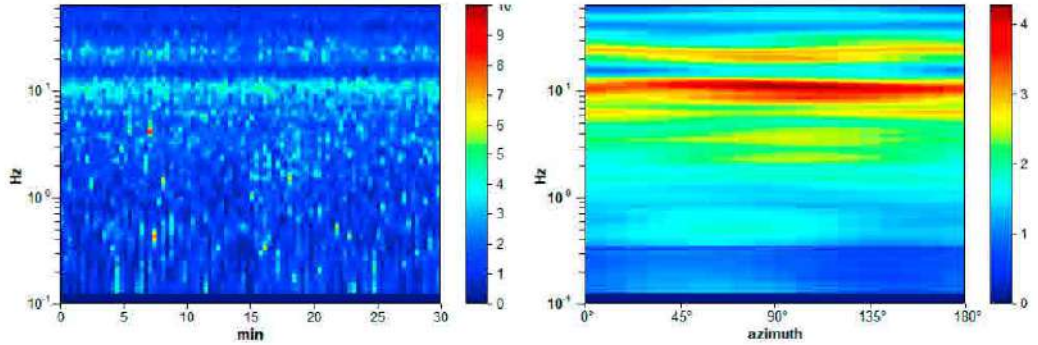


SERIE TEMPORALE H/V

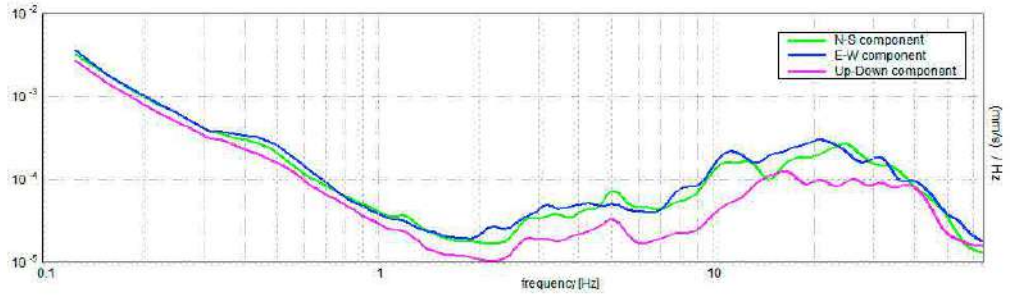
DIREZIONALITA' H/V

-27-

H V S R



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente**].

Picco H/V a 10.63 ± 0.12 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	10.63 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	19125.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$Hz $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$Hz	Superato 0 volte su 511	OK	

-
28-

H V S R

Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	13.438 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.78 > 2	OK	
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.01132| < 0.05	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.12031 < 0.53125	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1304 < 1.58	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{logH/V}(f)$	deviazione standard della funzione log $A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ per $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

La misura HVSR realizzata ha individuato un picco di frequenza massima a

F_0 = 10,63Hz.

La misura realizzata come picco individuato risultano entrambi validi in quanto c'è la corrispondenza di 8 dei 9 criteri Sesame da rispettare.

-
29-

H V S R

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA HVSR

Figura 0.1 – ubicazione stazione di misura HVSR.

-
30-

H V S R

DEFINIZIONE DELLA VS EQUIVALENTE\

Facendo riferimento alla normativa sismica italiana attraverso il DM 17/01/2018 "Norme tecniche per le Costruzioni" si definiscono l'azione sismica di progetto, in assenza di analisi specifiche, sulla base della zona sismica di base e della categoria di sottosuolo del sito. (stralcio NTC 2018)

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad [3.2.1]$$

Con

H_i spessore dell'i-esimo strato;

$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s.

Per la fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30m, 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 che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
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	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti*, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi 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.

-
31-

H V S R

Dall'analisi MASW si rileva un substrato sismico (Vs >800 m/s) entro i 30 metri di profondità per entrambi gli spari eseguiti, entrambi con Vs di 900m/s; allora la stima della Vseq risulta essere:

M1	M2
$V_{S,eq[0.00-10.50]}$= 304	$V_{S,eq[0.00-12.50]}$= 392

A compendio dello studio si riporta anche il parametro V_{S30} come definito in base alla vecchia normativa:

M1	M2
$V_{S,30}$= 532	$V_{S,30}$= 593

Dalla precedente normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008), le categorie si suddividevano:

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu30> 250 kPa nei terreni a grana fina).

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).

D - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).

E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s).

S1 - Depositi di terreni caratterizzati da valori di VS30 inferiori 100 m/s (ovvero 10 < cuS30 < 20 kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.

S2 - Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

La Ditta esecutrice

MICROSONDA.GEO Srl

MICROSONDA • GEO
di Marucci L. & Bruni A. snc
C.da Lava, 179 - 63035 Offida (AP)
P. IVA 01856420441
microsonda@hotmail.it

5.2 REPORT D'INDAGINE TOMOGRAFIA ELETTRICA TE_1

Comune di Ascoli Piceno

Lungo Castellano

Indagini elettrotomografiche 2D

COMMITTENTE:
Amministrazione Comunale di Ascoli Piceno

Elaborato: 024-22	Data: 18/03/2022	**GEO LOGICA S.r.l.** Via Giano della Bella 18 - 00162 Roma P. I.V.A. 01673750665 T +39 0664781884 info@geologicaitaliana.it www.geologicaitaliana.com
Redazione **Stefano Maselli**	Verificato **Luca Colantuono**	
Revisione **Rev.1**	Nome file **Relazione tomo 2D_Ascoli**	

Indice

1 INTRODUZIONE 2
2 PROSPEZIONE GEOELETTRICA IN TOMOGRAFIA 2D 3
2.1 STRUMENTAZIONI UTILIZZATE E METODOLOGIA DI INDAGINE 3
2.1.1 Generalità 3
2.1.2 Modalità di acquisizione 4
2.1.3 Resistività 5
2.1.4 Metodologia geoelettrico – tomografica 5
2.1.5 Indagini e metodo 6
2.2 RISULTATI E ANALISI 6
2.3 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE 8
3 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA 9

Indice delle figure

Fig. 1-1: Ubicazione tomografia elettrica su foto aerea (Google Earth). 2
Fig. 2-1: Resistivimetro SYSACL PRO Switch 48. 3
Fig. 2-2: Sezione tomoelettrica TOMO 1 visualizzata in modalità logaritmica. (modalità di acquisizione Dipolo-Dipolo) 6
Fig. 2-3: Sezione tomoelettrica TOMO 1 visualizzata in modalità lineare. (modalità di acquisizione Dipolo-Dipolo) 6
Fig. 2-4: Sezione tomoelettrica TOMO 1 visualizzata in modalità logaritmica. (modalità di acquisizione WS) 7
Fig. 2-3: Sezione tomoelettrica TOMO 1 visualizzata in modalità lineare. (modalità di acquisizione WS) 7

Indice delle figure

Tab 2-1: Caratteristiche tecniche SYSCAL PRO Switch 48. 4

Acronimi e abbreviazioni

ERT	Electrical Resistivity Tomography

Geologo Specialista Dott. Oreste Schiavoni
n.499 Albo Ordine dei Geologi delle Marche
Posta certificata: geol.oresteschiavoni@pec.it
Cell: 3346449300

GEO2000 Studio Tecnico Associato di Geologia
Via del commercio – 63100 Ascoli Piceno
P.IVA/C.F. 02010090443 - tel./fax: 0736 317268
E-mail: geo_2000@alice.it; geo2000sisma@gmail.com

1 INTRODUZIONE

Nella presente relazione vengono riportate le elaborazioni ed i risultati ottenuti dall'esecuzione di un'indagine in tomografia elettrica 2D eseguite presso Lungo Castellano, nel Comune di Ascoli Piceno. La campagna di indagini è stata eseguita nel mese di Marzo 2022, su incarico dell'Amministrazione Comunale di Ascoli Piceno, allo scopo di identificare eventuali cavità al di sotto della sezione lineare indagata, la cui ubicazione è stata decisa dalla committenza.

Nelle pagine seguenti saranno descritte le caratteristiche delle varie metodologie d'indagine, le modalità d'esecuzione delle misure sperimentali e l'interpretazione geofisica delle stesse.

Fig. 1-1: Ubicazione tomografia elettrica su foto aerea (Google Earth).

Geologo Specialista Dott. Oreste Schiavoni
n.499 Albo Ordine dei Geologi delle Marche
Posta certificata: geol.oresteschiavoni@pec.it
Cell: 3346449300

GEO2000 Studio Tecnico Associato di Geologia
Via del commercio – 63100 Ascoli Piceno
P.IVA/C.F. 02010090443 - tel./fax: 0736 317268
E-mail: geo_2000@alice.it; geo2000sisma@gmail.com

2 PROSPEZIONE GEOELETTRICA IN TOMOGRAFIA 2D

2.1 STRUMENTAZIONI UTILIZZATE E METODOLOGIA DI INDAGINE

2.1.1 Generalità

STRUMENTAZIONE:
SYSCAL PRO Switch 48

SOFTWARE DI ANALISI:
ERTLAB 3D, Res 2/3DINV

OPERATORI:
Geol. Antonio Baliva, Geol. Stefano Maselli

ELABORAZIONE ED ANALISI DEI DATI:
Dr Luca Colantuono, Ing. Roberta Tappatani

Fig. 2-1: Resistivimetro SYSACL PRO Switch 48.

Geologo Specialista Dott. Oreste Schiavoni
n.499 Albo Ordine dei Geologi delle Marche
Posta certificata: geol.oresteschiavoni@pec.it
Cell: 3346449300

GEO2000 Studio Tecnico Associato di Geologia
Via del commercio – 63100 Ascoli Piceno
P.IVA/C.F. 02010090443 - tel./fax: 0736 317268
E-mail: geo_2000@alice.it; geo2000sisma@gmail.com

2.1.2 Modalità di acquisizione

Per effettuare la prospezione geoelettrica 2D viene utilizzato un sistema composto dalle seguenti parti:

- **Resistivimetro**:

SYSCAL PRO Switch 48 (strumentazione IRIS, 10 canali, 48 elettrodi; dispositivo elettronico multicanale per misurare e registrare i dati acquisiti, con le caratteristiche tecniche riportate nella tabella seguente.

Tab 2-1: Caratteristiche tecniche SYSCAL PRO Switch 48.

Generali	Trasmettitore	Ricevitore
- memoria: 44800 letture su supporto USB e SD card - input di coordinate con GPS - batteria interna 12V/7.2 Ah ricaricabile - batteria esterna 12V - involucro in fibra di vetro impermeabile - temperature di funzionamento da -20°C a +70°C - Syscal Pro: 31x23x36 cm - peso: 13 kg (inclusa la batteria)	- massimo voltaggio: 800V in modalità "switch" - massimo voltaggio: 1000V in modalità manuale - massima corrente: 2.5°, accuratezza tipica 0.2% - potenza massima: 250W con convertitore interno DC/DC e batteria esterna da 12V; 1200W con AC/DC esterna e un generatore - 25mA massimo per letture su campioni opzionale - durata dell'impulso: 0.2s, 0.5s, 1s, 2s, 4s, 8s	- scala automatica, 10 canali di input reali - impedenza in entrata: 100Mohm - massimo voltaggio in entrata: 15V - protezione fino a 1000V - accuratezza tipica: 0.2%, risoluzione 1microV - processo di stacking - letture di corrente, voltaggio, deviazione standard, 20 finestre IP (presettate o selezionabili)

- **Cavi ed elettrodi per tomografia elettrica**:

Usati per connettere il resistivimetro al terreno, mediante elettrodi metallici, per la trasmissione della corrente elettrica e la misurazione della resistività elettrica del terreno investigato.

Lo strumento ha la caratteristica di effettuare in automatico le misurazioni di resistività e con la possibilità di settare la tipologia di misura desiderata lungo gli stendimenti elettrodici.

Geologo Specialista Dott. Oreste Schiavoni
n.499 Albo Ordine dei Geologi delle Marche
Posta certificata: geol.oresteschiavoni@pec.it
Cell: 3346449300

GEO2000 Studio Tecnico Associato di Geologia
Via del commercio – 63100 Ascoli Piceno
P.IVA/C.F. 02010090443 - tel./fax: 0736 317268
E-mail: geo_2000@alice.it; geo2000sisma@gmail.com

2.1.3 Resistività

Le diverse componenti del sottosuolo di un'area presentano differenti capacità nell'impedire la trasmissione della corrente elettrica, questa caratteristica viene indicata col termine di resistenza.

La resistenza elettrica è definita dal rapporto tra la differenza di potenziale (Δv), applicata all'estremità di un corpo conduttore, e l'intensità (I) di corrente che lo attraversa:

$$R = {}^{\Delta V}/_{I}$$

Per un corpo di sezione costante "s" e lunghezza "l" la resistenza è definita secondo la relazione

$$R = {}^{\rho \cdot l}/_{s}$$

dove la costante di proporzionalità ρ indica la resistività elettrica, caratteristica del corpo in esame.

L'unità di misura che esprime la resistività è l'ohm per metro [$\Omega \cdot m$].

2.1.4 Metodologia geoelettrico – tomografica

Il metodo tomografico elettrico è basato sulla risoluzione sperimentale della resistività apparente (riferita ad un terreno disomogeneo) mediante misure di intensità di corrente elettrica, inviata nel terreno tramite una coppia di elettrodi, e di tensione registrata da una seconda coppia di elettrodi.

In particolare, la tecnica di tomografia elettrica, si basa sull'immissione di corrente attraverso due elettrodi contigui (A e B), e sulla successiva misura della tensione mediante un secondo dipolo costituito da altri due elettrodi contigui (M ed N) separati dai primi due da una distanza elettrodica o ampiezza dipolare (δ).

Per il calcolo della resistività apparente è utilizzata la seguente formula:

$$\rho_a = [\pi \cdot \delta \cdot n \cdot (n+1) \cdot (n+2)] \cdot ({}^{\Delta v}/_{I})$$

da cui

$$\delta_a = K \cdot {}^{\Delta v}/_{I}$$

dove K indica il fattore geometrico, il quale dipende dalla posizione reciproca degli elettrodi.

La procedura di campagna prevede di eseguire misure lungo un profilo predeterminato. Il valore di resistività apparente misurato viene attribuito al punto di intersezione tra due linee oblique, convergenti verso il basso, tracciate con un'angolazione obliqua, dal centro dei due dipoli.

L'integrazione dei dati fornisce un'immagine tomografica del sottosuolo. L'accuratezza della risoluzione aumenta all'aumentare del contrasto di conducibilità tra i corpi conduttori e al diminuire della distanza tra i punti in cui verrà misurata la resistività apparente.

I dati dell'indagine consentono la stesura di profili di resistività apparente (sezioni tomografiche).

Geologo Specialista Dott. Oreste Schiavoni
n.499 Albo Ordine dei Geologi delle Marche
Posta certificata: geol.oresteschiavoni@pec.it
Cell: 3346449300

GEO2000 Studio Tecnico Associato di Geologia
Via del commercio – 63100 Ascoli Piceno
P.IVA/C.F. 02010090443 - tel./fax: 0736 317268
E-mail: geo_2000@alice.it; geo2000sisma@gmail.com

2.1.5 Indagini e metodo

La campagna di indagini è stata impostata su una stesa tomografica lineare e con interspazio fra gli elettrodi pari a 1 metro, è stata acquisita sia in modalità Dipolo-Dipolo che in Wenner-Schlumberger.

Le misure di resistività apparente ottenute sono state elaborate mediante un software specifico, RES 2DINV.

La rilevazione di eventuali aree anomale, evidenziate da decise variazioni della resistività in zone contigue, rappresentano le deformazioni del quadro resistivo indicative di porzioni di sottosuolo potenzialmente interessate da cavità.

2.2 RISULTATI E ANALISI

Si riportano di seguito le restituzioni grafiche, in visualizzazione logaritmica e lineare, e l'analisi delle sezioni tomoelettriche 2D.

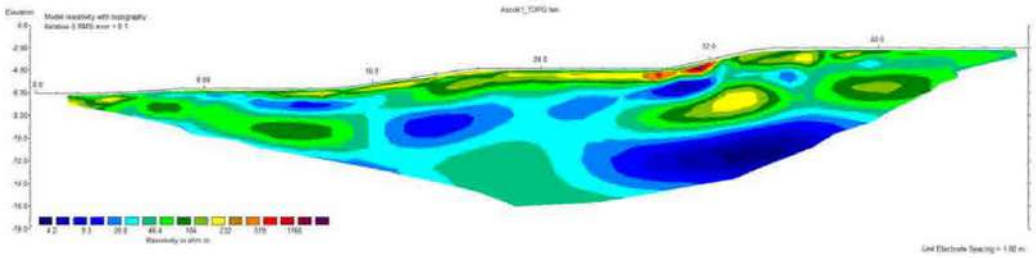


Fig. 2-2: Sezione tomoelettrica TOMO 1 visualizzata in modalità logaritmica. (modalità di acquisizione Dipolo-Dipolo)

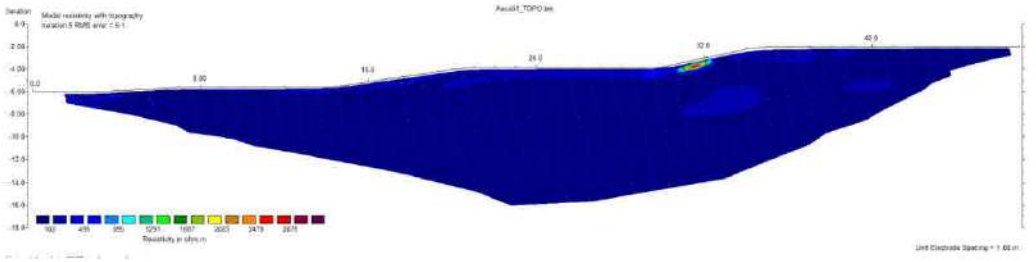


Fig. 2-3: Sezione tomoelettrica TOMO 1 visualizzata in modalità lineare. (modalità di acquisizione Dipolo-Dipolo)

Geologo Specialista Dott. Oreste Schiavoni
n.499 Albo Ordine dei Geologi delle Marche
Posta certificata: geol.oresteschiavoni@pec.it
Cell: 3346449300

GEO2000 Studio Tecnico Associato di Geologia
Via del commercio – 63100 Ascoli Piceno
P.IVA/C.F. 02010090443 - tel./fax: 0736 317268
E-mail: geo_2000@alice.it; geo2000sisma@gmail.com

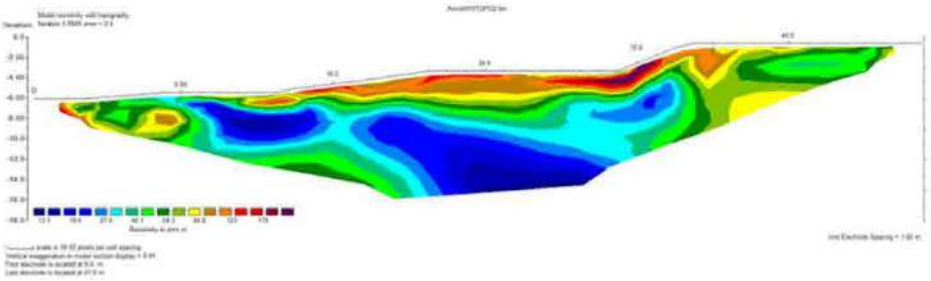


Fig. 2-4: Sezione tomoelettrica TOMO 1 visualizzata in modalità logaritmica. (modalità di acquisizione WS)

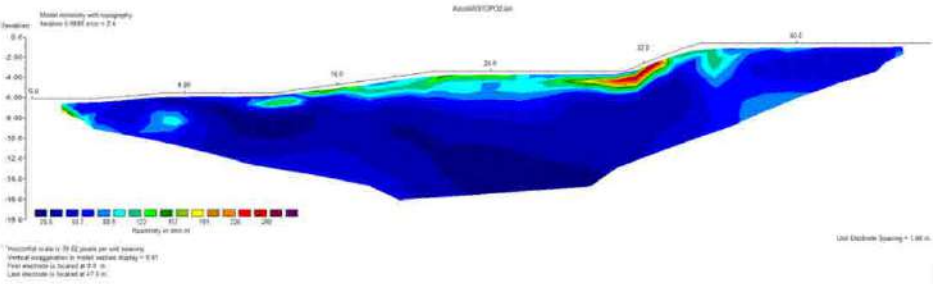


Fig. 2-5: Sezione tomoelettrica TOMO 1 visualizzata in modalità lineare. (modalità di acquisizione WS)

La sezione elettrotomografica effettuata evidenzia una elettrostratigrafia ben delineata, in accordo con i valori attesi per l'areale, le anomalie rilevate mostrano gradienti di lieve entità.

Dalle analisi dei dati elaborati non si sono non si notano nette anomalie del quadro resistivo indicative di potenziali cavità fino alla profondità indagata (circa 10.00 metri dal piano di calpestio).

Geologo Specialista Dott. Oreste Schiavoni
n.499 Albo Ordine dei Geologi delle Marche
Posta certificata: geol.oresteschiavoni@pec.it
Cell: 3346449300

GEO2000 Studio Tecnico Associato di Geologia
Via del commercio – 63100 Ascoli Piceno
P.IVA/C.F. 02010090443 - tel./fax: 0736 317268
E-mail: geo_2000@alice.it; geo2000sisma@gmail.com

2.3 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Le indagini geofisiche di tipo elettrotomografico (ERT) condotte nel mese di Febbraio 2022 presso Lungo Castellano Sisto V, hanno avuto lo scopo di individuare eventuali cavità al di sotto della sezione lineare indagata.

L'indagine in tomografia elettrica ha permesso di definire il quadro elettroresistivo del sito, che risulta ben delineato. Nelle sezioni analizzate non sono state rilevate anomalie del quadro resistivo, fino alla profondità indagata, ascrivibili potenzialmente ad eventuali cavità.

Geologo Specialista Dott. Oreste Schiavoni
n.499 Albo Ordine dei Geologi delle Marche
Posta certificata: geol.oresteschiavoni@pec.it
Cell: 3346449300

GEO2000 Studio Tecnico Associato di Geologia
Via del commercio – 63100 Ascoli Piceno
P.IVA/C.F. 02010090443 - tel./fax: 0736 317268
E-mail: geo_2000@alice.it; geo2000sisma@gmail.com

3 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Geologo Specialista Dott. Oreste Schiavoni
n.499 Albo Ordine dei Geologi delle Marche
Posta certificata: geol.oresteschiavoni@pec.it
Cell: 3346449300

GEO2000 Studio Tecnico Associato di Geologia
Via del commercio – 63100 Ascoli Piceno
P.IVA/C.F. 02010090443 - tel./fax: 0736 317268
E-mail: geo_2000@alice.it; geo2000sisma@gmail.com

5.3 INDAGINI REPERITE

Attraverso la ricerca nelle proprie esperienze professionali e negli uffici pubblici preposti è stato possibile reperire indagini su opere private e pubbliche prossime alla zona d'interesse qui in progetto che, attraverso l'interpolazione e il confronto con le indagini realizzate, hanno permesso di ricostruire la successione geo-stratigrafica dell'area e la definizione delle loro caratteristiche fisico-tecniche principali: in particolare si fa riferimento alle indagini realizzate per l'edificio situato in Rua dell'Arco n.1 (progetto di ricostruzione a seguito del sisma 2016); progetto di messa in sicurezza dell'edificio scolastico scuola media Massimo D'Azeglio, sito nella vicina via N. Sauro n.20; il "Progetto d'intervento edilizio di recupero Ex Ospedale Mazzoni e costruzione Auditorium Montevecchi", ubicati in Via della Rimembranza e prossimi alla parte alta di Via Pretoriana.

Nelle indagini così reperite è stato possibile reperire sondaggi a carotaggio continuo, comprensive prove spt in foro, prove penetrometriche (tipo DPSH); indagini sismiche a rifrazione (MASW) e passive (HVSR).

Di seguito in figura successiva se ne individua la specifica posizione rispetto all'area in studio a sua volta indicata in rosso.

Figura 5.2 - ubicazione aree di studi reperiti a committenza pubblica e privata: in blu indagini per intervento edilizio a seguito del sisma 2016 in rua dell'Arco n.1; in giallo indagini realizzate per Progetto intervento Edilizio Ex Ospedale Mazzoni e Auditorium Montevecchi; in verde le indagini per la messa in sicurezza dell'edificio scolastico "M. D'Azeglio"; in rosso l'ubicazione dell'area in studio nel presente elaborato.

6. MODELLAZIONE GEOLOGICA

6.1 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO, GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO

6.1.1 GEOMORFOLOGIA

Il centro storico di Ascoli P. si trova ubicato su di un terrazzo alluvionale di III^ ordine noto in letteratura come Terrazzo Ascoli (proprio perché vi risulta ubicato il nucleo storico della città); tale sistema morfologico è delimitato a Sud dal versante del rilievo di Colle dell'Annunziata e successivamente dalla scarpata fluviale in sinistra idrografica al T. Castellano (che scorre da Ovest verso Est), mentre a Nord è interrotto dalla scarpata fluviale subverticale in destra idrografica al F. Tronto, il cui alveo attuale, che in zona manifesta un caratteristico doppio meandro, scorrendo incassato nella formazione arenacea con un dislivello medio nel tratto interessato di circa 30 metri rispetto all'orlo del terrazzo. Aree in generale caratterizzate quindi da una morfologia prevalentemente piana o poco inclinata di cui non se ne leggono più le originarie strutture proprio perché completamente edificata; nel sito di studio ci troviamo a margine nella zona di raccordo tra la sommità del terrazzo e la sottostante scarpata in sinistra idrografica al torrente Castellano.
Le quote altimetriche del sito d'interesse sono prossime a 170.00 m s.l.m; mentre il tratto d'alveo del T. Castellano corrispondente, immediatamente a Sud, scorre a valle a quota comprese 136/138 ms.l.m.. La superficie topografica risulta semi-piana in corrispondenza dell'orlo dell'alveo, che in direzione monte si ricollega al pendio del Colle dell'Annunziata; lungo il versante di valle si riscontrano invece valori d'inclinazione importanti, compresi nell'intervallo 33-53° (si veda Figura 6.1 a pagina successiva), a cui corrispondono pendenze comprese nell'intervallo 65-140%.

6.1.2 GEOLOGIA

Per la geologia dei luoghi si fa riferimento alla carta geologica regionale scala 1:10.000, Sezione n.326110 (v. Carta Geologica in Figura 6.21), dalla quale si evince che il centro storico di Ascoli P. trovandosi su di un terrazzo alluvionale di III^ ordine ha un'area di sedime caratterizzata da uno spessore di qualche metro di depositi fluviali (sabbie e ghiaie) che a loro volta poggiano, in discordanza angolare, su arenarie litoidi stratificate, dallo spessore indefinito e affioranti in corrispondenza delle scarpate fluviali e dei rilievi collinari che delimitano suddetto il terrazzo. Spesso al di sotto degli attuali edifici possono riscontrarsi spessori variabili di residui di antiche strutture urbane sulle quali gli stessi sono stati ricostruiti. Le suddette arenarie (mioceniche) costituiscono la formazione geologica di base, appartenenti alla porzione centro-orientale del "*bacino della Laga*" (il più grande dei "bacini minori" umbro – marchigiani) facente parte del bacino marchigiano esterno. In generale la successione geologica della zona inizia con il litotipo del Cretacico *Scaglia cinerea*: formazione calcarea d'età poligenica che si è depositata lungo le due dorsali principali dell'area di allora (quella di Acquasanta Terme e della Montagna dei Fiori); tali dorsali sin dal *Miocene inferiore - medio* articolavano il fondo marino, alternandosi ad una serie di depressioni, parallele e longitudinali, interrotte entrambe da faglie trasversali. La sedimentazione continua con i termini calcari, calcareo-marnosi, più recenti: *Bisciaro*, *Marne con Cerrogna* e *Marne a Pteropodi*; mentre lungo le dorsali si depositavano questi terreni, nelle depressioni iniziava la deposizione delle litologie poi riconducibili alla *Formazione della Laga*, che nell'attuale classificazione viene divisa nei membri: *preevaporitico - evaporitico - postevaporitico*. Mentre il *membro preevaporitico* è costituito in prevalenza dall'unità arenacea, il *membro evaporitico* e formato da un'unità arenacea intercalata con livelli arenaceo pelitici e marne nere bituminose, di ambiente euxinico, ed un orizzonte guida costituito da gessoareniti torbiditiche con notevole presenza di silicoclasti; nel successivo *membro postevaporitico* prevale l'associazione pelitico arenacea in cui si trovano intercalazioni di vulcanoclasti. I terreni arenacei presenti nella zona di studio rappresentano l'ultimo termine della serie stratigrafica marina, poiché la copertura pliocenica trasgressiva è situata ad Est, immediatamente a valle dei recenti prolungamenti urbani della città di Ascoli Piceno.

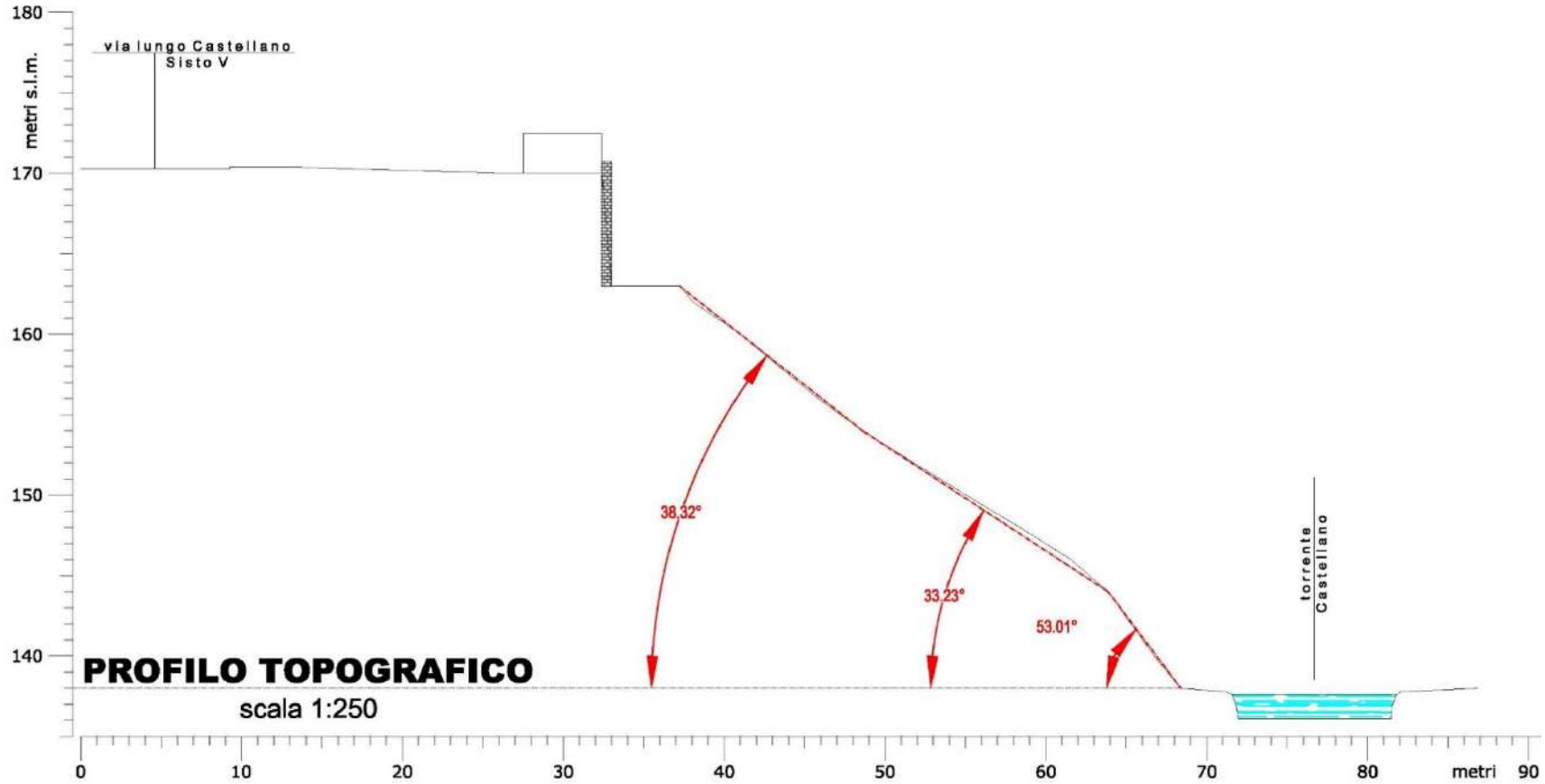


Figura 6.1 – profilo topografico NW-SE sull'area d'interesse.

La successione geologica descritta oggi si interrompe al tetto nelle seguenti modalità: nei rilievi a Sud del centro storico di Ascoli Piceno sono affioranti in quota i *Travertini*, formazione (Pliocene inferiore) depositatasi lungo la valle del fiume Tronto in livelli allungati, più o meno in direzione dei depositi alluvionali; nelle depressioni vallive e sui fianchi il substrato geologico è ricoperto a luoghi in discordanza stratigrafica da *depositi alluvionali*: residui di antichi terrazzi, e/o da coltri detritiche più o meno profonde, cioè formazioni eterogenee costituite da una matrice limoso-sabbiosa, sabbioso-argillosa, oppure da miscele singole o intermedie, comunque caotica, che possono inglobare nel caso delle coltri elementi grossolani, ciottoli e blocchi (anche di notevoli dimensioni) di Travertino o di natura arenacea.

L'esperienza maturata nel tempo dallo scrivente attraverso studi, formazione professionale e specifici rilievi geologici, permette di descrivere i termini della successione geologica presente sito di studio, e iniziando dal termine più antico (v. sez. geologica in Figura 5.3).

- **ASSOCIAZIONI ARENACEE** – (FORMAZIONE DELLA LAGA - MEMBRO EVAPORITICO) bed rock basale costituito da sabbie cementate, depositate in ambiente marino, ben stratificate in strati da medi a spessi (sono stati misurati spessori di 70-80 cm, ma in alcuni casi raggiungono e superano un metro), intercalati a sottili livelli marnoso-sabbiosi di colore grigio scuro; tale litotipo è affiorante in tutta la zona in particolare sulle sponde fluviali.
- **DEPOSITI ALLUVIONALI** - a luoghi il substrato geologico è ricoperto in discordanza stratigrafica da depositi alluvionali: dapprima spessore di ghiaie ciottolose, in matrice limoso-sabbiosa, ad elementi eterometrici (piccole e medie dimensioni) e poligenici (natura calcare e arenacea); al di sopra delle ghiaie è presente uno spessore costituito da limi sabbiosi giallastri mediamente addensati; tali spessori sono massimi in direzione Sud, verso il versante e tendono ad assottigliarsi in direzione Nord in direzione dell'asta fluviale del F. Tronto.

Dal punto di vista strutturale l'area in esame fa parte del lato orientale dell'anticlinale "Montagna del Fiori"; anticlinale di direzione all'incirca NNO-SSE con un'inclinazione degli strati, in generale, che varia da 60° a 70° immergenti a SSO (strati rovesciati).

Nelle scarpate fluviali alcune misure stratigrafiche effettuate hanno confermato i dati generali rilevando stratificazione immergente in direzione SO con inclinazioni di 40-45°; nella porzione più superficiale del substrato arenaceo è stata rilevata alterazione nella consistenza e fratturazione: dislocazioni più o meno profonde, che comunque sono presenti evidenti e numerose.

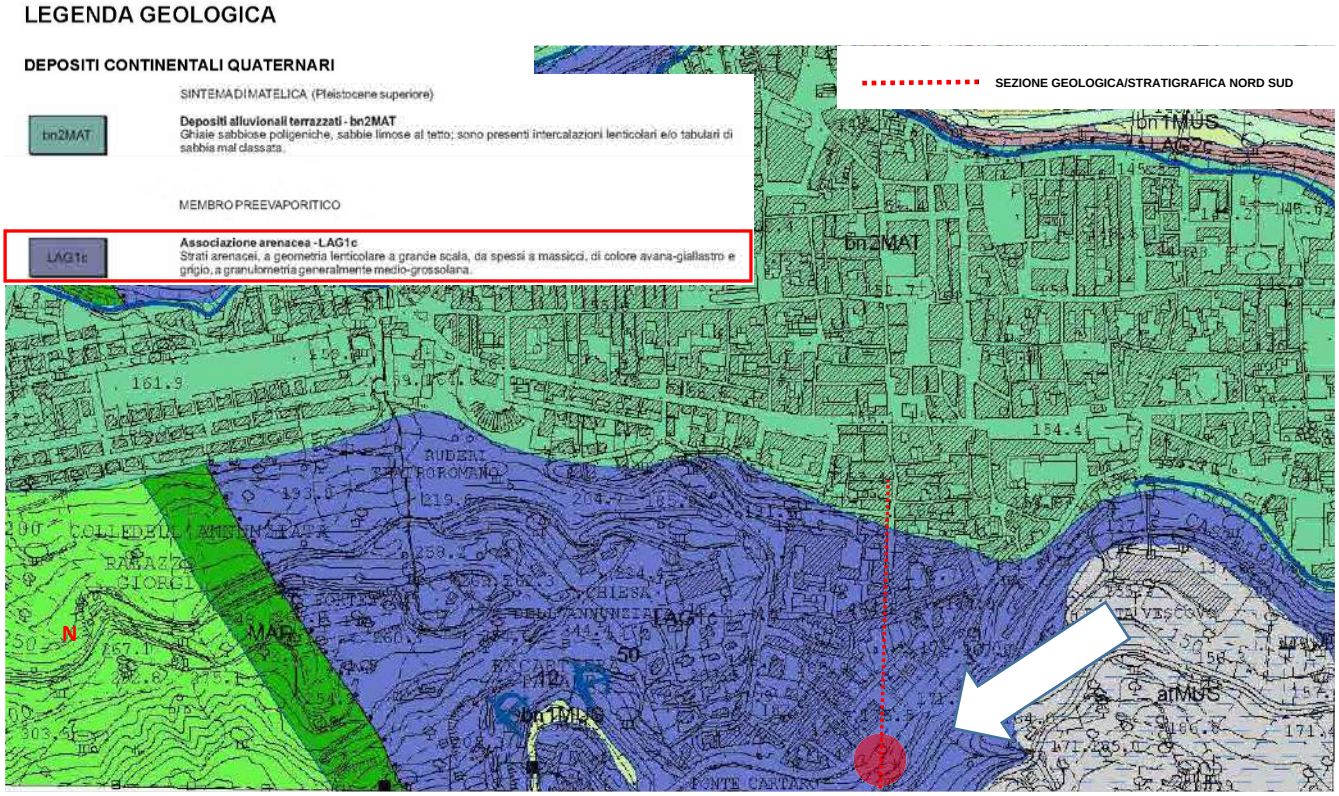


Figura 6.2 - stralcio carta geologica regionale Sezione n.326110 Ascoli Piceno, scala 1:10.000 (Fonte dati: Regione Marche progetto Carta geologica regionale. Rilevamenti anni 2005-2006). In rosso cerchiata e indicata dalla freccia bianca l'ubicazione dell'area interessata dal progetto.

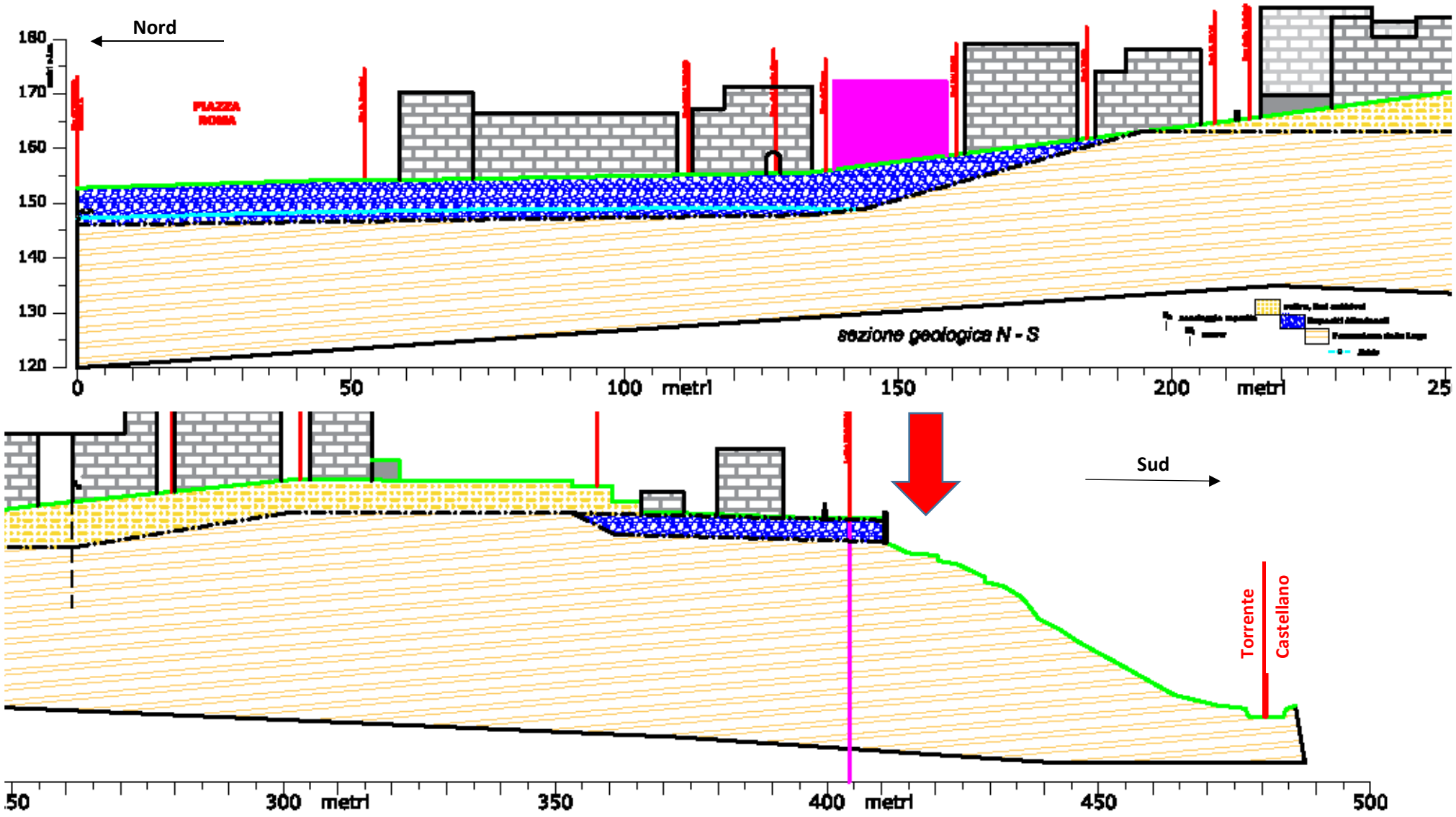


Figura 6.3 - Sezione geologica N-S (dal centro storico verso il T. Castellano) - scala 1:1.000. La ricostruzione è stata ottenuta integrando i limiti della carta geologica (scala 1:10.000) con le indagini reperite. La freccia rossa indica la posizione dell'area di studio.

6.1.3 IDROGEOLOGIA

In generale il terrazzo alluvionale di cui è parte marginale l'area oggetto di studio è interessato da acque superficiali, quelle di diretta precipitazione meteorica e quelle di versante da Sud, e da acque profonde associabili alla circolazione di una falda sotterranea presente nei suoi depositi. Le acque superficiali defluiscono in tempi medio-lunghi raggiungendo in direzione Nord, NW, il F. Tronto che rappresenta l'unica via principale di drenaggio per tutta la zona. L'infiltrazione delle acque in profondità dipende dal tipo materiale attraversato:

- *Copertura alluvionale*: in generale può essere definita a permeabilità buona, può variare localmente causa della disomogeneità tessiturale e litologica; in particolari i *limi sabbiosi* sono caratterizzati da una discreta conducibilità idraulica con valori di coefficiente K dell'ordine di $1x10^{-3}$ cm/s, consentendo alle acque tempi d'infiltrazione medio-brevi; per le *ghiaie ciottolose* si riscontrano valori di permeabilità più alti, $1x10^{-2}>K>1x10^{-3}$ (cm/s), e quindi tempi di drenaggio verso il basso più alti.
- *Associazione arenacea*: sono classificate come rocce impermeabili o a bassa permeabilità o permeabili per fessurazione (permeabilità in grande); esse tamponano la circolazione sotterranea che comunque vista la vicinanza delle scarpate fluviali viene comunque drenata in direzione dell'asta fluviale del F. Tronto.

La situazione stratigrafica descritta determina la possibilità che la copertura alluvionale possa essere attraversata da una circolazione d'acqua sotterranea limitatamente al passaggio stratigrafico con l'associazione arenacea. I sondaggi hanno evidenziato depositi saturi a partire da 5,20m dal piano campagna, quindi conferma la possibilità di una falda limitata al passaggio al substrato di base impermeabile che funge da aquiclude.

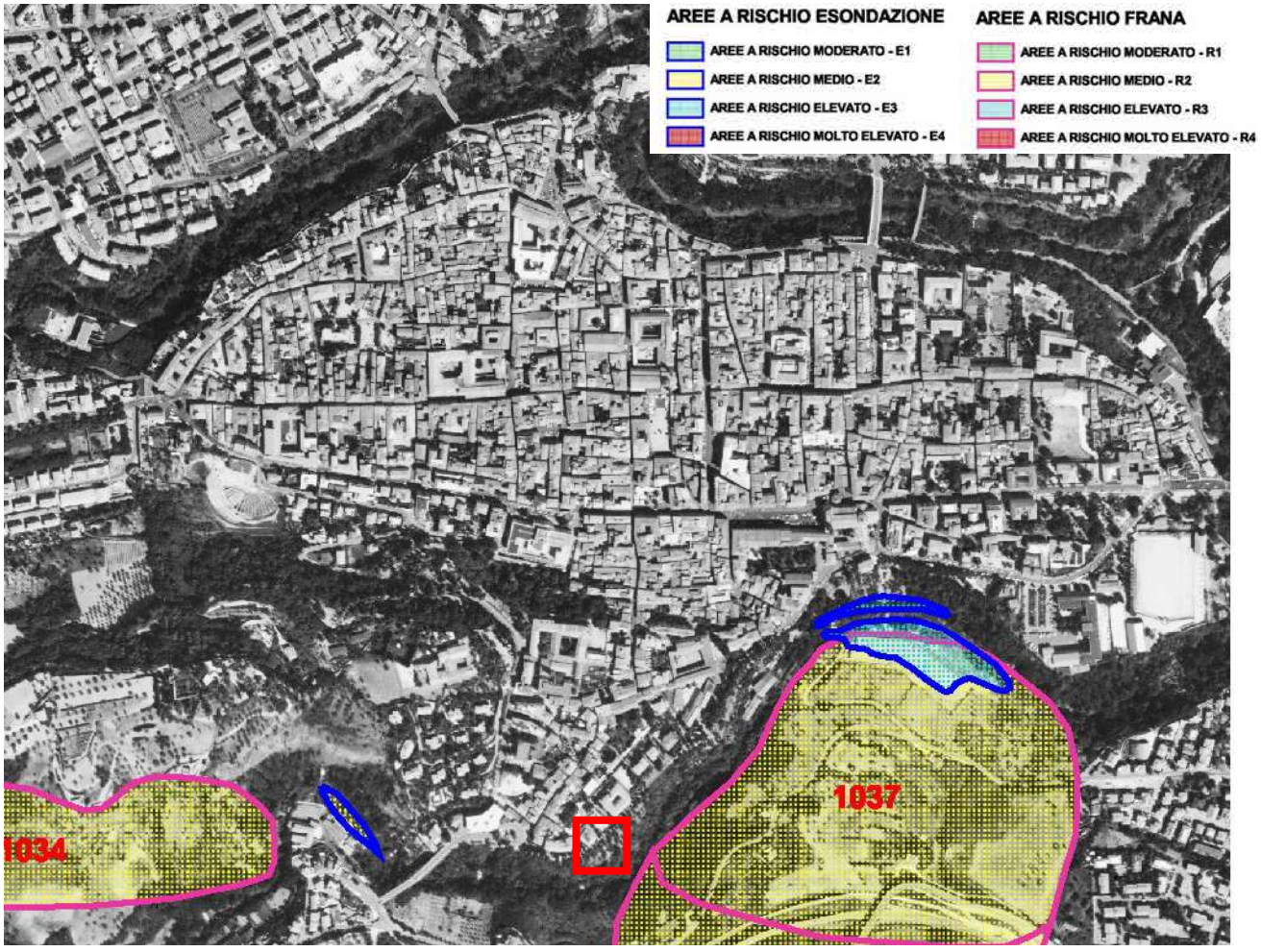


Figura 6.4 - stralcio tavola 10_13 (Sezione n° 326110) "Carta del dissesto e delle aree esondabili" del Progetto Piano di Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Interregionale del Fiume Tronto. In rosso l'area oggetto di studio.

6.2 COMPATIBILITÀ CON IL P.A.I. DEL F. TRONTO

Tutto il territorio comunale di Ascoli Piceno compreso quello dell'area oggetto di studio è disciplinato e zonizzato nel Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) del Bacino Interregionale del Fiume Tronto (d'interesse comune alle Regioni Marche, Abruzzo e Lazio, adottato con Delibera del Comitato Istituzionale n. 3 del 07/06/2007, ai sensi dell'art. 18, comma10, della Legge 18 maggio 1989 n.183 e s.m.i, e dell'art. 1.bis della Legge 11 dicembre 2000 n.365), il quale individua e norma le aree a rischio frana ed esondazione ricadenti all'interno del bacino fluviale. In base alla consultazione degli elaborati grafici di suddetta normativa, si fa notare che il sito di progetto non è interessato da aree a rischio frana e aree a rischio esondazione; tale affermazione trova conferma dall'osservazione diretta della tavola 10_13 (Sezione n° 326160) "Carta del dissesto e delle aree esondabili" (vedi stralcio nella pagina precedente figura 6.4), parte integrante del piano suddetto, che ha per oggetto la rappresentazione grafica delle aree in frana e delle aree esondabili classificate per fattore di rischio.

Comunque dall'osservazione diretta, operata in sito durante lo svolgimento dell'indagini, non sono emersi né sugli edifici né sul terreno investigato indizi riconducibili a forme di dissesto idrogeologico.

Tenendo conto di ciò è possibile affermare che l'intervento in progetto è compatibile con la normativa del Piano di Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) del Bacino Interregionale del Fiume Tronto.

6.3 CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA DEL SITO

Visti i risultati dell'indagini eseguite e di quelle reperite, tenendo conto delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche e idrogeologico prima riportate e documentate, di seguito si riporta la caratterizzazione stratigrafica del sito in studio. Nella pagina successiva viene riportata la "sezione stratigrafica" sul profilo Nord-Sud che attraversa l'area in oggetto (si vedano figure 6.5 e 6.6); la ricostruzione è stata ottenuta interpolando i risultati delle indagini svolte con i dati reperiti e quelli a disposizione dello scrivente.

Lo schema stratigrafico appresso proposto è stato anche messo in relazione sia con il profilo sismico nell'indagine MASW sia con quello dell'HVSR (si veda figura 6.6).

A. COPERTURA

a1 **Materiale antropico-limi argillosi**; comprensivo nella parte iniziale di pavimentazione in cemento; a seguire materiale da sciolto ad addensato, di genesi e tipologie diverse, in alcuni casi disposto in maniera caotica senza alcun schema litostratigrafico, costituito da limo argilloso in cui possono riscontrarsi pietrame e laterizi dispersi, nella parte più alta, poi elementi calcarei medio-fini (2-10mm). Le indagini hanno rilevato uno spessore certo di 2,50m e a seguire una struttura muraria in conci di travertino fino allo spessore di 5,00m, trattasi probabilmente vecchio muro sepolto; tale struttura non permette di definire con esattezza il passaggio stratigrafico dai limi argillosi ai successivi depositi alluvionali che si assume alla sua base ma che potrebbe realizzarsi più in alto nello spessore murario.

Le caratteristiche medie fisico tecniche della copertura sono:

	strato	*litologia*	*ΔH (m)*	*γ (t/m^3)*	*ϕ (°)*
a1	1° strato – da m 0,00 a m 5,00 in media da piano campagna	Riporto/limo argilloso	≈5,0	1,7-1,9	20-22

γ peso unità di volume, *ϕ* angolo d'attrito.

a2 **Depositi alluvionali** terrazzo fluviale di III ordine, spessore misurato (circa 2,20 m), addensato, costituito da ciottoli e ghiaie di natura calcarea, ben arrotondati, di dimensioni grossolane (2-25cm) in abbondante matrice sabbioso limosa; colore avana chiaro giallo-ocra; sature da -5,20m in poi. Si fa presente che lo spessore misurato potrebbe essere superiore per via della presenza del muro sovrastante, la cui fondazione potrebbe essere immersa nelle stesse.

Le caratteristiche medie fisico tecniche di questa formazione sono:

strato		litologia	ΔH (m)	γ (t/m^3)	ϕ (°)
a2	2° strato – da m 5,00 a m 7,20 in media da p.c.	Ghiaie in matrice sabbioso limosa	≈2,2	1,9-1,98	32-35

γ peso unità di volume, ϕ angolo d'attrito.

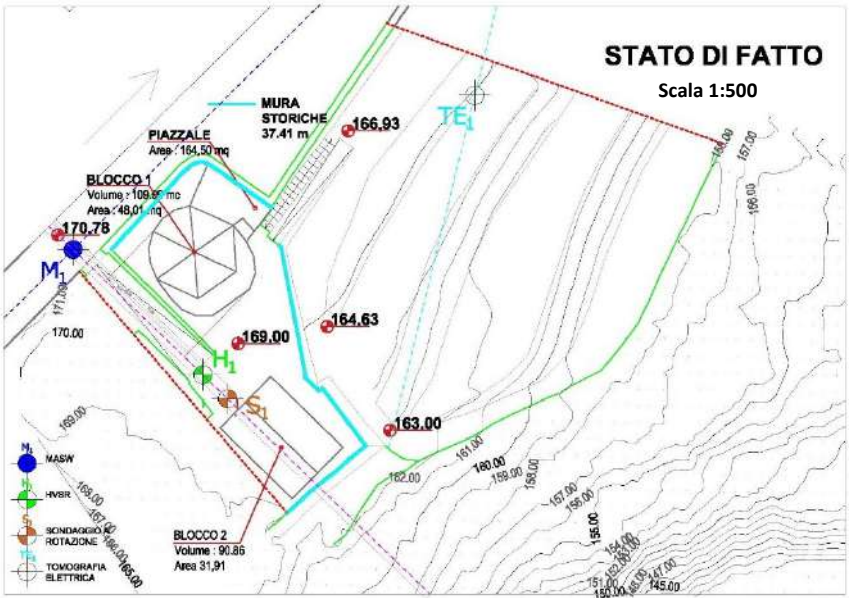
B. FORMAZIONE DI BASE, Associazione Arenacea, roccia di arenaria in banchi grigio scure, con intercalazioni marnose, stratificata e consolidata, impermeabile.

strato		litologia	ΔH (m)	γ (t/m^3)		ϕ (°)	c_u (Kg/cm^2)
B	3° strato – da m 7,20 in poi da p.c.	Arenarie stratificate	-	2 – 2,5		35-40	1,5-2,0

γ peso unità di volume, ϕ angolo d'attrito, c_u coesione non drenata.

Nelle pagine successive sono riportate le ipotesi di ricostruzione lito-stratigrafica rispettivamente nella successiva figura 6.5 in scala 1:250 e in figura 6.6 in scala 1:100, dove inoltre è messo in relazione il profilo stratigrafico con il profilo sismico ricavato dall'indagine MASW e il rapporto spettrale H/V misurato attraverso il punto di misura HVSR.

Le sezioni così proposte sono state ricavate dallo stralcio topografico scala 1:2.000 e dalla planimetria progetto "STAAATO DI FATTO" appresso riportata.



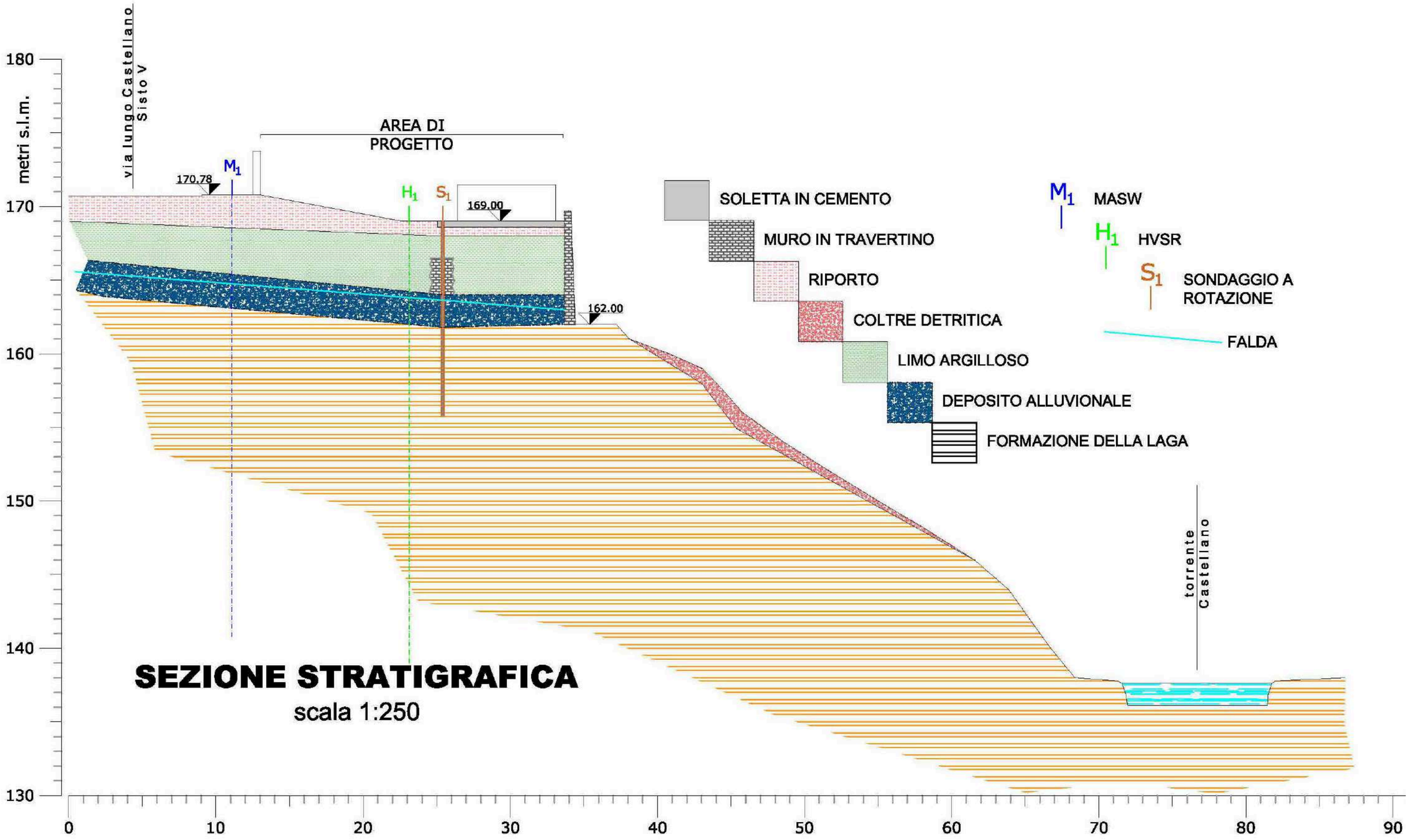


Figura 6.5 - *sezione stratigrafica scala 1:250; ipotesi di ricostruzione su profilo topografico NW-SE di cui traccia nella PLANIMETRIA DI PROGETTO STATO DI FATTO, precedente immagine.*

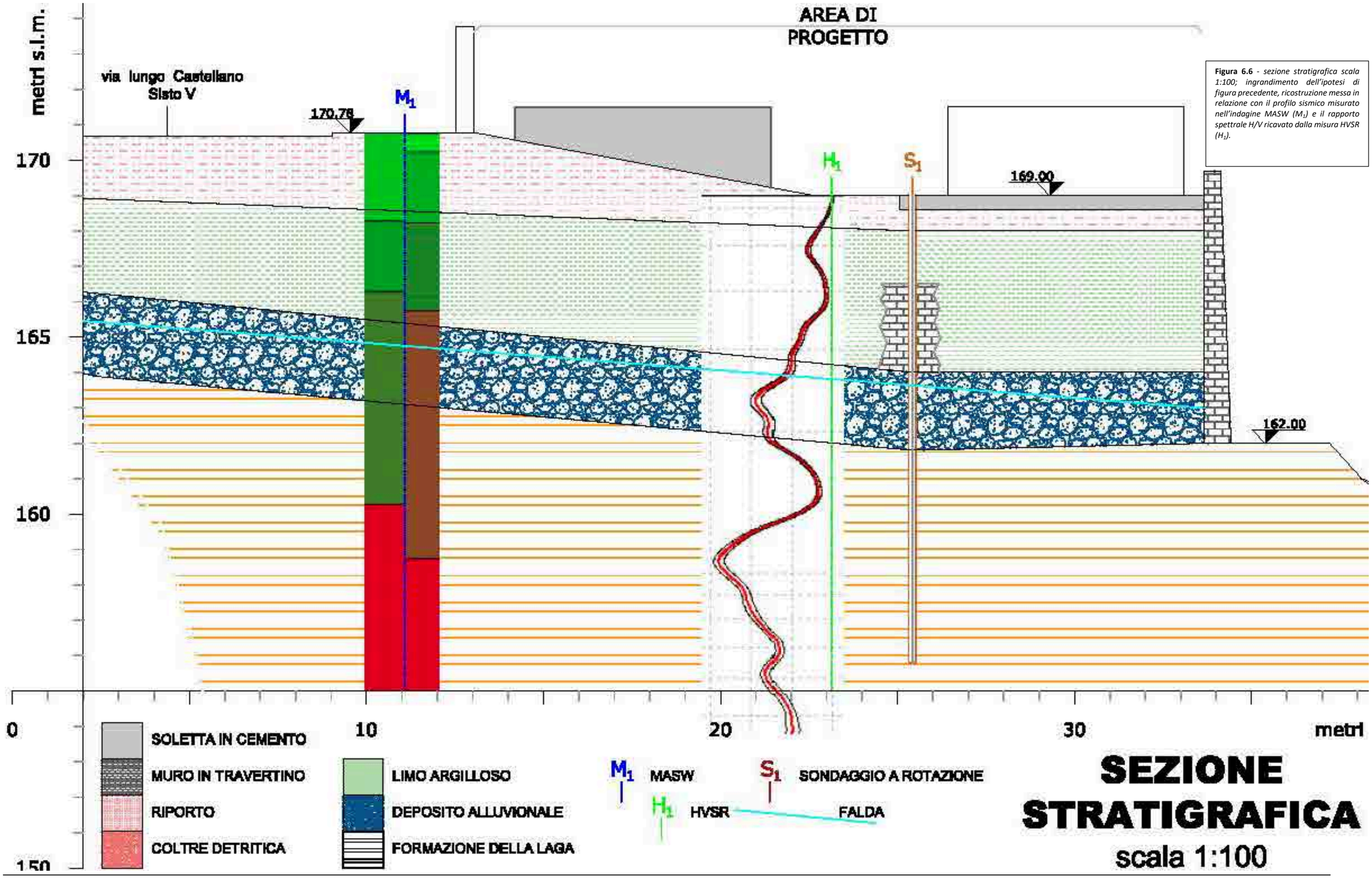


Figura 6.6 - *sezione stratigrafica scala 1:100; ingrandimento dell'ipotesi di figura precedente, ricostruzione messa in relazione con il profilo sismico misurato nell'indagine MASW (M_1) e il rapporto spettrale H/V ricavato dalla misura HVSR (H_1).*

7. MODELLAZIONE SISMICA

7.1 PERICOLOSITÀ SISMICA

Per valutare se un'opera strutturale è sicura bisogna far riferimento a degli *stati limite*, che possono verificarsi durante un determinato *periodo di riferimento* della stessa opera. Quindi per poter stimare l'azione sismica che dovrà essere utilizzata nelle verifiche agli stati limite o nella progettazione, bisognerà stabilire:

- in primo luogo la *vita nominale* dell'opera, che congiuntamente alla *classe d'uso*, permette di determinare il *periodo di riferimento*;
- una volta definito il periodo di riferimento e i diversi stati limite da considerare, dopo aver definito le relative *probabilità di superamento* è possibile stabilire il *periodo di ritorno* associato a ciascun stato limite;
- a questo punto è possibile definire la ***pericolosità sismica di base*** per il sito interessato alla realizzazione dell'opera, facendo riferimento agli studi condotti sul territorio nazionale dal Gruppo di Lavoro 2004 nell'ambito della convenzione-progetto S1 DPC-INGV 2004-2006 e i cui risultati sono stati promulgati mediante l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) 3519/2006.

7.1.1 VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

Nel **DM 17 gennaio 2018**-Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» il periodo di riferimento, che non può essere inferiore a 35 anni, è dato dalla seguente relazione:

$$V_R = V_N \cdot C_U \quad (2.1)$$

dove:

V_R = periodo di riferimento

V_N = vita nominale

C_U = coefficiente d'uso

La vita nominale di un'opera strutturale V_N, secondo le NTC 2018, è definita come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata e viene definita attraverso tre diversi valori, a seconda dell'importanza dell'opera e perciò delle esigenze di durabilità.

I valori minimi di V_N da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tabella 6.1. Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Tabella 7.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

Nel caso specifico **V_N = 50 anni**.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso. Le NTC 2018 prevedono quattro classi d'uso a ciascuna delle quali è associato un valore del coefficiente d'uso:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli. C_U = 0.7;

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso *III* o

in Classe d'uso *IV*, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti. $C_U = 1.0$;

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso *IV*. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso. $C_U = 1.5$;

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica. $C_U = 2.0$;

Nel caso in esame viene presa in considerazione la **classe d'uso II** a cui è associato il coefficiente d'uso $\mathbf{C_U = 1}$.

Ricavati i valori di V_N e C_U, è possibile calcolare il periodo di riferimento V_R, che qui vale:

$$\mathbf{V_R = 50 * 1 = 50 \text{ anni}}.$$

7.1.2 STATI LIMITE, PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO E PERIODO DI RITORNO

Le NTC 2018 prendono in considerazione 4 possibili *stati limite* (SL) individuati facendo riferimento alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti: due sono *stati limite di esercizio* (SLE) e due sono *stati limite ultimi* (SLU). Uno stato limite è una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per la quale è stata progettata.

Più in particolare le opere e le varie tipologie strutturali devono essere dotate di capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (sicurezza nei confronti di SLE) e di capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e di dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone o comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera (sicurezza nei confronti di SLU).

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività** (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno** (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita** (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso** (SLC): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Ad ogni stato limite è associata una *probabilità di superamento* P_{VR} (Tabella 6.2), ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento V_R, si verifichi almeno un evento sismico (n ≥ 1) di $\mathbf{a_g}$ prefissata ($\mathbf{a_g}$ = accelerazione orizzontale massima del suolo) avente frequenza media annua di ricorrenza $\boldsymbol{\lambda}$= 1/T_R ($\mathbf{T_R}$ = periodo di ritorno).

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	**P_{VR} = 81%**
Stato limite di esercizio: danno	SLD	**P_{VR} = 63%**
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	**P_{VR} = 10%**
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	**P_{VR} = 5%**

Tabella 7.II- Stati limite e rispettive probabilità di superamento, nel periodo di riferimento VR

Fissati V_R e P_{VR} associata ad ogni stato limite, è possibile calcolare il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R**,** espresso in anni, mediante l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} \quad (3.1)$$

Tale relazione tra P_{VR} (probabilità) e T_R (statistica) risulta biunivoca poiché utilizza la distribuzione discreta Poissoniana.

Poiché è **V_R = 50 anni**, il tempo di ritorno T_R sarà:

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	**T_R = 30**
Stato limite di esercizio: danno	SLD	**T_R = 50**
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	**T_R = 475**
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	**T_R = 975**

Tabella 7.III- Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento VR

7.1.3 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse, nelle NTC 2018, per una determinata probabilità di superamento, si può ritenere definita quando vengono designati un'accelerazione orizzontale massima (a_g) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale.

Per poter definire la pericolosità sismica di base le NTC 2018 si rifanno ad una procedura basata sui risultati disponibili anche sul sito web dell'INGV http://esse1-gis.mi.ingv.it/, nella sezione "Mappe interattive della pericolosità sismica".

Secondo le NTC 2018 le forme spettrali sono definite per 9 differenti periodi di ritorno T_R (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni) a partire dai valori dei seguenti parametri riferiti a terreno rigido orizzontale, cioè valutati in condizioni ideali di sito, definiti nell'**Allegato A** alle NTC08:

$\mathbf{a_g}$ = accelerazione orizzontale massima;

$\mathbf{F_O}$ = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$\mathbf{T_C^*}$ = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I tre parametri si ricavano per il 50° percentile ed attribuendo a:

- $\mathbf{a_g}$, il valore previsto dalla pericolosità sismica S1
- $\mathbf{F_O}$ e $\mathbf{T_C^*}$ i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC08 scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica S1 (il minimo è ottenuto ai minimi quadrati, su valori normalizzati).

I valori di questi parametri vengono forniti in tabella (Tabella 6.4), contenuta nell'**Allegato B** delle NTC08 (a cui le NTC 2018 fanno riferimento), per i 10751 punti di un reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio nazionale, identificati dalle coordinate geografiche longitudine e latitudine.

			T_R = 30			T_R = 50			T_R = 72			T_R = 101		
ID	LON	LAT	a_g	F_0	T^*_C	a_g	F_0	T^*_C	a_g	F_0	T^*_C	a_g	F_0	T^*_C
13111	6.5448	45.1340	0.263	2.500	0.180	0.340	2.510	0.210	0.394	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13333	6.5506	45.0850	0.264	2.490	0.180	0.341	2.510	0.210	0.395	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13555	6.5564	45.0350	0.264	2.500	0.180	0.340	2.510	0.200	0.393	2.550	0.220	0.466	2.500	0.240
13777	6.5621	44.9850	0.263	2.500	0.180	0.338	2.520	0.200	0.391	2.550	0.220	0.462	2.510	0.240
12890	6.6096	45.1880	0.284	2.460	0.190	0.364	2.510	0.210	0.431	2.500	0.220	0.509	2.480	0.240
13112	6.6153	45.1390	0.286	2.460	0.190	0.366	2.510	0.210	0.433	2.500	0.220	0.511	2.480	0.240
13334	6.6210	45.0890	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.434	2.500	0.220	0.511	2.490	0.240
13556	6.6268	45.0390	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.433	2.510	0.220	0.510	2.490	0.240
13778	6.6325	44.9890	0.288	2.460	0.190	0.366	2.520	0.210	0.430	2.510	0.220	0.507	2.500	0.240
14000	6.6383	44.9390	0.286	2.470	0.190	0.363	2.520	0.210	0.426	2.520	0.220	0.502	2.500	0.240
14222	6.6439	44.8890	0.284	2.470	0.190	0.360	2.530	0.210	0.421	2.530	0.220	0.497	2.500	0.240
12891	6.6803	45.1920	0.306	2.430	0.200	0.389	2.500	0.210	0.467	2.470	0.230	0.544	2.490	0.230
10228	6.6826	45.7940	0.283	2.420	0.200	0.364	2.460	0.220	0.430	2.460	0.240	0.505	2.440	0.250
13113	6.6860	45.1430	0.309	2.430	0.200	0.391	2.510	0.210	0.470	2.470	0.230	0.546	2.490	0.230
10450	6.6885	45.7450	0.278	2.440	0.200	0.356	2.480	0.220	0.415	2.500	0.230	0.485	2.470	0.250
13335	6.6915	45.0930	0.310	2.430	0.200	0.392	2.510	0.210	0.470	2.480	0.230	0.546	2.500	0.230
10672	6.6942	45.6950	0.275	2.450	0.200	0.351	2.490	0.210	0.406	2.520	0.230	0.475	2.490	0.250
13557	6.6973	45.0430	0.311	2.440	0.200	0.392	2.520	0.210	0.469	2.480	0.230	0.545	2.500	0.230
13779	6.7029	44.9930	0.310	2.440	0.200	0.391	2.520	0.210	0.467	2.480	0.230	0.543	2.500	0.230

Tabella 7.IV - Stralcio della tabella contenuta nell'Allegato B delle NTC08, che fornisce i 3 parametri di pericolosità sismica, per diversi periodi di ritorno e per ogni nodo del reticolo che viene identificato da un ID e dalle coordinate geografiche.

Qualora la pericolosità sismica del sito sul reticolo di riferimento non consideri il periodo di ritorno T_R corrispondente alla V_R e P_{VR} fissate, il valore del generico parametro p ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione (Figura 4.1), a partire dai dati relativi ai tempi di ritorno previsti nella pericolosità di base, utilizzando la seguente espressione dell'Allegato A alle NTC08:

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1} \quad (4.1)$$

nella quale *p* è il valore del parametro di interesse (a_g, F_o, T_C^*) corrispondente al periodo di ritorno T_R desiderato, mentre $p_{1,\,2}$ è il valore di tale parametro corrispondente al periodo di ritorno $T_{R1,\,2}$.

Per un qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri p possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando l'espressione dell'Allegato A alle NTC08:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^{4} \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^{4} \frac{1}{d_i}} \quad (4.2)$$

nella quale *p* è il valore del parametro di interesse (a_g, F_o, T_C^*) corrispondente al punto considerato, p_i è il valore di tale parametro nell'i-esimo vertice della maglia elementare contenente il punto in esame e d_i è la distanza del punto in esame dall'i-esimo vertice della suddetta maglia.

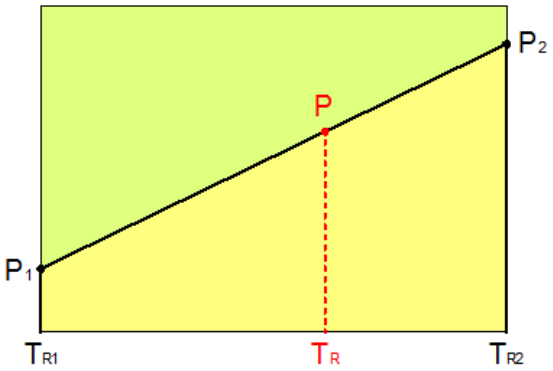


Figura 7.1 - Interpolazione dei periodi di ritorno, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08.

La procedura per interpolare le coordinate geografiche è schematizzata nella Figura 5.2

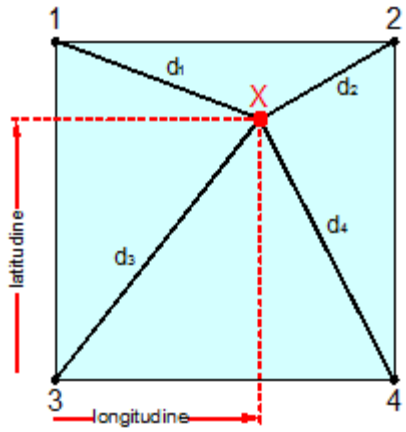


Figura 7.2 - Interpolazione delle coordinate geografiche, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08.

Pertanto per poter procedere all'interpolazione delle coordinate geografiche, in accordo alla procedura delle NTC08, bisogna calcolare le distanze che intercorrono tra i 4 punti del reticolo e il punto di interesse. Questo calcolo può essere eseguito approssimativamente utilizzando le formule della trigonometria sferica, che danno la distanza geodetica tra due punti, di cui siano note le coordinate geografiche. Utilizzando quindi il teorema di Eulero, la distanza d tra due punti, di cui siano note latitudine e longitudine, espresse però in radianti, si ottiene dall'espressione seguente:

$$d = R \cdot \arccos\left[\sin(lat\beta)\cdot\sin(lat\alpha)+\cos(lat\beta)\cdot\cos(lat\alpha)\cdot\cos(lon\alpha - lon\beta)\right] \quad (4.3)$$

dove R = 6371 è il raggio medio terrestre in km, mentre lata, lona, latβ e lonβ sono la latitudine e la longitudine, espresse in radianti, di due punti A e B di cui si vuole calcolare la distanza.

La formula di interpolazione sopra proposta, semplice da usare, presenta però l'inconveniente di condurre a valori di pericolosità lievemente diversi per punti affacciati ma appartenenti a maglie contigue. La modestia delle differenze (scostamenti in termini di PGA dell'ordine di ±0,01g ossia della precisione dei dati) a fronte della semplicità d'uso, rende tale stato di cose assolutamente accettabile.

Qualora si vogliano rappresentazioni continue della funzione interpolata, si dovrà ricorrere a metodi di interpolazione più complessi, ad esempio i polinomi di Lagrange.

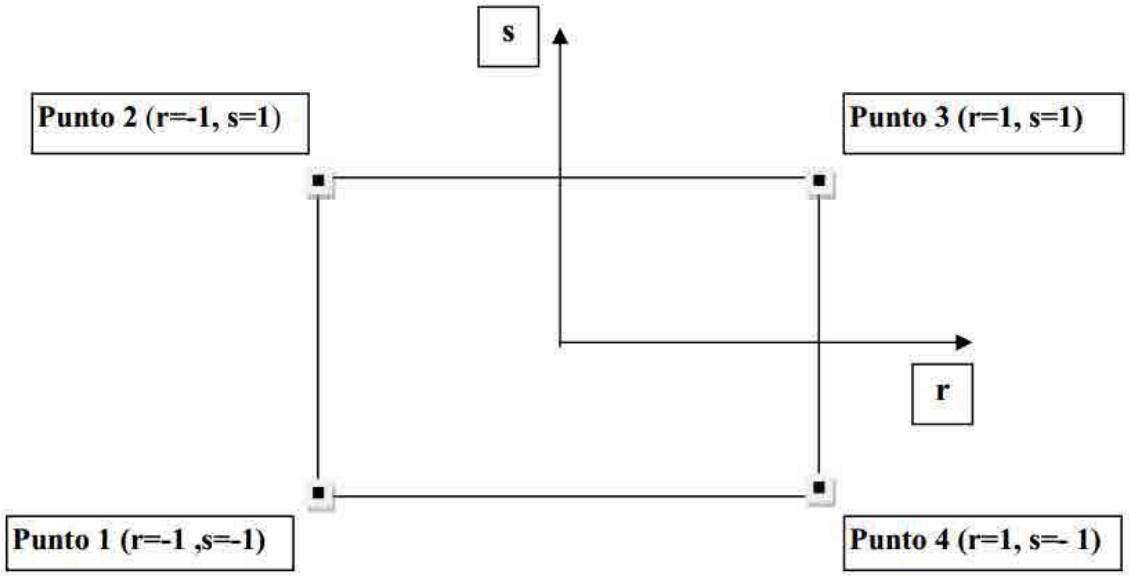


Figura 7.3 - *Applicazione dell'interpolazione bilineare.*

Definiti i 4vertici di una generica maglia i polinomi di Lagrange sono così determinati:

$$h_1 = (1-r)\cdot(1-s)/4 \quad (4.4)$$
$$h_2 = (1-r)\cdot(1+s)/4 \quad (4.5)$$
$$h_3 = (1+r)\cdot(1+s)/4 \quad (4.6)$$
$$h_4 = (1+r)\cdot(1-s)/4 \quad (4.7)$$

Tra le coordinate x, y di un punto generico e le coordinate r, s dello stesso punto valgono le seguenti relazioni:

$$4x = \sum_{i=1}^{4} h_i \cdot x_i = \left[(1-r)\cdot(1-s)\cdot x_1 + (1-r)\cdot(1+s)\cdot x_2 + (1+r)\cdot(1+s)\cdot x_3 + (1+r)\cdot(1-s)\cdot x_4\right] \quad (4.8)$$

$$4y = \sum_{i=1}^{4} h_i \cdot y_i = \left[(1-r)\cdot(1-s)\cdot y_1 + (1-r)\cdot(1+s)\cdot y_2 + (1+r)\cdot(1+s)\cdot y_3 + (1+r)\cdot(1-s)\cdot y_4\right] \quad (4.9)$$

La soluzione del sistema di equazioni non lineari è ottenuta iterativamente e, tramite i valori di r ed s, si determinano i parametri a_g, F_0, T_c^* dall'equazione:

$$4p = \sum_{i=1}^{4} h_i \cdot p_i = \left[(1-r)\cdot(1-s)\cdot p_1 + (1-r)\cdot(1+s)\cdot p_2 + (1+r)\cdot(1+s)\cdot p_3 + (1+r)\cdot(1-s)\cdot p_4\right] \quad (4.10)$$

Dove *p* rappresenta il parametro cercato.

7.1.4 PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Per la singola opera o per il singolo sistema geotecnico la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A, definito al § 3.2.2).

7.1.4.1 *COEFFICIENTI SISMICI*

I coefficienti sismici orizzontale K_h e verticale K_v dipendono del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi e del tipo di opera da calcolare. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno (T_R) dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} \quad (5.1)$$

Con V_R vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R non può essere inferiore a 35 anni.

7.1.4.2 *STABILITÀ DEI PENDII E FONDAZIONI*

Nel caso di stabilità dei pendii i coefficienti K_h e K_v sono così determinati:

$$K_h = \beta_s \cdot \left(\frac{a_{max}}{g}\right) \quad (5.2)$$

$$K_v = \pm 0.5 \cdot K_h \quad (5.3)$$

Con

- β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;
- a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
- g accelerazione di gravità.

I valori di β_s sono riportati nella tabella 5.4.

	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	
	A	*B, C, D, E*
	βs	*βs*
0.2< ag(g)≤0.4	0.30	0.28
0.1< ag(g)≤0.2	0.27	0.24
ag(g)≤0.1	0.20	0.20

Tabella 7.V - Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa al sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (5.4)$$

- S_S (effetto di amplificazione stratigrafica) (0.90 ≤Ss≤ 1.80) è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).
- S_T (effetto di amplificazione topografica), varia con il variare delle quattro categorie topografiche:

T1: S_T = 1.0; **T2**: S_T = 1.20; **T3:** S_T =1.2; **T4:** S_T = 1.40.

7.2 STORIA SISMICA DEL SITO

7.2.1 PERICOLOSITÀ SISMICA

È possibile ricostruire la sismicità storica del Comune di Ascoli Piceno attraverso la consultazione del "Catalogo Parametrico dei Terremoti *Italiani CPTI15 Release v1.5 - Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPTI15, the 2015 version of the Parametric* Catalogue of Italian Earthquakes, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. - http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15). In

particolare gli effetti macrosismici (vedi successiva Figura 5.6) che hanno interessato il Comune di Ascoli Piceno sono riconducibili a n. 102 eventi sismici, verificatisi dal 1349 al 2006, con vario grado di intensità sismica. (v. succ. tabella 5.7/5.9).

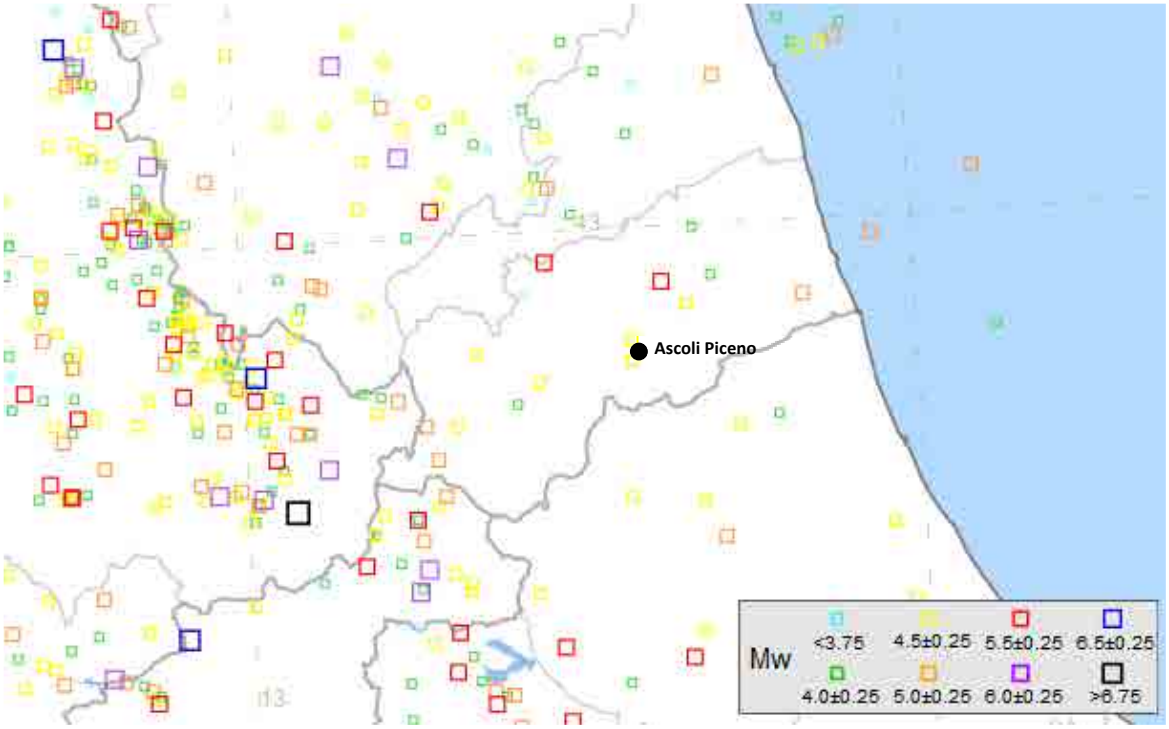


Figura 7.4 - localizzazione degli eventi macrosismici a livello regionale nel territorio circostante il Comune di Ascoli Piceno (Periodo 1000 – 2006).

La maggiore intensità sismica percepita in questo territorio è di grado "7-8" in occasione del terremoto avvenuto nel 1972 nell'Marche meridionali (Mw = 5,48) (v. sotto Figura 5.7 e successiva Tabella 5.7); poi con intensità sismica di poco inferiori a quella citata, ma comunque di grado 6 si possono ricordare i terremoti del 1703, epicentro Valnerina (Mw = 6,92) e Aquilano (Mw = 6,67), quello del 1943 con zona epicentrale nell'Ascolano (Mw = 5,67), del 1882 con epicentro nella Costa ascolana (Mw = 5,15), quelli del 1943 con epicentro nei Monti sibillini (Mw = 5,04) prima e nell'Ascolano (Mw = 5,69) poi, del 1951 con epicentro nei Monti sibillini (Mw = 5,25); infine quelli più recenti del settembre 1997 Appennino Umbro-Marchigiano (Mw = 5,66 e Mw = 5,97) e marzo 1998 Appennino Umbro-Marchigiano (Mw = 5) oltre a quello di ottobre 1997 della Valnerina (Mw = 5,62) però quest'ultimo con grado 5 d'intensità percepito (v. Tabella 5.7: dove sono stati tutti evidenziati tra quelli con Mw≥5).

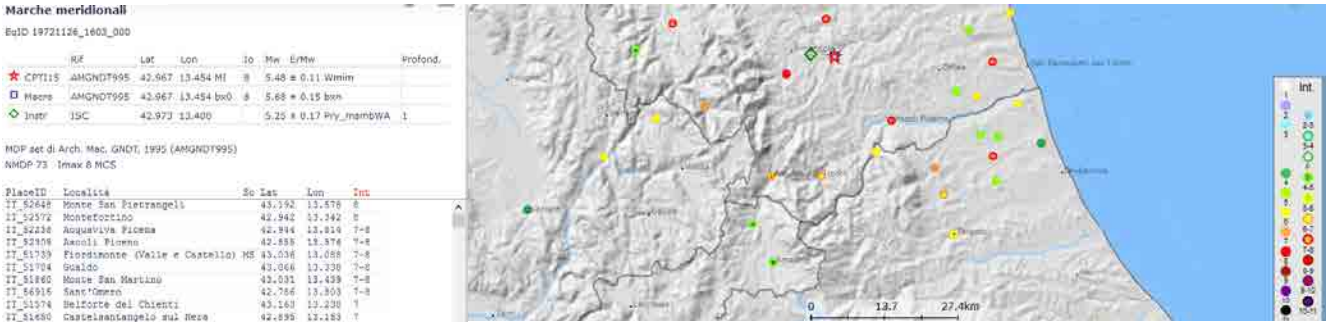


Figura 7.5 - localizzazione epicentro (stella rossa) dell'evento del 1972 (Mw=5,48) con massima intensità percepita (7-8) nel Comune di Ascoli Piceno (Periodo 1000 – 2006).

File downloaded from CPTI15 - DBMI15

Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 - Database Macrosismico Italiano 2015
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Seismic history of	Ascoli Piceno
PlaceID	IT_52305
Coordinates (lat, lon)	42.855, 13.576
Municipality (ISTAT 2015)	Ascoli Piceno
Province	Ascoli Piceno
Region	Marche
No. of reported earthquakes	102

Tabella 7.VI – MASSIME INTENSITÀ PERCEPITE NEL TERRITORIO DEL COMUNE DI ASCOLI PICENO PERIODO 1349-2006 (102 EVENTI) cfr. Database Macrosismico Italiano DBMI15 - Release v1.5 - Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15.

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
6-7	1349 09 09	Appennino laziale-abruzzese	17	9	6,27
5	1639 10 07	Monti della Laga	39	9-10	6,21
5	1646 04 28 07	Monti della Laga	10	9	5,9
3-4	1672 04 14 15 45	Riminese	92	8	5,59
5-6	1672 06 08 17 30	Monti della Laga	10	7-8	5,33
6	1703 01 14 18	Valnerina	197	11	6,92
6	1703 02 02 11 05	Aquilano	69	10	6,67
2-3	1727 12 14 19 45	Valle del Metauro	32	7	5,24
4-5	1741 04 24 09 20	Fabrianese	135	9	6,17
NF	1795 06 19 23 30	Maceratese	17	6	4,7
5	1873 03 12 20 04	Appennino marchigiano	196	8	5,85
4	1874 02 24 06 52	Aquilano	26	6-7	5,12
3	1875 03 17 23 51	Costa romagnola	144	8	5,74
3	1875 12 06	Gargano	97	8	5,86
5	1879 02 23 18 30	Valnerina	15	8	5,59
3	1882 05 26 04 15	Cascia	16	5	4,45
6	1882 08 16	Costa ascolana	13	7	5,15
F	1887 05 26	Jesi	19	5	4,44
4	1889 11 28 19 10	Monti Sibillini	10	4-5	4,19
3	1893 08 02 00 59	Valnerina	84	5-6	4,55
4	1895 08 09 17 38 20.00	Adriatico centrale	103	6	5,11
5	1897 09 21	Marche settentrionali	44	7	5,4
4	1898 06 27 23 38	Reatino	186	8	5,5
4-5	1900 08 10 04 28 13.00	Teramano	15	5	4,28
F	1903 11 02 21 52	Valnerina	33	6	4,81
3	1904 09 02 11 21	Maceratese	59	5-6	4,63
NF	1905 08 18 04 07	Tavoliere delle Puglie	41	5	4,61
NF	1905 08 25 20 41	Valle Peligna	29	6	5,15
5	1908 03 17 03 59	Marche meridionali	54	5-6	4,61
NF	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5,36
3-4	1910 12 22 12 34	Monti della Laga	19	5	4,3
4	1910 12 26 16 30	Monti della Laga	50	5-6	4,56
SF	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5,63
5-6	1915 01 13 06 52 43.00	Marsica	1041	11	7,08
5	1916 07 04 05 06	Monti Sibillini	18	6-7	4,82
4	1920 02 10 23 57	Monti Sibillini	18	5	4,3
NC	1922 06 08 07 47	Valle del Chienti	47	6	4,73
F	1924 01 02 08 55 13.00	Senigallia	76	7-8	5,48
4	1930 04 07 17 17 18.00	Monti Sibillini	28	5-6	4,5
4	1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6,67
5	1930 10 30 07 13	Senigallia	268	8	5,83
5-6	1933 09 26 03 33 29.00	Maiella	325	9	5,9
3	1938 08 12 02 28 33.00	Appennino laziale-abruzzese	55	5-6	4,56
4	1941 12 19	Monti Sibillini	30	7	5,02
6	1943 01 16	Monti Sibillini	22	6-7	5,04
5	1943 01 29	Monti Sibillini	50	6-7	4,94
5-6	1943 03 25	Marche meridionali	15	6	4,85
6	1943 10 03 08 28 29.00	Ascolano	170	8	5,67
5	1950 09 03 22 41 20.00	Ascolano	5	5-6	4,4
6	1950 09 05 04 08	Gran Sasso	386	8	5,69
5	1951 08 08 19 56	Gran Sasso	94	7	5,25
6	1951 09 01	Monti Sibillini	80	7	5,25
2-3	1957 03 12 16 20	Valnerina	62	5	4,16
3-4	1958 06 24 06 07	Aquilano	222	7	5,04
5	1959 01 01 23 58 14.00	Teramano	46	5	4,33
4-5	1960 03 16 01 52 48.00	Monti della Laga	81	5	4,44
NF	1962 01 23 17 31	Costa pesarese	49	5	4,35
3	1962 08 30 12 10	Valnerina	35	7	5,02
4	1963 01 25 05 27	Monti Sibillini	30	5	4,31
3-4	1963 05 19 22 45	Valnerina	12	6	4,74
4	1963 07 21 11 09	Monti della Laga	11	7	4,71
5	1969 09 26 23 40 39.00	Teramano	97	5	4,39
3	1970 09 07 14 02 21.00	Appennino umbro-marchigiano	56	5	4,35
2-3	1971 02 12 04 54 56.00	Valle del Chiascio	47	7	4,89
4	1971 10 04 16 43 32.60	Valnerina	43	5-6	4,51
5	1972 02 04 02 42 18.56	Costa anconetana	75		4,57
7-8	1972 11 26 16 03	Marche meridionali	73	8	5,48
5-6	1973 04 20 22 18	Ascolano	2	5-6	4,4
5	1974 12 02 01 55 15.00	Valnerina	27	7-8	4,58

5	1979 09 19 21 35 37.00	Valnerina	694	8-9	5,83
5	1980 02 28 21 04 40.00	Valnerina	146	6	4,97
NF	1983 11 09 16 29 52.00	Parmense	850	6-7	5,04
4-5	1984 04 29 05 02 59.00	Umbria settentrionale	709	7	5,62
3	1984 05 07 17 50	Monti della Meta	912	8	5,86
3-4	1984 05 11 10 41 49.27	Monti della Meta	342	7	5,47
5	1985 05 01 16 57 35.00	Ascolano	51	5	4,09
4	1986 10 13 05 10 00.31	Monti Sibillini	322	5-6	4,46
5	1987 07 03 10 21 57.64	Costa Marchigiana	359	7	5,06
5	1987 09 04 16 42 49.60	Costa Marchigiana	75	6	4,66
NF	1990 05 05 07 21 29.61	Potentino	1375		5,77
4	1991 11 12 21 45 55.05	Ascolano	19	5-6	3,54
NF	1992 10 24 18 44 48.60	Monti della Laga	32	5	4,08
3-4	1993 06 05 19 16 17.02	Valle del Topino	326	6	4,72
3-4	1995 12 30 15 22 08.73	Fermano	106	5	4,19
3-4	1996 01 01 12 21 41.54	Maceratese	91	5-6	4,2
NF	1996 01 22 18 37 44.36	Fermano	76	5	3,96
3-4	1996 07 09 10 23 07.21	Costa abruzzese-marchigiana	45		4,2
3-4	1996 10 20 19 06 55.57	Appennino laziale-abruzzese	100	5	4,36
5	1997 09 26 00 33 12.88	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5,66
5-6	1997 09 26 09 40 26.60	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5,97
4	1997 10 03 08 55 22.07	Appennino umbro-marchigiano	490		5,22
5	1997 10 14 15 23 10.64	Valnerina	786		5,62
3-4	1997 11 09 19 07 33.27	Valnerina	180		4,87
6	1998 03 21 16 45 09.21	Appennino umbro-marchigiano	141		5
3	1999 10 10 15 35 51.91	Alto Reatino	79	4-5	4,21
4-5	2000 10 24 07 52 23.70	Monti Sibillini	65	5	4,11
3	2003 05 25 17 15 13.95	Ascolano	88	4-5	3,81
4	2004 12 09 02 44 25.29	Teramano	213	5	4,09
NF	2005 04 12 00 31 51.61	Maceratese	131	4	3,74
NF	2005 12 15 13 28 39.59	Val Nerina	350	5	4,14
4	2006 04 10 19 03 36.67	Maceratese	211	5	4,06
NF	2006 10 21 07 04 10.01	Anconetano	287	5	4,21

Località vicine (entro 10km)

Località	EQs	Distanza (km)
Rosara	2	4
Venagrande	1	5
Santa Maria a Corte	1	5
Poggio di Bretta	1	5
Folignano	20	6
Ripe	1	6
Cesano	1	7
Venarotta	45	7
Colle di Funti	1	8
Ripaberarda	2	8
Casebianche	1	8
Roccafluvione (Marsia)	22	8
Appignano del Tronto	15	9
Maltignano	15	9
Valcinante	1	10
Castignano	35	10

Tabella 7.VII – ubicazione della sede comunale di Ascoli Piceno rispetto alle località prossime in un raggio di 10Km (File downloaded from CPTI15 - DBMI15).

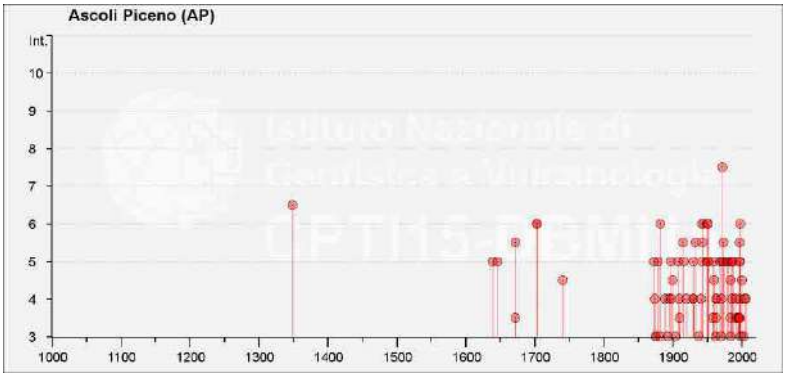


Tabella 7.VIII – distribuzione delle massime intensità riscontrate nel territorio del comune di Ascoli Piceno periodo 1349-2016 su una scala a partire dall'anno 1000. (File downloaded from CPTI15 - DBMI15).

7.2.1 MAPPA SISMOGENETICA

Il territorio del comune di Ascoli Piceno si colloca prossimo a tre aree sismogenetiche note e rispettivamente codificate come ITCS027, denominata “Bore-Montefeltro-Laga” (zona fino ad oggi caratterizzata da Magnitudo massima Mw 6.2), ITCS020 denominata “South Marche” con magnitudo massima Mw 5.9 nella quale è individuabile anche la terza ITIS070 “Offida” con magnitudo massima Mw 5.9 (si veda successiva Figura 5.8).

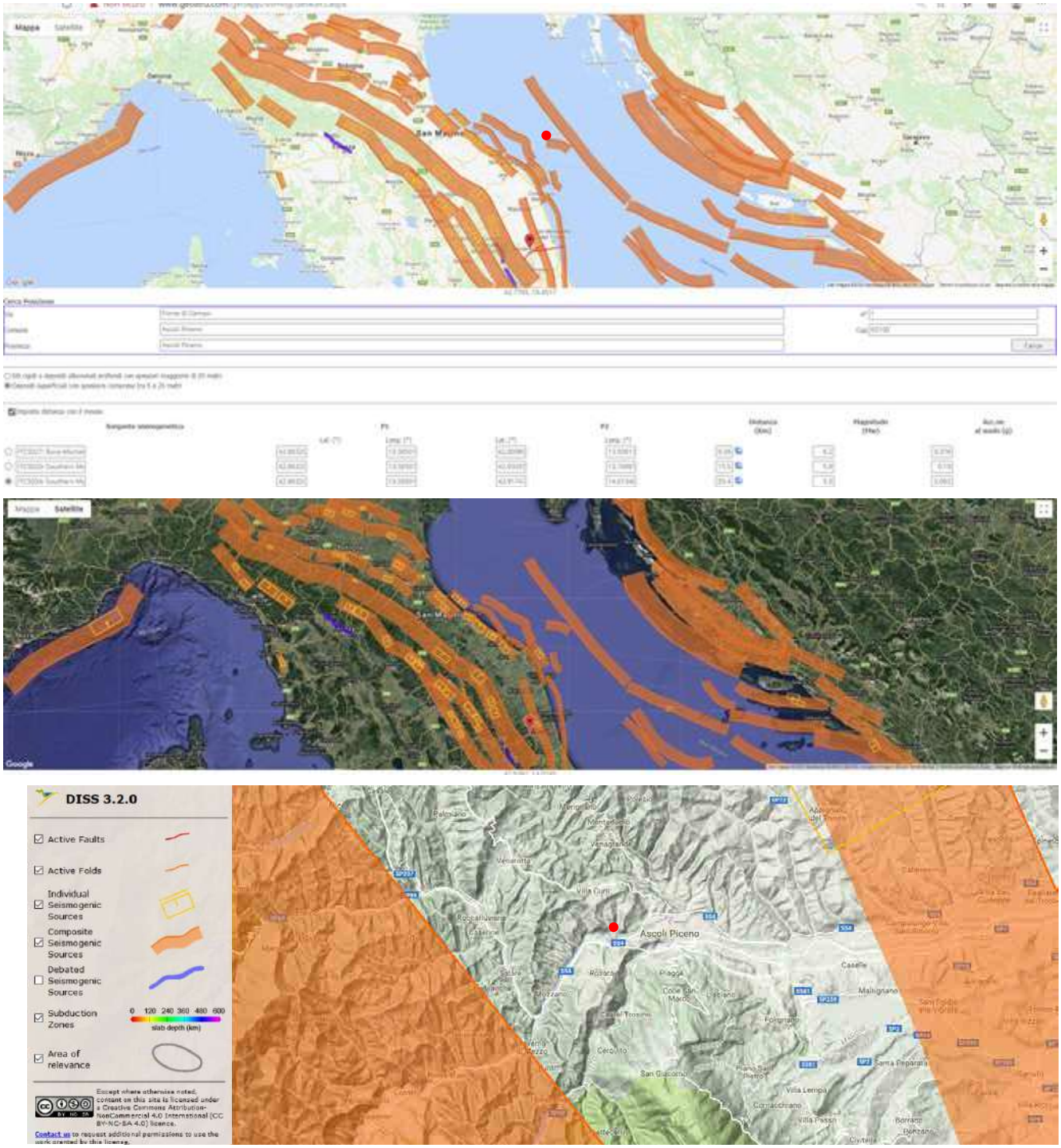


Figura 7.6 – il puntino rosso indica la posizione del sito di studio nel comune di Ascoli Piceno rispetto alle zone sismogenetiche: “Bore-Montefeltro-Laga” ad Ovest, codice ITCS027 (STRIKE, angolo rispetto al nord: 90° - 160°; DIP inclinazione rispetto al piano campagna: 20° - 55°; PROFONDITÀ MIN - MAX: 12 – 22 km; MAGNITUDO MASSIMA (Mw): 6,2); e ad Est la zona sismogenetica “Marche Sud” codice ITCS020 (STRIKE, angolo rispetto al nord: 150° - 170°; DIP inclinazione rispetto al piano campagna: 30° - 50°; PROFONDITÀ MIN - MAX: 3 – 9 km; MAGNITUDO MASSIMA (Mw): 5,9) [immagine e dati desunti da DISS - Database of Individual Seismogenic Sources - Basili R., G. Valensise, P. Vannoli, P. Burrato, U. Fracassi, S. Mariano, M.M. Tiberti, E. Boschi, 2008].

L'ultimo evento è la recente sequenza sismica iniziata il 24 agosto (delle ore 03:36) con un terremoto di Mw = 6,0 che ha colpito una vasta zona dell'Appennino Centrale tra i Comuni di Norcia, Amatrice e Arquata del Tronto. Il suo epicentro e stato localizzato in prossimità del Comune di Accumoli con un'area epicentrale estesa tra le regioni Marche, Lazio, Umbria e Abruzzo. Tale sequenza sismica ha interessato una stretta fascia parallela all'asse appenninico, per la quale si ipotizza una delimitazione a Nord dalle sequenze della Valnerina del 1979 (terremoto di Norcia) e di Colfiorito del 1997 e a Sud dalla più recente sequenza dell'Aquila del 2009. Come già precedentemente accennato anche questa attività sismica registrata è coerente con il quadro tettonico attuale dell'Appennino Centrale caratterizzato da un regime distensivo: i piani di faglia sono orientati in direzione Appenninica in accordo con la distribuzione delle repliche.

Le oltre 2000 repliche localizzate si distribuiscono in una fascia tra Norcia e Amatrice lunga circa 25 km e larga 12 km. Il loro insieme indica l'attivazione di un sistema di faglie orientato in direzione appenninica e interessato da una forte complessità interna. Si evidenzia una maggiore dispersione delle repliche nel settore nord-occidentale dell'area epicentrale, tra Accumoli e Norcia, che suggerisce una certa complessità del sistema di faglie attivato a seguito della scossa principale del 24 agosto 2016. Al contrario il settore sud-orientale, tra Accumuli e Amatrice, mostra una dispersione e un allineamento coerente con la direzione del piano di faglia che ha dislocato durante la scossa principale. Le repliche tra il 26 e il 28 agosto 2016 hanno interessato la faglia del Vettore con magnitudo tra 4,0 e4,4.

La sequenza sismica iniziata con l'evento del 24 agosto 2016 ha caratterizzato notevolmente anche i mesi successivi e in particolare quello di ottobre, quando nei giorni del 26 e del 30 sono stati registrati altri forti terremoti: il giorno 26 ottobre sono stati registrati due forti terremoti vicini aventi rispettivamente magnitudo 5,4 (ore 19:10) e 5,9 (ore 21:18, con epicentro 3 km NW Castelsantangelo sul Nera - MC); ancora un altro terremoto del 30 ottobre ha registrato una magnitudo di 6,5 (con epicentro 5 Km a NE di Norcia: con coordinate geografiche (lat, lon) 42.83, 13.11 ad una profondità di 9 km; bollettino sismico INGV: http://cnt.rm.ingv.it/event/8863681). Anche in questo caso l'analisi dei dati geologici, di quelli geodetici e sismologici finora valutati portano a individuare come responsabili dei terremoti le faglie appartenenti al sistema della faglia conosciuta in letteratura come faglia del Monte Vettore – Monte Bove.

Queste faglie normali, cioè a carattere estensionale, sono orientate in senso NNW-SSE e immergenti verso W. Le faglie si sono attivate per l'intero spessore dello strato sismogenetico, da circa 10 km di profondità fino alla superficie producendo rotture ben visibili in affioramento, con rigetti che raggiungono in qualche settore anche i due metri.

A seguito delle scosse del 26/30 ottobre 2016 con l'Ordinanza n.3 del 15 novembre 2016 anche il Comune di Ascoli Piceno e tutto il suo territorio è stato individuato nei comuni del cratere ai quali è estesa l'applicazione delle misure del D.L. 17/10/2016 n.189.

7.3 CLASSIFICAZIONE SISMICA

7.3.1 CLASSIFICAZIONE STORICA

Le prime norme in materia risalgono agli anni '70: Legge n. 1086 del 5 novembre 1971, «Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica» e la Legge n.64 del 2 febbraio 1974, «Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche». Il successivo D.M. LL.PP. del 10/02/83 andò ad aggiornare l'elenco delle zone sismiche del territorio nazionale, provvedendo a riclassificare sismici 230 comuni dei 246 del territorio delle Regione Marche: secondo quest'ultima normativa il comprensorio del comune di Ascoli Piceno risultava incluso nell'elenco dei comuni classificati sismici S=9, livello dato legato alle caratteristiche reologiche dei litotipi presenti e alla frequenza ed intensità degli eventi sismici che si erano avuti nella zona. Un ulteriore impulso alla legislazione è avvenuto per la ricostruzione post-terremoto 1997: Legge 61/98 (e successivi DGR) introducono il concetto di coefficiente di amplificazione (Fa), tenendo conto delle litologie interessate, relativi spessori, zone d'instabilità e morfologia dei luoghi.

L'evoluzione della normativa antisismica nazionale ha subito un punto di svolta negli ultimi anni, in particolare nell'anno 2003 con l'emanazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) n.3274 del 20 marzo 2003. In essa è contenuta una nuova

classificazione sismica del territorio italiano (4 zone sismiche su basi comunali) che attribuisce un grado di pericolosità sismica all'intera penisola, a differenza delle precedenti normative che classificavano "zone sismiche" solo una parte del territorio nazionale. L'OPCM n.3274, aggiornata con il D.G.R. delle Marche n.1046 del 29 luglio 2003, definisce, oltre alla nuova classificazione sismica del territorio italiano, le norme procedurali per la progettazione in aree sismiche, individuando esplicitamente gli obiettivi da raggiungere in termini di danni accettati a fronte di livelli di azione sismica stabilita.

Zona sismica	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [a_g/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [a_g/g]
1	> 0,25	0,35
2	**0,15-0,25**	**0,25**
3	0,05-0,15	0,15
4	<0,05	0,05

Tabella 7.IX - valori ag/g in base alla O.P.C.M. 3274 del 22 marzo 2003.

La successiva OPCM n°3519 del 28 aprile 2006 dispone l'utilizzo della "mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale", dove si individuano "12 zone" a loro volta delimitate da un intervallo di valori delle accelerazioni orizzontali (ag/g) definite come quelle di ancoraggio allo spettro di risposta elastico. Ciascuna zona viene individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (ag) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi.
Nella classificazione sismica dei comuni italiani (INGV) il territorio comunale di Ascoli Piceno è compreso in Zona 2: zona con pericolosità sismica media dove possono verificarsi forti terremoti; a queste zone competono per suolo di tipo "A" (rigido) valori di accelerazioni di picco orizzontale al suolo (ag), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, compresi tra 0,150 ag/g e 0,250 ag/g (si veda tabella precedente) e un'accelerazione di ancoraggio dello spettro elastico ag = 0,25g.

7.3.1 MICROZONAZIONE

La prima classificazione sismica è stata fatta in base all'attuazione dell'Art.11 della Legge 24 Giugno 2009, n. 77 OPCM 4007/2012, PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA (annualità 2012), nell'agosto 2013 è stata redatta (Geol. A. Conti e altri) la MICROZONAZIONE SISMICA di I° livello; a seguire lo "STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 3 DEL TERRITORIO COMUNALE DI ASCOLI PICENO", redatta dal Geol. A. Cola nell'aprile 2018, secondo quanto previsto dall'art. 1 del Decreto Legge n. 8 del 9 febbraio 2017 *(Nuovi interventi urgenti in favore delle popolazioni colpite dagli eventi sismici del 2016 e del 2017)*, convertito con modificazioni dalla Legge 7 aprile 2017 n. 45. La redazione dello studio di MS di III° livello si attiene agli Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica Nazionali versione 4.0b, redatti a Roma nell'ottobre dell'anno 2015. Lo studio di MS di livello 3 è finalizzato a quantificare la pericolosità sismica locale delle microzone, con particolare riferimento alle aree stabili, alle aree stabili suscettibili di amplificazione e alle aree instabili, e alla redazione delle Carte di microzonazione sismica di livello 3 alla scala 1:5.000

7.3.1.1 *MICROZONAZIONE DI LIVELLO III*

Nello studio di Microzonazione di III livello, all'elaborato Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (scala 1:5.000), il sito all'oggetto risulta incluso in parte nella MOPS2001 e molto prossimo al limite con la MOPS2007 (si veda stralcio cartografico in figura successiva); quindi classificato tra le zone suscettibili di amplificazione locale (nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, con effetto della situazione stratigrafica e morfologica locale); si veda figura successiva. Viste le descrizioni litotecniche della zona 1 (substrato arenaceo lapideo stratificato nella parte superiore fratturato) e della vicina zona 7 (come la precedente ma al tetto del substrato è presente uno spessore da 4 a 11m di SM, individuato come sabbie limose e limi sabbiosi di terrazzo fluviale) e visti i risultati delle indagini si può distinguere nel sito di studio che il muro esistente è strutturalmente fondato in zona 1 mentre il prospicente giardino

di accesso e le sue strutture sono in zona 7.

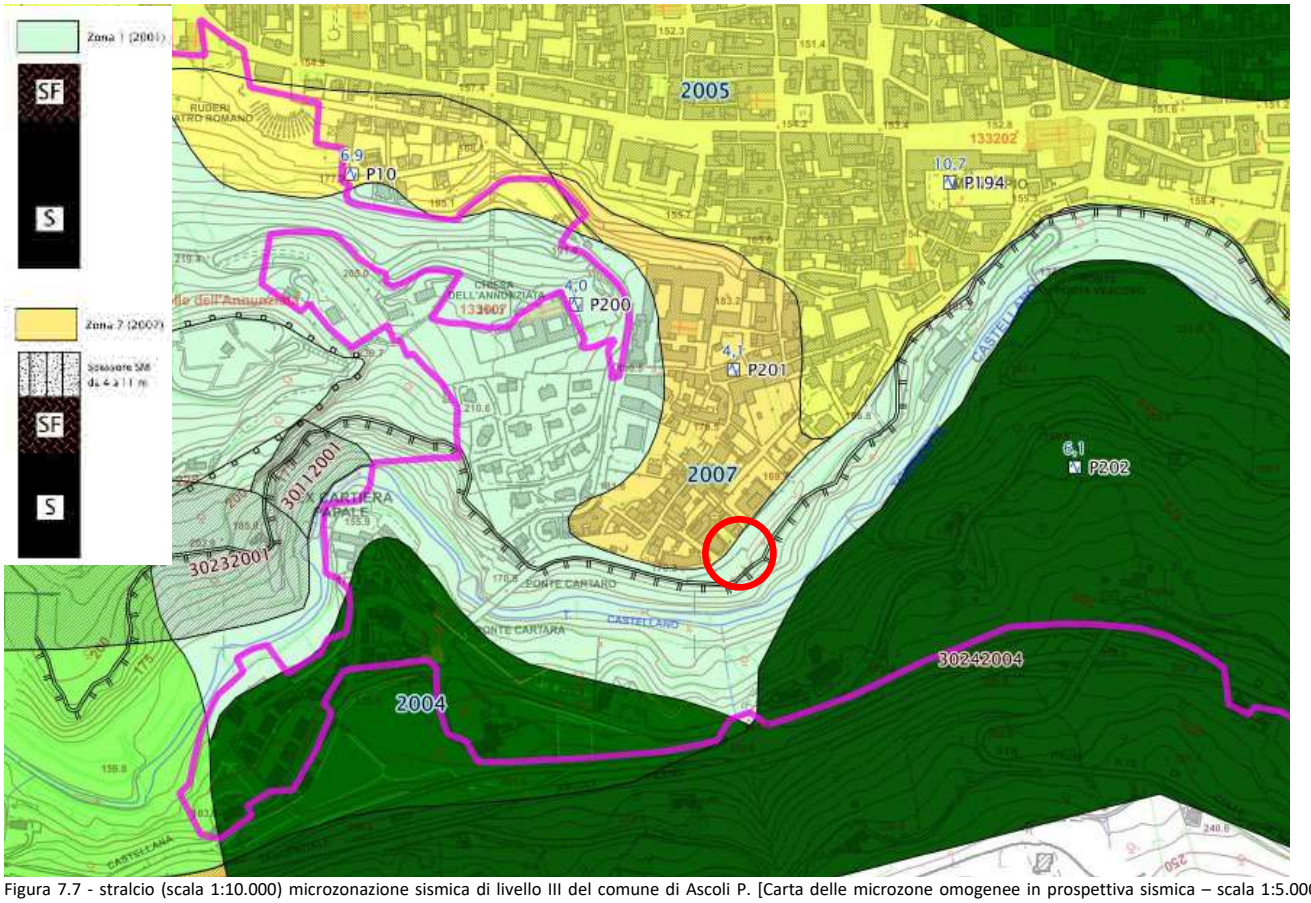


Figura 7.7 - stralcio (scala 1:10.000) microzonazione sismica di livello III del comune di Ascoli P. [Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica – scala 1:5.000– attuazione dell'Ordinanza del Commissario Straordinario n.24 registrata il 15 maggio 2017 al n. 1065 - Dott. A. Cola e altri]. L'area d'interesse è cartografata tra le zone stabili suscettibili di amplificazione locale nella "zona 1" – zona stabile suscettibile di amplificazioni locali, MOPS 2001 dalle seguenti caratteristiche stratigrafiche: SF e S substrato fratturato/alterato e substrato lapideo stratificato (LPS E SFLPS – substrato arenaceo lapideo stratificato (S), fratturato/alterato (SF) per uno spessore che va da 8 a 14 m - Formazione della Laga in facies arenacea).

Per definizione:

Zona 1 (***2001***) – zona stabile suscettibile di amplificazioni locali

SF e *S* rispettivamente substrato fratturato/alterato e substrato lapideo stratificato (*S*). *LPS* e *SFLPS* – substrato arenaceo lapideo stratificato (*S*), fratturato/alterato (*SF*) per uno spessore che va da 8 a 14 m (Formazione della Laga in facies arenacea).

Zona 7 (***2007***) – zona stabile suscettibile di amplificazioni locali

Spessore *SM* da 3 a 8m – *SM* – sabie limose e limi sabbiosi, miscela di sabbia e limo terrazzo fluviale ed eluvi-colluvi

SF e *S* rispettivamente substrato fratturato/alterato e substrato lapideo stratificato (*S*). *LPS* e *SFLPS* – substrato arenaceo lapideo stratificato (*S*), fratturato/alterato (*SF*) per uno spessore che va da 8 a 14 m (Formazione della Laga in facies arenacea).

7.4 AZIONE SISMICA: PARAMETRI PER LA DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Con il D.M./2008 le azioni sismiche di progetto in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. Di seguito si descrivono gli elementi per la definizione della pericolosità sismica di base.

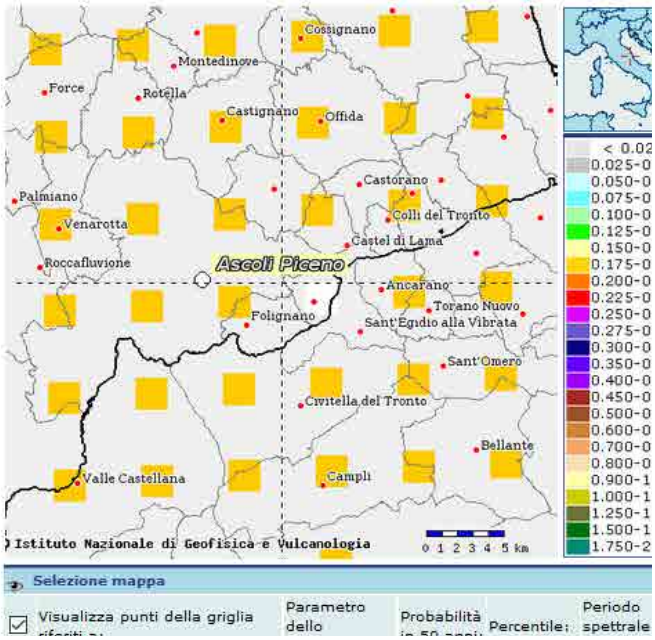
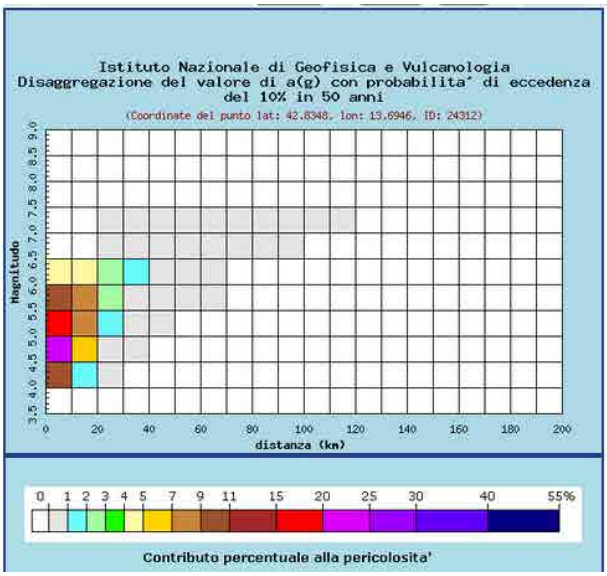


Figura 7.8 - - Mappa d'interattività pericolosità sismica - Accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi (Vs > 800 m/s; cat.A) – da INGV [http://esse1-gis.mi.ingv.it/].

Facendo riferimento agli studi condotti dal "Gruppo di Lavoro MPS, 2004" nell'ambito della "Convenzione - Progetto "S1" DPC - INGV 2004-2006", i cui risultati sono stati promulgati mediante l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) 3519/2006 (cfr. Mappa MPS04), è possibile valutare in termini generali la pericolosità sismica dell'area di intervento. Per valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di sito viene operata la disaggregazione della pericolosità sismica. La disaggregazione in M-R fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) come l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito di interesse, che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica dello stesso. Dalla mappa di pericolosità sismica viene effettuata un'analisi della disaggregazione dei valori di a(g) e per ogni nodo della griglia di calcolo e possibile valutare il contributo percentuale alla stima di pericolosità fornito da tutte le possibili coppie di valori di magnitudo e distanza.

Questa informazione e riportata sia in forma grafica che in forma tabellare. (v. Figura 6.10)



Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 42.8348, lon: 13.6946, ID: 24312) — Magnitudo										
	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	0.000	9.900	21.600	15.500	9.450	4.250	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	1.370	5.330	7.000	7.020	4.330	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.008	0.418	1.610	2.750	2.060	0.532	0.347	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.002	0.165	0.834	1.080	0.918	0.697	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.002	0.117	0.410	0.582	0.529	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.100	0.274	0.302	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.110	0.162	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.032	0.077	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.024	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Figura 7.9 - Mappa d'interattività pericolosità sismica - Disgregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi (Vs > 800 m/s; cat.A) – da INGV [http://esse1-gis.mi.ingv.it/].

Tale tipo di analisi e utile nell'individuazione della sorgente sismogenetica che contribuisce maggiormente a produrre il valore di scuotimento stimato in termini probabilistici.

La Magnitudo media riferibile all'area di intervento, ricavata dalla precedente analisi, è pari a 5,55.

Valori medi		
Magnitudo	**Distanza**	**Epsilon**
5.310	11.300	0.890

Dove Epsilon rappresenta il numero di deviazioni standard per cui lo scuotimento (logaritmico) cambia dal valore medio predetto da una data legge di attenuazione dati M ed R.

7.4.1 VALORE $V_{S,equivalente}$

La stima di tale parametro permette la definizione della categoria di suolo di appartenenza del sito all'oggetto, a tale scopo in base alla precedente normativa (classificazione già prevista dall'O.P.C.M. 3274/2003 ma in particolare definita alla "Tabella 3.2II – Categorie di sottosuolo" al D.M. del 14 01 2008) si definiva il parametro $V_{s,30}$ mentre nelle vigenti NTC 2018 (nell'approccio semplificato) la classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità, definita "equivalente", di propagazione delle onde di taglio, quindi **parametro Vs,eq** (in m/s) definito dall'espressione:

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

Con hi spessore dello strato i-esimo, VS,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 Vs non inferiore a 800 m/sec.

Considerando i profili Vs dell'indagine MASW eseguita (si veda specifico paragrafo dedicato), dove viene individuato un substrato sismico (Vs>800 m/s) alla profondità di 10.5/12.00m dal piano campagna, la stima del $V_{s,eq}$ da profilo Vs della MASW permette di determinare nel caso dello sparo n.1 un valore di 304 m/s e nello sparo n.2 un valore di 394 m/s. I valori così misurati sono a cavallo di 360m/s valore limite di classificazione C/B come definito da normativa; allora, visti i valori misurati e i risultati stratigrafici che individuano il substrato arenaceo a -7,20m dal piano campagna, la presenza di strutture di travertino sepolte, e alluvioni ghiaiose, si propone di adottare la seguente stima:

STIMA $V_{S,\,eq}$ *Prova MASW*	
Profondità di stima	***V_{Seq}***
0.0-12.00m	**394**m/s

Tabella 7.X – stima di Vs_{eq} determinato in base al profilo Vs in sito a sua volta ricavato dalla MASW

La stima del V_{seq} permette la definizione del sito stratigrafico appartenente alla **categoria B di suolo di fondazione**, come da seguente classificazione in base alle NTC 2018.

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs,30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, 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 equivalete compresi tra 360 m/s e 800 m/s.**
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30m, 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	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori 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 e D con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tabella 7.XI – come da Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo [D.M. 14 gennaio 2008 – pag. 16 Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni].

7.4.2 CATEGORIA TOPOGRAFICA E COEFFIECIENTE D'AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA S_T

Dal punto di vista morfologico l'area oggetto d'intervento è caratterizzata dalla morfologia associabile alla scarpata fluviale; se si considera il profilo topografico ricavato dalla C.T. Comunale, Elemento 32611-2, nella geometria del profilo topografico (si veda figura successiva) si riscontrano inclinazioni variabili a seconda del tratto di pendio interessato: a valle del sito d'interesse i=41,64° (≈42°) e a monte i=2,61° (≈3°).

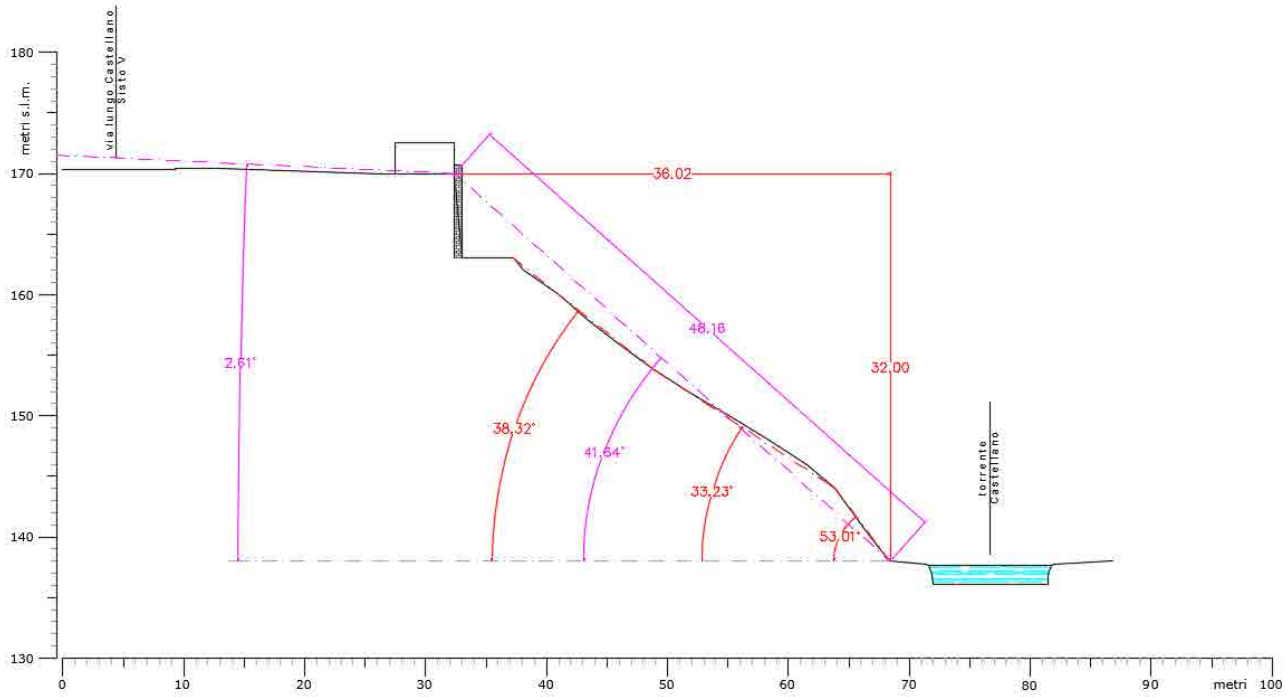


Figura 7.10 – si riporta graficamente l'inclinazione del pendio nei pressi dell'edificio d'interesse; valore ricavato dal profilo della sezione geologica a sua volta determinato con C.T.C. scala 1:2.000

La situazione è contemplata nella normativa vigente NTC 2018 (vedi successiva tabella 5.13) che permette la valutazione della corrispondente **categoria di appartenenza** in **T4**.

Categoria topografica	Caratteristica della superficie topografica
T1	Superfici pianeggianti, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i≤15°
T2	Pendii con inclinazione media i≥15°
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minori che alla base e inclinazione media 15≤i≤30°
T4	**Rilievi con larghezza in cresta molto minori che alla base e inclinazione media i>30°**

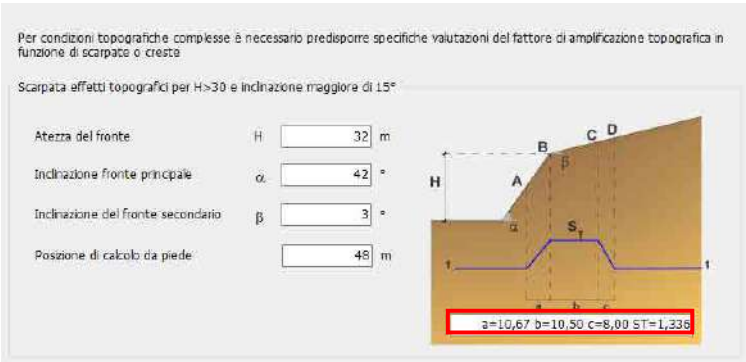
Tabella 7.XII - come da Tabella 3.2. IV + 3.2 VI – Categoria Topografica [D.M. 17 gennaio 2018 – pag. 18 Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni].

È conseguenza che il coefficiente di amplificazione topografica S_T può essere assunto come indicato nella successiva tabella.

Categoria topografica	Ubicazione opera d'intervento	S_T
T1	-	1.0
T2	In corrispondenza della sommità del rilievo	1.2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.2
T4	**In corrispondenza della cresta del rilievo**	**1.4**

Tabella 7.XIII - come da Tabella 3.2 VI –Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica ST [D.M. 14 gennaio 2008 – pag. 18 Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni].

Si fa presente comunque che in situazioni complesse è comunque possibile predisporre specifiche valutazioni del fattore di amplificazione topografica in funzione di scarpate o creste. Nel caso all'oggetto la verifica realizzata e nella successiva figura indicata permette un coefficiente di amplificazione **S_T = 1,336**.



7.4.3 FREQUENZA FONDAMENTALE DI SITO

L'indagine HVSR fornisce un picco di frequenza f_0 = 10.63 (± 0.12 Hz), con periodo T = 0,094s; picco che risulta ben definito essendo verificati otto su nove dei criteri Sesame dovuti. Dalla ricostruzione stratigrafica è imputabile alla posizione del berd rock sismico all'interno dell'associazione arenacea. La microzonazione sismica di III livello del comune di Ascoli Piceno, non ha realizzato specifiche indagini in zona, la misura più prossima realizzata nella scuola d'Azeglio rileva un f_0 = 5,68 (± 0,36 Hz).

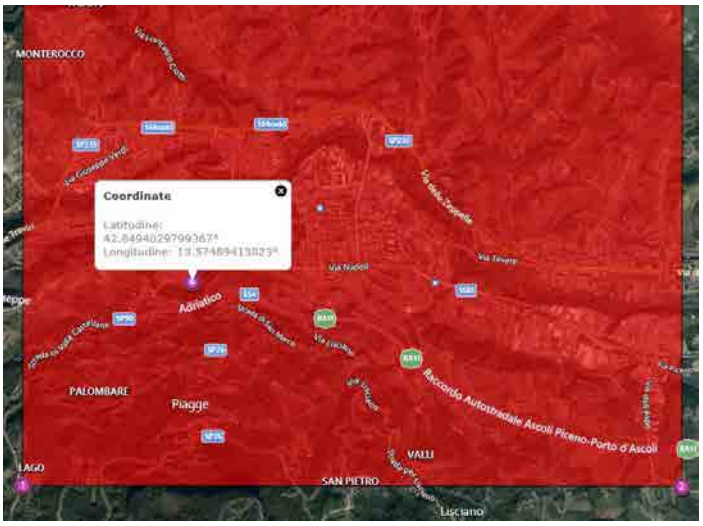
7.5 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La pericolosità sismica di base rappresenta l'elemento fondamentale di conoscenza per la determinazione delle sollecitazioni sismiche sulle costruzioni. Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno
- F0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- Tc* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Di seguito si riporta la pericolosità sismica di base ottenuta tramite software "Geostru PS advanced" (Versione: 2020.12.4.492), software per il calcolo dei parametri sismici secondo le NTC 2018 e 2008 e la Circolare Ministeriale n. 617 del 2 Febbraio 2009. Lo stesso software è integrato con Google Maps (sistemi interattivi per la navigazione nelle mappe) che utilizza un sistema di coordinate WGS84 (World Geodetic System 1984). Il sistema di coordinate del reticolo sismico di riferimento è ED50 (European Datum 1950). PS advanced effettua la conversione automatica dal sistema WGS84 a quello in coordinate ellissoidiche ED50.

Descrizione: PROGETTO "VARIANTE URBANISTICA AL P.R.G. PER LA REALIZZAZIONE DI UNA STRUTTURA COMUNALE DI AGGREGAZIONE SOCIALE IN LUNGO CASTELLANO SISTO V		
Committente:AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI ASCOLI PICENO		
Località: lungo Castellano – Sisto V, Ascoli Piceno (AP)		
Data:	30/03/2022	
Vita nominale (Vn):	50	[anni]
Classe d'uso:	II	
Coefficiente d'uso (Cu):	1	
Periodo di riferimento (Vr):	50	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLO:	30	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLD:	50	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLV:	475	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLC:	975	[anni]
Tipo di interpolazione:	Media ponderata	
Coordinate geografiche del punto		
Latitudine (WGS84):	42.8494034	[°]
Longitudine (WGS84):	13.5748940	[°]
Latitudine (ED50):	42.8503647	[°]
Longitudine (ED50):	13.5758095	[°]



Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	24310	42.834940	13.558290	2231,90
2	24311	42.834890	13.626450	4472,88
3	24089	42.884890	13.626560	5643,27
4	24088	42.884940	13.558360	4099,38

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC08, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1 Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.059	2.486	0.280
SLD	50	0.074	2.458	0.294
SLV	475	0.181	2.480	0.347
SLC	975	0.234	2.520	0.357

Punto 2 Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.057	2.477	0.279
SLD	50	0.072	2.448	0.294
SLV	475	0.179	2.466	0.347
SLC	975	0.231	2.508	0.353

Punto 3 Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.056	2.471	0.277
SLD	50	0.071	2.442	0.293
SLV	475	0.177	2.455	0.345
SLC	975	0.229	2.501	0.349

Punto 4 Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.058	2.483	0.279
SLD	50	0.072	2.456	0.294
SLV	475	0.179	2.468	0.346
SLC	975	0.231	2.509	0.353

Punto d'indagine Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.058	2.481	0.279
SLD	50	0.073	2.453	0.294
SLV	475	0.180	2.470	0.347
SLC	975	0.232	2.511	0.354

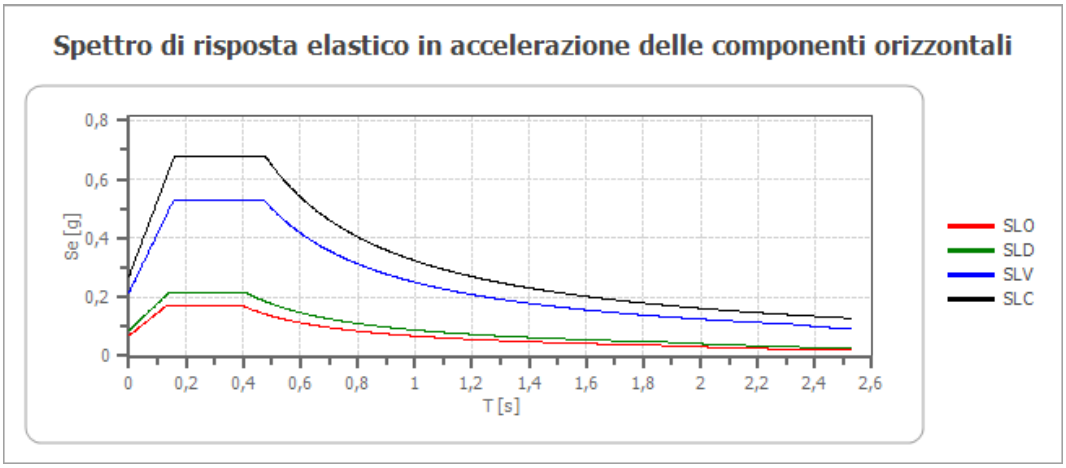
7.6 PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ:	5%
Fattore di alterazione dello spettro elastico η=[10/(5+)ξ]^(1/2):	1,000
Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T4: Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media maggiore di 30°

Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,019	0,024	0,072	0,106
kv	0,010	0,012	0,036	0,053
amax [m/s²]	0,951	1,199	2,962	3,725
Beta	0,200	0,200	0,240	0,280

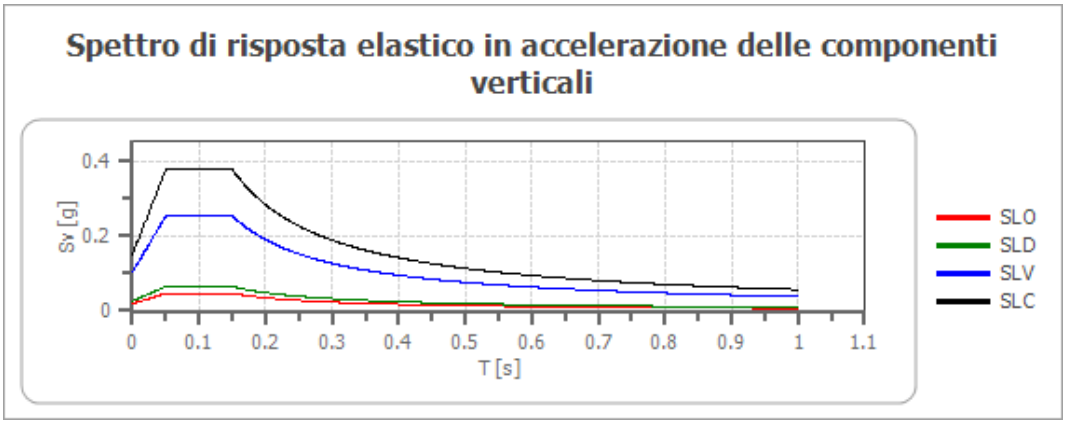
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,058	2,481	0,279	1,200	1,420	1,400	1,680	1,000	0,132	0,396	1,831	0,097	0,241
SLD	1,0	0,073	2,453	0,294	1,200	1,410	1,400	1,680	1,000	0,138	0,414	1,891	0,122	0,300
SLV	1,0	0,180	2,470	0,347	1,200	1,360	1,400	1,680	1,000	0,157	0,472	2,319	0,302	0,746
SLC	1,0	0,232	2,512	0,354	1,170	1,350	1,400	1,638	1,000	0,159	0,478	2,528	0,380	0,954

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ:	5%
Fattore di alterazione dello spettro elastico η=[10/(5+)ξ]^(1/2):	1,000



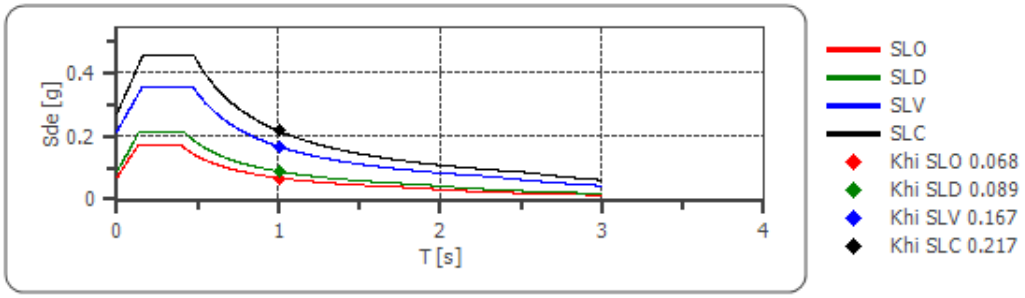
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,058	2,481	0,279	1	1,420	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,026	0,065
SLD	1,0	0,073	2,453	0,294	1	1,410	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,037	0,091
SLV	1,0	0,180	2,470	0,347	1	1,360	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,144	0,356
SLC	1,0	0,232	2,512	0,354	1	1,350	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,211	0,530

Spettro di progetto

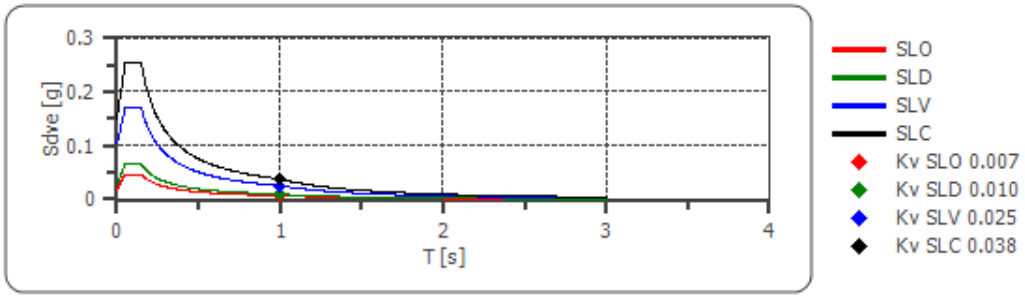
Fattore di struttura spettro orizzontale q::	1,50
Fattore di struttura spettro verticale q:	1,50
Periodo fondamentale T:	1,000 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
khi = Sde(T) Orizzontale [g]	0,095	0,083	0,235	0,304
kv = Sdve(T) Verticale [g]	0,010	0,009	0,036	0,053

Spettro di progetto delle componenti orizzontali



Spettro di progetto delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
SLO orizzontale	1,0	0,058	2,481	0,279	1,200	1,420	1,400	1,680	1,000	0,132	0,396	1,831	0,097	0,241
SLO verticale	1,0	0,058	2,481	0,279	1,200	1,420	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,026	0,065
SLD orizzontale	1,0	0,073	2,453	0,294	1,200	1,410	1,400	1,680	1,500	0,138	0,414	1,891	0,122	0,200
SLD verticale	1,0	0,073	2,453	0,294	1,200	1,410	1,400	1,400	1,500	0,050	0,150	1,000	0,037	0,061
SLV orizzontale	1,0	0,180	2,470	0,347	1,200	1,360	1,400	1,680	1,500	0,157	0,472	2,319	0,302	0,497
SLV verticale	1,0	0,180	2,470	0,347	1,200	1,360	1,400	1,400	1,500	0,050	0,150	1,000	0,144	0,237
SLC orizzontale	1,0	0,232	2,512	0,354	1,170	1,350	1,400	1,638	1,500	0,159	0,478	2,528	0,380	0,636
SLC verticale	1,0	0,232	2,512	0,354	1,170	1,350	1,400	1,400	1,500	0,050	0,150	1,000	0,211	0,353

8. MODELLO GEOTECNICO

8.1 UNITÀ LITOTECNICHE

Dai risultati dell'indagini eseguite, tutte precedentemente descritte, in sito si individuano tre unità litotecniche:

- **Unità – 1 –** COPERTURA, pavimentazione e terreno di riporto storico, spessore circa 5,00m.

- **Unità – 2 –** DEPOSITI ALLUVIONALI, ciottoli e ghiaie in abbondante matrice sabbioso-limosa, spessore circa 2,20m.

- **Unità – 3 -** ASSOCIAZIONE ARENACEA, arenarie stratificate in banchi di spessore, sull'ordine dei decimetri, alternate a livelli marnoso-argillosi, formazione geologica di base dell'area che dalle indagini è collocata a -7,20m dall'attuale piano campagna; spessore indefinito. All'interno della stessa si differenzia la presenza del bed rock sismico (caratterizzato Vs>800m/s) la cui posizione è collocabile a circa -12.00m dal piano campagna come indicato dal picco H/V.

FALDA: a -5,20 m dal piano campagna, i depositi alluvionali si presentano saturi.

Nella figura 8.1 "sezione litotecnica" successivamente allegata si riporta la schematizzazione grafica della sequenza litotecnica ricostruita e sopra elencata.
La ricostruzione è stata ottenuta sulla base della sezione stratigrafica (Figure 6.5 e 6.6, Paragrafo 6.3 "Caratterizzazione stratigrafica di sito" del Capitolo 5 "Modellazione Geologica") con la quale è stata interpolata l'indagine a sismica passiva HVSR e quella attiva MASW.

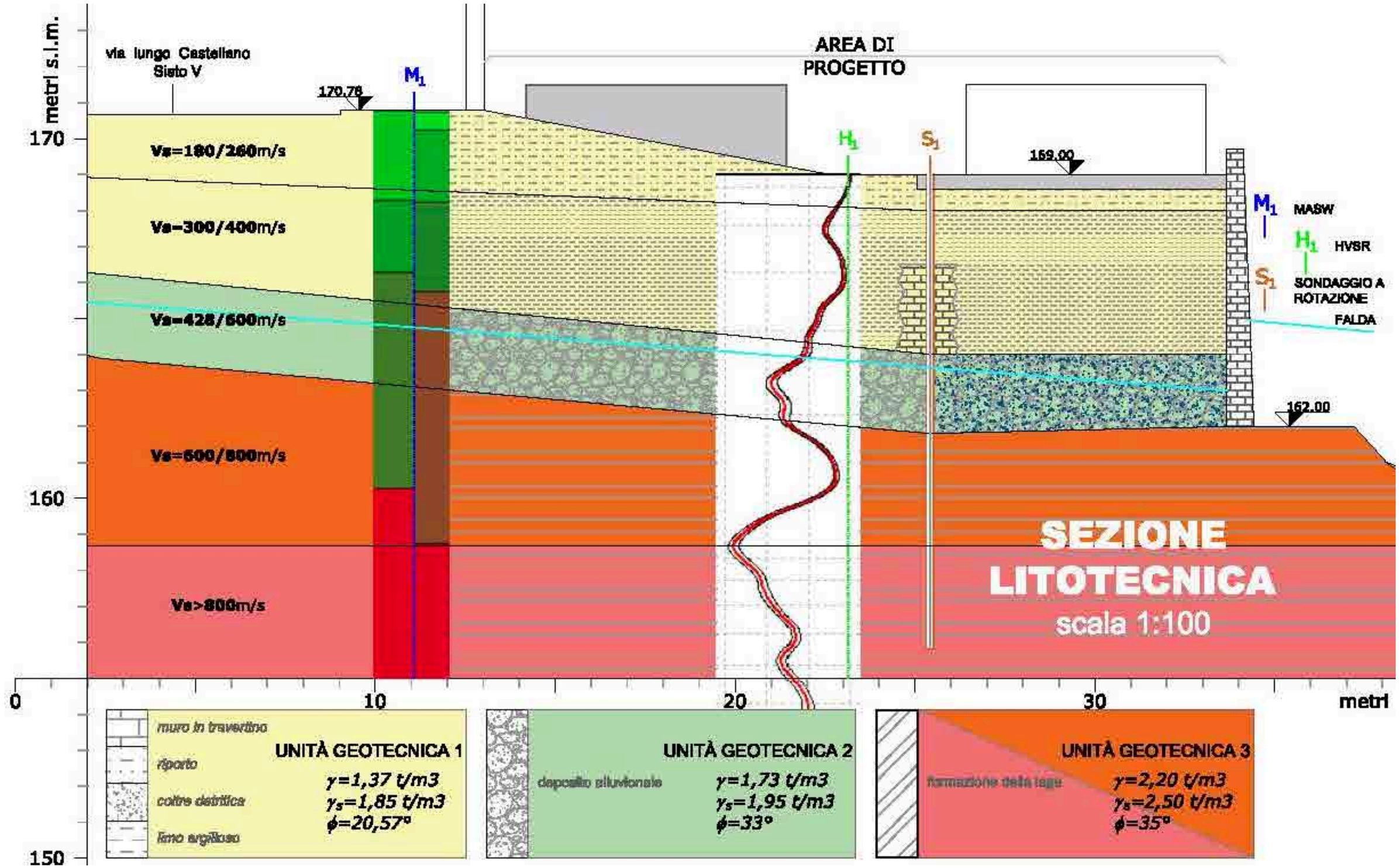


Figura 8.1 – sezione litotecnica.

8.2 PARAMETRI GEOTECNICI MEDI

Sulla base dei risultati reperiti e della prova sismica MASW eseguita, alle unità litotecniche sopra individuate sono stati assegnati parametri fisico tecnici medi calcolati, adeguatamente corretti, agendo comunque sempre in favore della sicurezza; in questo caso essendo a disposizione uno scarso numero di prove i valori medi sono coincidenti con i valori minimi riscontrati.

Quindi di seguito elencati i **valori medi**, stimati, dei parametri geotecnici delle litologie individuate.

Unità geotecnica A – copertura – anche se alterna stratificazioni a comportamento sia coerente sia incoerente è assunta a comportamento prevalentemente incoerente, moderatamente o addensata secondo classificazione AGI.

Parametri Geotecnici Valori medi e Parametri elastici medi u. g. A spessore 4,50m INCOERENTE	Peso di volume	γ	**1,43**	t/m^3
	P. di V. saturo	γ_s	**1,87**	t/m^3
	Angolo d'attrito	ϕ	**21,46**	°
	Per la componente coerente Coesione non drenata	c_u	**-**	Kg/cm^2
	Modulo Edometrico	**Ed**	**46,89**	Kg/cm^2
	Modulo di reazione	K_0	**0,53**	Kg/cm^3
	Velocità onde di taglio	**Vs**	**243**	*m/s*
	Velocità onde di compressione	**Vp**	**643**	*m/s*
	Coefficiente di Poisson	ν	**0,37**	
	Modulo di Young	**E**	**460**	*MPa*
	Modulo di Taglio	**G**	**168**	*MPa*
	Modulo di Bulk	Γ	**581**	*MPa*
	Lamé		**468**	*MPa*

Unità geotecnica B – limi sabbiosi e limi argillosi su ghiaie, ghiaie sabbiose, a comportamento ncoerente, molto addensata secondo classificazione AGI.

Parametri Geotecnici Valori medi e Parametri elastici medi u. g. B spessore 6,50	Peso di volume	γ	**1,89**	t/m^3
	P. di V. saturo	γ_s	**2,21**	t/m^3
	Angolo d'attrito	ϕ	**33,31**	°
	Coesione non drenata	c_u	**-**	Kg/cm^2
	Modulo Edometrico	**Ed**	**246,81**	Kg/cm^2
	Modulo di reazione	K_0	**5,40**	Kg/cm^3
	Velocità onde di taglio	**Vs**	**393**	*m/s*
	Velocità onde di compressione	**Vp**	**733**	*m/s*
	Coefficiente di Poisson	ν	**0,36**	
	Modulo di Young	**E**	**637**	*MPa*
	Modulo di Taglio	**G**	**1640**	*MPa*
	Modulo di Bulk	Γ	**671**	*MPa*
	Lamé		**513**	*MPa*

Unità geotecnica C – associazioni arenacea, arenaceo pelitica (substrato alterato e fratturato) – a comportamento coerente-incoerente, molto addensata secondo classificazione AGI.

Parametri Geotecnici Valori medi e Parametri elastici medi u. g. C spessore idefinito	Peso di volume	γ	**2,20**	t/m^3
	P. di V. saturo	γ_s	**2,50**	t/m^3
	Angolo d'attrito	ϕ	**35**	°
	Coesione non drenata	c_u	**-**	Kg/cm^2
	Modulo Edometrico	**Ed**	**-**	Kg/cm^2
	Modulo di reazione	K_0	**11,93**	Kg/cm^3
	Velocità onde di taglio	**Vs**	**687/810**	*m/s*
	Velocità onde di compressione	**Vp**	**1600/1866**	*m/s*
	Coefficiente di Poisson	ν	**0,31**	
	Modulo di Young	**E**	**3247**	*MPa*

	Modulo di Taglio	***G***	**1195**	*MPa*
	Modulo di Bulk	Γ	**3818**	*MPa*
	Lamé		**3022**	*MPa*

8.3 DETERMINAZIONE DEI VALORI CARATTERISTICI

Nella caratterizzazione geotecnica per assegnare i valori caratteristici dei parametri geotecnici, le NTC2008 e le relative istruzioni non impongono procedure di calcolo dei valori caratteristici dei parametri geotecnici.

In particolare le NTC2008, al par. 6.2.2, recitano:

"Per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato."

Secondo l'Eurocodice 7 e le NTC, i ***valori caratteristici*** $\mathbf{X_k}$ consistono in una stima cautelativa del valore che influenza l'insorgere dello stato limite.

Il § C6.2.2.4 della Circolare illustra chiaramente come tali valori debbano essere scelti. In particolare:

"Nelle valutazioni che il progettista deve svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidezza sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti. Al contrario, valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici appaiono più giustificati nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno, con concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo, o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti a causa della sua insufficiente rigidezza. La scelta di valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei terreni; basti pensare, ad esempio, all'effetto delle discontinuità sul valore operativo della resistenza non drenata. Una migliore approssimazione nella valutazione dei valori caratteristici può essere ottenuta operando le opportune medie dei valori dei parametri geotecnici nell'ambito di piccoli volumi di terreno, quando questi assumano importanza per lo stato limite considerato."

Nel caso in esame, la rigidità della struttura fondale prevista è tale da ottenere compensazione strutturale delle eterogeneità con trasferimento delle sollecitazioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti. Pertanto i valori caratteristici saranno ubicati in prossimità dei valori medi. I valori caratteristici dei parametri sono stati ricavati in base a quanto segue:

- I valori dei parametri geotecnici medi illustrati nelle precedenti tabelle descrivono il comportamento medio della copertura con frazioni sabbioso-limosa variamente addensate con trovante arenacei e del substrato, associazioni arenacea e arenaceo pelitica, alterato e fratturato.
- Il parametro medio è quello che influenza l'insorgere degli SLU e degli SLE nel caso in esame (situazione di compensazione strutturale con sollecitazioni ridistribuite su tutti i membri del reticolo di fondazione).
- Ai parametri ϕ e γ sono stati assegnati coefficienti di variazione ricavati dalla letteratura tecnica (COV=5%).
- Ai moduli di deformazione sono stati assegnati coefficienti di variazione ricavati dalla letteratura tecnica (COV=5%).

Le relazioni applicate sono le seguenti:

Statistica della varianza nota

$$x_k = \bar{x} \pm z_{0.05}\left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right) \approx \bar{x} \pm 1.645\left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right)$$

Dove:
x_k è il valore caratteristico desiderata
x con barra il valore medio (ignoto) della popolazione, ipotizzato essere uguale al valore medio del campione
z è la distribuzione normale standardizzata
σ è la deviazione standard della popolazione

n è la numerosità del campione

Distribuzione condizionata di c' rispetto a ϕ

$$E(C|\Phi = \phi_k) = \mu_c \pm \rho\sigma_c\left(\frac{\phi_k - \mu_\phi}{\sigma_\phi}\right)$$
$$VAR(C|\Phi = \phi_k) = {\sigma_c}^2(1-\rho^2)$$

Dove:

ϕ_k = ϕ caratteristico (in questo caso, 5° percentile della distribuzione del campione)

μ_i è la media di i, dove i=ϕ,c

σ_i è la deviazione standard di i, dove i=ϕ,c

ρ è il coefficiente di correlazione tra ϕ e c

Distribuzione log normale con varianza nota (per il modulo elastico):

$$L_{1-\alpha}(\overline{Y} - S^2) = \overline{Y} + \frac{S^2}{2} \pm z_{(1-\alpha/2)} * \sqrt{\frac{S^2}{n} + \frac{S^4}{2(n-1)}}$$

Dove:

Y con la barra è il valore del dataset con distribuzione log normale

Z è la distribuzione normale standardizzata

T è il valore della distribuzione di studenti a n-1 gradi di libertà

S è la deviazione standard della popolazione

N è il numero dei dati

Nel caso specifico vista il ridotto numero delle indagini eseguite i valori utilizzati sono i valori minimi riscontrati nelle singole prove eseguite, che naturalmente coincideranno con in valori medi e di conseguenza quelli caratteristici.

8.3.1 SINTESI VALORI MEDI, CARATTERISTICI E DI PROGETTO

Per l'unità sopra riscontrata si consiglia di adottare i parametri come appresso definiti

Unità Geotecnica A – COPERTURA- comportamento incoerente, SABBIE LIMOSE e LIMI SABBIOSI, moderatamente addensati (AGI),									
Parametro geotecnico		*Valore medio* X_{medio}		*Valore caratteristico* X_k		*Metodo utilizzato*	*Valore di progetto* M_1		*Valore di progetto* M_2	
Peso di volume	γ	**1,43**	t/m³	**1,435**	t/m³	Statistica della varianza nota, COV= 5%	**1,320**	t/m³	**1,062**	t/m³
Angolo d'attrito	ϕ	**21,46**	°	**21,460**	°	Statistica della varianza nota, COV= 5%	**19,050**	°	**15,240**	°

Unità Geotecnica B – DEPSOITI ALLUVIONALI- comportamento incoerente, addensata (AGI),									
Parametro geotecnico		*Valore medio* X_{medio}		*Valore caratteristico* X_k		*Metodo utilizzato*	*Valore di progetto* M_1		*Valore di progetto* M_2	
Peso di volume	γ	**1,89**	t/m³	**1,890**	t/m³	Statistica della varianza nota, COV= 5%	**1,620**	t/m³	**1,300**	t/m³
Angolo d'attrito	ϕ	**33,31**	°	**33,310**	°	Statistica della varianza nota, COV= 5%	**32,800**	°	**26,430**	°

Unità Geotecnica C – BED ROCK di BASE ALTERATO e FRATTURATO- comportamento incoerente, arenarie, molto addensata (AGI),									
Parametro geotecnico		***Valore medio*** X_{medio}		***Valore caratteristico*** X_k		***Metodo utilizzato***	***Valore di progetto*** M_1		***Valore di progetto*** M_2	
Peso di volume	γ	**2,20**	t/m³	**2,200**	t/m³	Statistica della varianza nota, COV= 5%	**2,200**	t/m³	**1,760**	t/m³
Angolo d'attrito	ϕ	**35,00**	°	**35,00**	°	Statistica della varianza nota, COV= 5%	**35,000**	°	**28,000**	°
A comportamento coerente per le Marne, molto consistente (AGI)										
Coesione	c_u	**1,50**	Kg/cm²	**1,500**	Kg/cm²	Statistica della varianza nota, COV= 5%	**1,500**	Kg/cm²	**1,200**	Kg/cm²

8.4 VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

La verifica alla liquefazione, secondo quanto prescritto nelle NTC18, può essere omessa quando si manifesta almeno una delle seguenti circostanze:

a) eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;

b) accelerazioni massime attese al piano di campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0.1g;

c) profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano di campagna, per piano di campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;

d) depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata (N1)60 >30 oppure qc1N > 180 dove (N1)60 è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100kPa e qc1N è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100kPa;

e) distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura sottostante: (A) caso di terreni con coefficienti di uniformità Uc<3.5 ed in (B) caso di terreni con coefficienti di uniformità Uc>3.5.

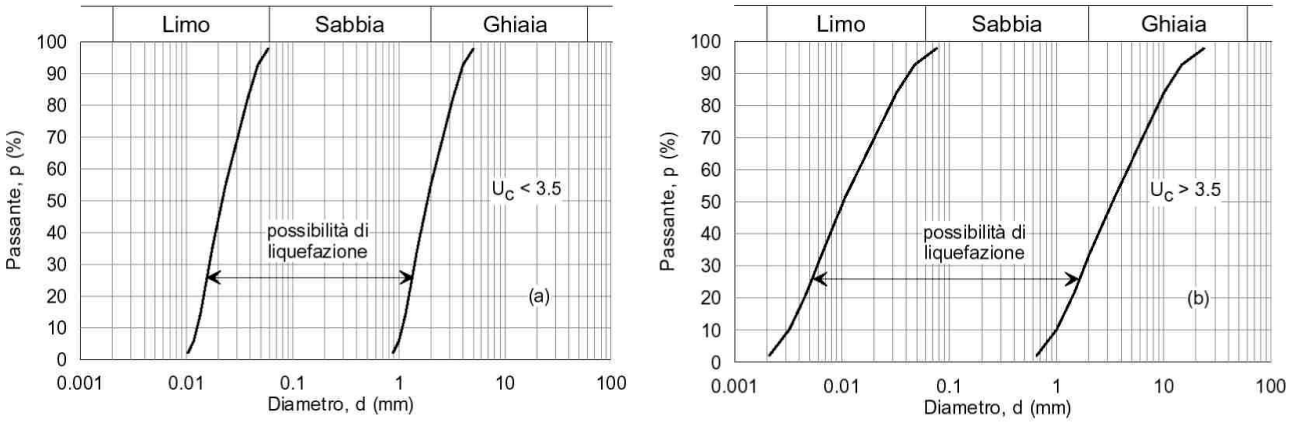


Figura 8.2 - curva granulometrica con coeff. d'uniformità <3.5 (A) e coeff. d'uniformità >3.5 (B).

Per quanto riguarda il caso trattato in considerazione della presenza di una saturazione dei terreni ipotizzata -5.20 m dal piano di campagna all'interno delle ghiaie sabbiose, dato che la distribuzione granulometrica del litotipo su cui verrà fondato l'edificio non rientra nel range dei terreni potenzialmente liquefabili, la verifica alla liquefazione è omessa in quanto non sussistono le condizioni come da punto elenco "e)" precedentemente scritto.

9. PROGETTO

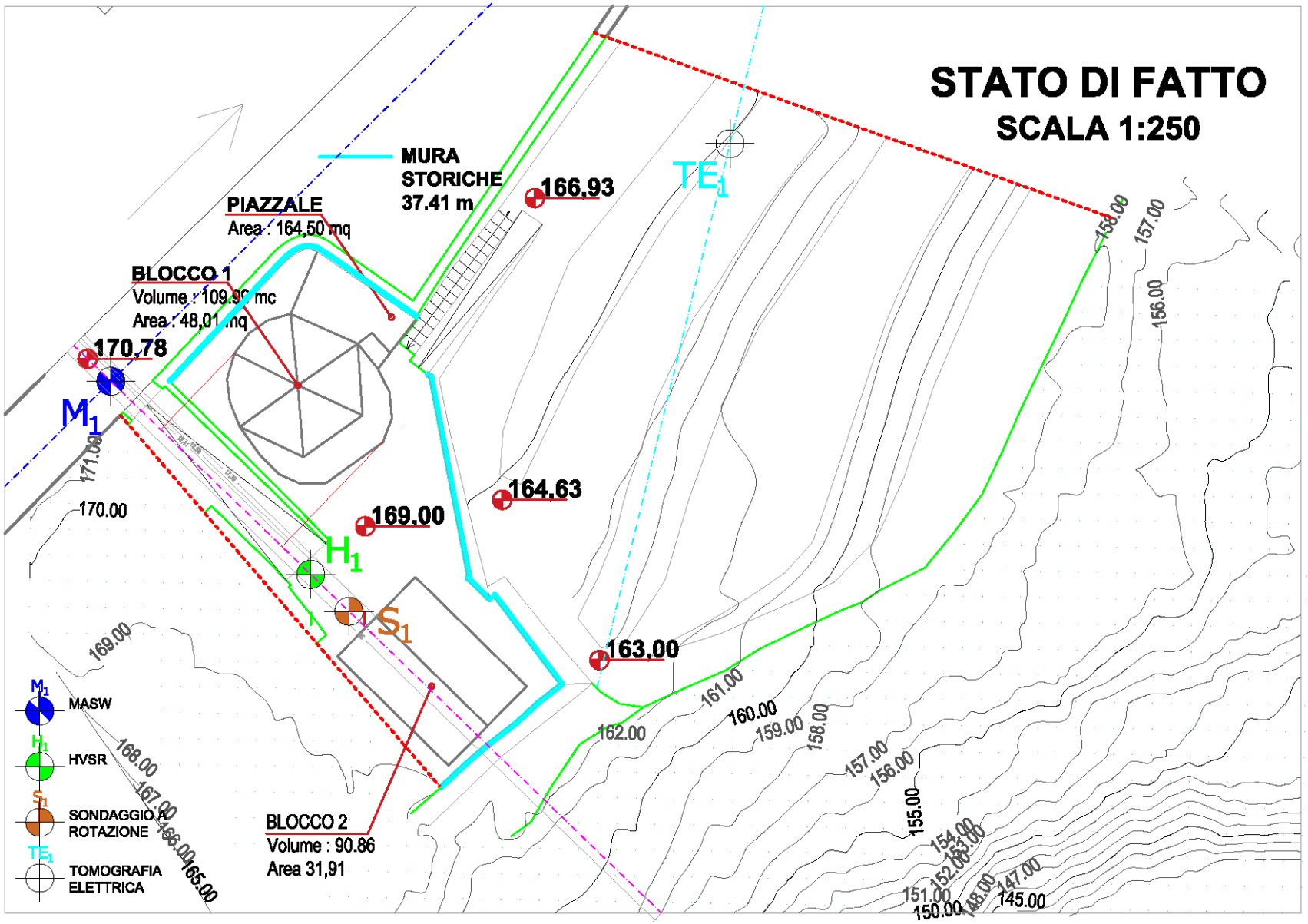
L'intervento in progetto prevede lavori per il recupero dell'area all'oggetto con ristrutturazione dei due edifici presenti e ottimizzazione e fruibilità degli accessi e degli spazi nell'intorno; per i particolari costruttivi e tecnici delle strutture si rimanda agli specifici elaborati di progetto.

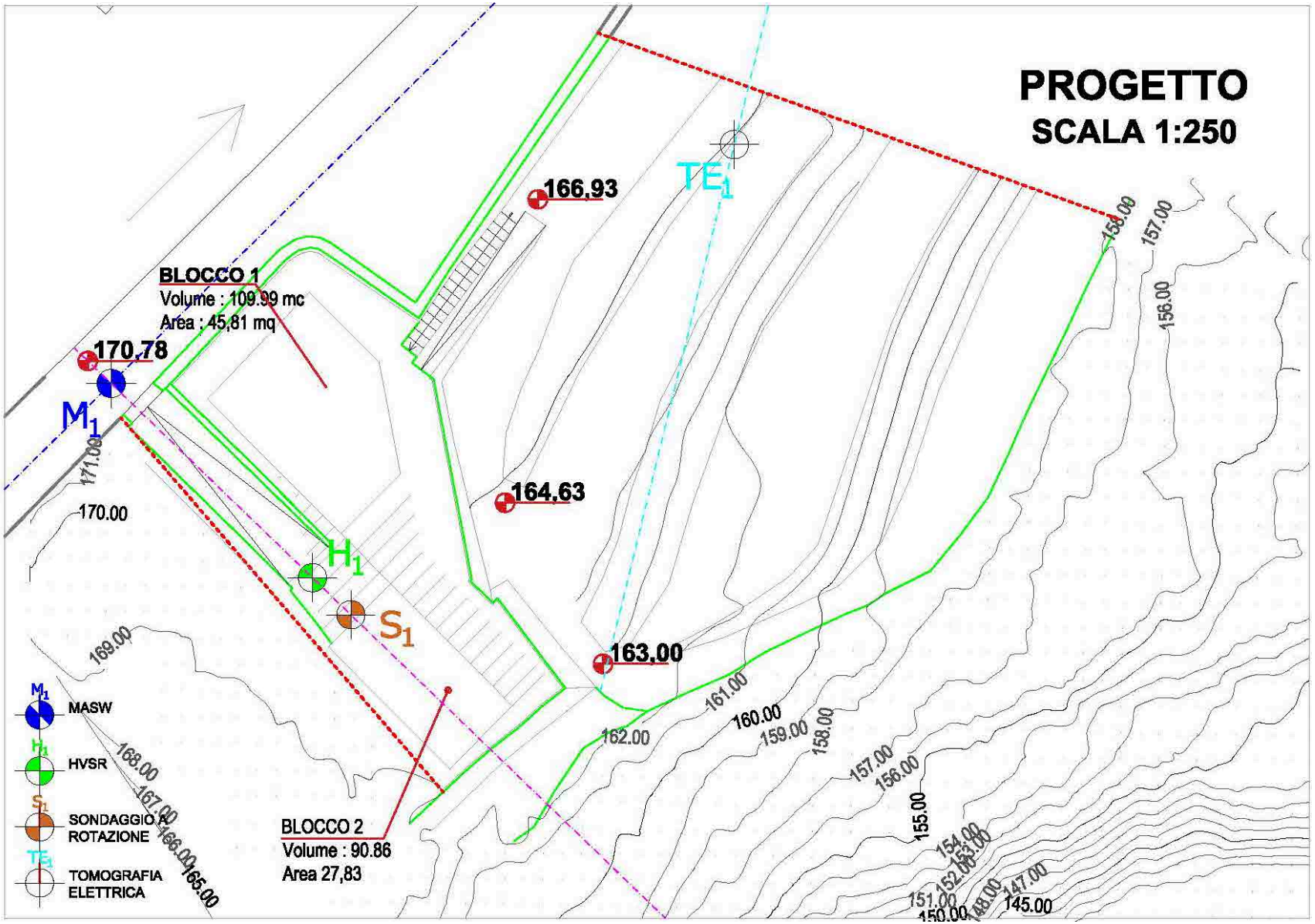
Nelle pagine successive sono riportate le planimetrie "STATO DI FATTO" e "PROGETTO" (entrambe scala 1:250), messe gentilmente a disposizione dallo studio di progettazione dell'Ing. Pierluigi Zampetti, dove sono state riportate l'ubicazione delle indagini eseguite e la traccia della sezione topografica; su quest'ultima sono state ricostruite le precedenti valutazioni stratigrafiche e litotecniche.

10.CONCLUSIONE

In ordine alle risultanze dello studio effettuato e sopra riportato in tutte le sue componenti geologiche, geomorfologiche, idrologiche, sismiche e geotecniche, è possibile rilevare che non ci sono problematiche specifiche o tali che possano inficiare le opere in progetto a breve termine.

Nello specifico delle strutture esistenti, visti i risultati dell'indagine condotta, si fa presente che le fondazioni del muro presente a valle si presumono appoggiate direttamente sull'unità geotecnica n.3.


STATO DI FATTO
SCALA 1:250
MURA STORICHE 37.41 m
PIAZZALE
Area : 164,50 mq
BLOCCO 1
Volume : 109.90 mc
Area : 48,01 mq
BLOCCO 2
Volume : 90.86
Area 31,91
166,93
164,63
163,00
170,78
169,00
M1
H1
S1
TE1
MASW
HVSR
SONDAGGIO A ROTAZIONE
TOMOGRAFIA ELETTRICA


PROGETTO
SCALA 1:250
BLOCCO 1
Volume : 109.99 mc
Area : 45,81 mq
BLOCCO 2
Volume : 90.86
Area 27,83
166,93
164,63
163,00
170,78
M1
H1
S1
TE1
MASW
HVSR
SONDAGGIO A ROTAZIONE
TOMOGRAFIA ELETTRICA

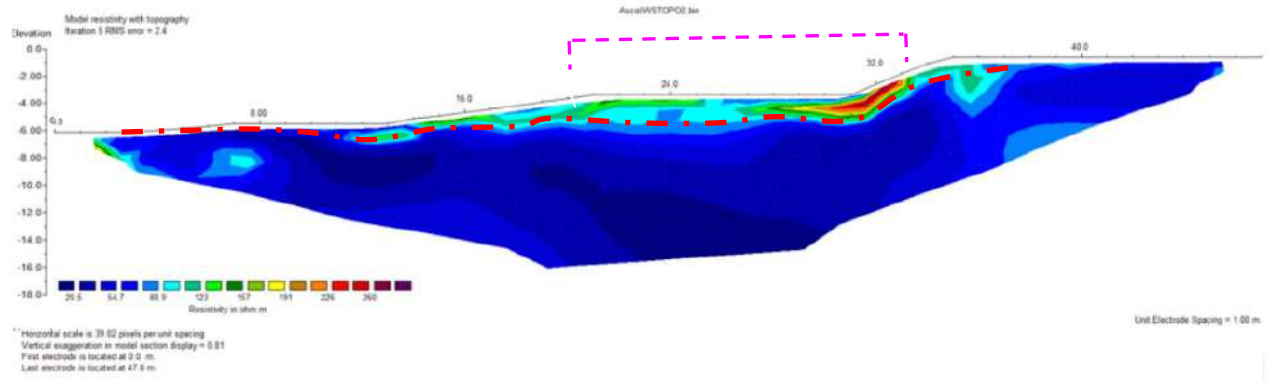
Per quanto riguarda il manufatto sepolto vista la regolarità delle carote di travertino estratte che sembrano ricondurre ai vicini conci di epoca romana, lasciano ipotizzare la presenza di una struttura muraria preesistente; quest'ultima, a differenza del muro di valle più recente, risulta fondata nell'unità geotecnica n.2 (depositi alluvionali); dove probabilmente sono ancorate le fondazioni della cinta muraria di epoca romana a ridosso della strada via lungo Castellano Sisto V.

Allo stato attuale sulle strutture esistenti non sono stati rinvenuti segni o indizi che possano far presumere a cedimenti in fondazione in atto; esiste comunque un degrado evidente di vetustà con presenza a luoghi di disconnessioni di alcuni conci murari nella parte bassa a valle; motivo quest'ultimo per il quale si consiglia una specifica analisi per la valutazione di eventuali consolidamenti e/o singole riprese ancorandone la fondazione al l'unità geotecnica n.3 di base.

Qualora si ritenessero necessarie nuove fondazioni per la ristrutturazione dei manufatti del circolo anziani, vista le possibili variazioni laterali in discontinuità stratigrafica delle unità geotecniche n.1 e n.2, è consigliabile ancorare le nuove fondazioni nell'unità geotecnica n.3 (associazioni arenacee della formazione), in quanto garantiscono la continuità stratigrafica in tutte le direzioni.

Nella sistemazione dei luoghi si raccomanda in ogni caso di prevedere tra le opere la realizzazione di ottime vie di drenaggio e captazione delle acque di scolo superficiale dai manufatti e sull'area d'interesse, di provvedere al loro allontanamento e/o al prolungamento degli scarichi di ogni tipo in luoghi più idonei, in modo che le stesse acque non possano andare ad interagire né con le strutture di fondazioni dell'opere in progetto/esistenti né con il substrato di fondazione.

Relativamente all'indagine di tomografia elettrica TE_1 i suoi risultati non evidenziano indizi riconducibili a strutture sepolte e nello stesso tempo confermano la ricostruzione stratigrafica proposta: in figura successiva la linea rossa tratto-punto indica l'andamento del substrato geologico di base, cioè le associazione arenacee della formazione della Laga a cui si associano valori di bassa resistività (zonazioni blu); al disopra i depositi di copertura (zonizzazioni azzurre, verde gialle e rosse), caratterizzate da uno spessore minimo sull'ordine di qualche decina di centimetri ad un massimo di 1/2m nella zona compresa nella linea magenta, dove le zonizzazioni tendenti al rosso (alta resistività) sono probabilmente dovute ai clasti di ciottoli e ghiaie dei depositi alluvionali, a cui spesso sono riconducibili tali comportamenti.



Si rimane a disposizione per eventuali variazioni delle scelte progettuali al fine di poter effettuare appropriate valutazioni di natura geologica e geotecnica.

Ascoli Piceno, 31 maggio 2022

Geologo Specialista

Dott. Oreste Schiavoni