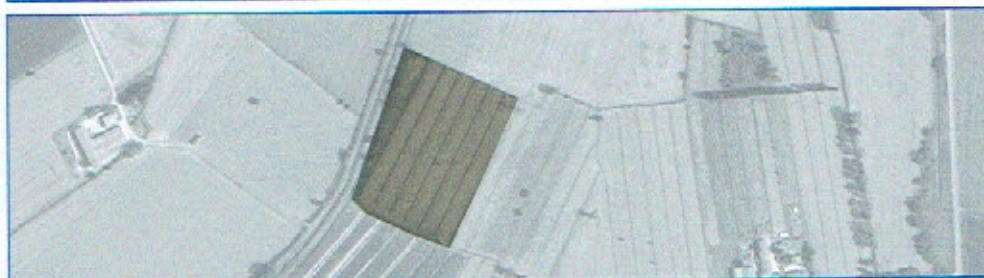


COMUNE DI TREVI PROVINCIA DI PERUGIA

Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica, studio di
microzonazione sismica e di compatibilità idraulica per la
realizzazione di un crossodromo

Procedura SUAP DLGS n. 112/98 DPR 160/2010 - DLGS 59/2010



Committente: Gasperini Sandro, Giacomo e Augusto

Località: Morella

Febbraio 2015

Il geologo:

Dott.ssa Geol. Paola Baronci



INDICE

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

PREMESSA

ASPETTI GEOMORFOLOGICI

ASPETTI GEOLOGICI E LITOLOGICI

ASPETTI IDROGEOLOGICI

ASPETTI IDROLOGICI

INTERVENTI DI MITIGAZIONE PREVISTI

SUCCESSIONE LITOSTRATIGRAFICA LOCALE E

INDAGINI

RICOSTRUZIONE STRATIGRAFICA DEL

SOTTOSUOLO E PARAMETRI FISICOMECCANICI DEI

TERRENI

SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE

MICROZONAZIONE SISMICA

CARATTERIZZAZIONE TETTONICA E SISMICA DEL SITO

INDIVIDUAZIONE DELLA ZONA SISMOGENETICA

MAPPA DELLE ZONE SISMOGENETICHE ED ANALISI DI

PERICOLOSITA' SISMICA CON APPROCCIO PROBABILISTICO

SISMICITA' STORICA

ANALISI DEL DISTRETTO SISMICO E DELLE FAGLIE PRESENTI

PARAMETRI DI DISAGGREGAZIONE

STIMA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA

ANALISI DELLA CAMPAGNA GEOGNOSTICA E DELLE INDAGINI

ESEGUITE

DETERMINAZIONE DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE

ELABORATI CARTOGRAFICI

MODALITA' DI REALIZZAZIONE DELLE CARTE

CONCLUSIONI

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Art. 89 del D.P.R. 380/2001: Parere sugli strumenti urbanistici (legge 3 febbraio 1974, n. 64, art. 13).
- L.R. 1/2004 (art. 4 comma 4)
- L.R. 11/2005 (art. 24 commi 9-11 e art. 37 comma 3)
- Per lo studio di Microzonazione sismica a supporto del P.A.: - - O.P.C.M. 3274/2003
- Delib. G.R. n° 852/2003
- Delib. G.R. n° 1700/2003 (cfr. Allegato B: edifici rilevanti...)
- L.R. 11/2005 (art. 24 comma 9)
- O.P.C.M. 3519/2006
- NTC08 - D.M. 14.01.2008
- Linee guida del DPC-seit. 2008 (punto 1.6.3.3 "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica")
- Delib. G.R. n° 377/2010 (Criteri per l'esecuzione degli studi di microzonazione sismica - Punti 5 e 6)

PREMESSA

La presente relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e studio di microzonazione sismica e di compatibilità idraulica è stata redatta, su incarico dei Sig.ri Gasperini Augusto e

Giacomo, per la realizzazione di un crossodromo (procedura SUAP DLGS n. 112/98 DPR 160/2010 - DLGS 59/2010) in loc. Morella, nella zona meridionale del Comune di Trevi.

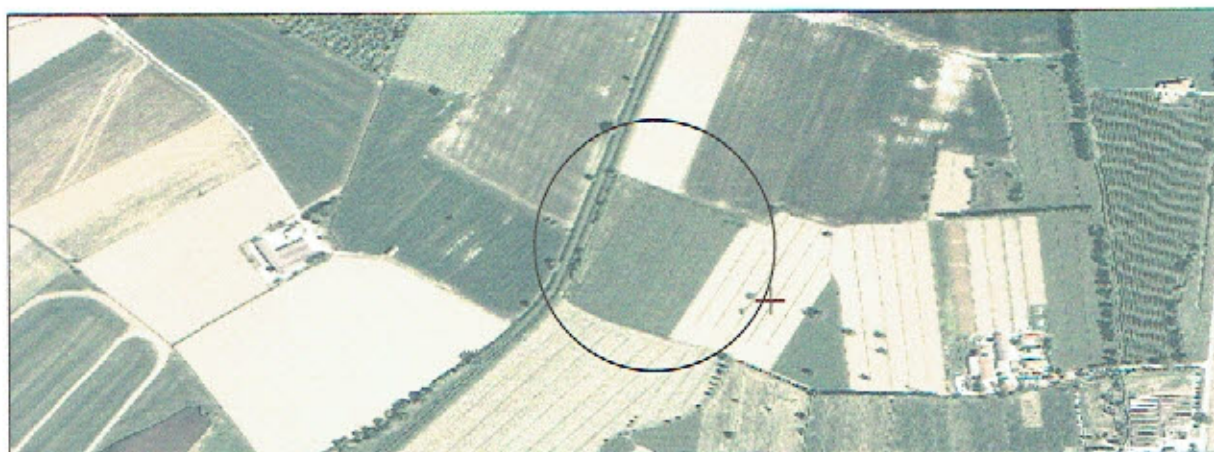
Lo Studio in oggetto, è condotto in ottemperanza della normativa vigente, ovvero delle norme tecniche di attuazione (D.C.C. n. 6 del 26/10/2010) del P.R.G. parte strutturale, in particolare dell'Art. 42 "Disciplina degli ambiti del rischio idraulico", e delle norme in materia di bonifica redatte dal Consorzio della Bonificazione Umbra.

Nelle citate normative, è indicato che "lo scopo fondamentale dello Studio è quello di far sì che le variazioni urbanistiche, sin dalla fase della loro formazione, tengano conto dell'attitudine dei luoghi ad accogliere la nuova edificazione e le opere di trasformazione, considerando le interferenze che queste hanno con i dissesti idraulici presenti o potenziali, nonché le possibili alterazioni del regime idraulico che le nuove destinazioni e trasformazioni d'uso del suolo possono venire a determinare. In sintesi, lo studio idraulico deve verificare l'ammissibilità delle previsioni contenute nello strumento urbanistico, prospettando soluzioni corrette dal punto di vista dell'assetto idraulico del territorio".

L'area d'intervento ricade topograficamente nella tavoletta "Trevi" del Foglio n. 131 della Carta d'Italia.

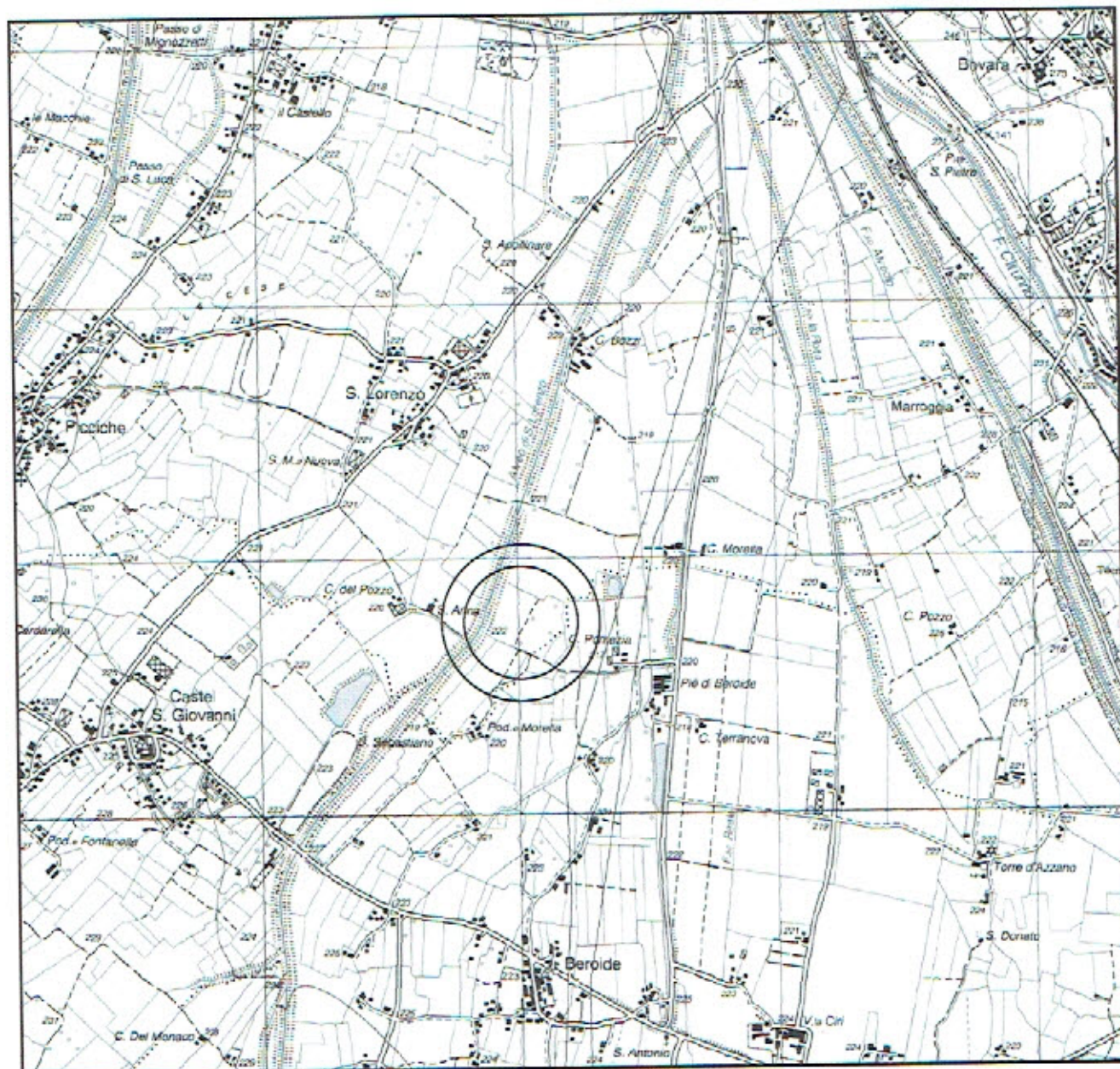
Catastralmente il lotto di terreno, interessato dall'intervento, risulta censito alle particelle nn. 111, 112, 70 del Foglio n. 55 del N.C.T. del Comune di Trevi.

Per quanto riguarda gli studi di microzonazione sismica è stato fatto riferimento agli indirizzi e criteri secondo le indicazioni della Commissione tecnica di cui all'articolo 5, commi 7 e 8 dell'OPCM n. 3907/10.



Ortofoto AGEA 2011

UBICAZIONE DELL'AREA SCALA 1:25.000



Inquadrimento generale dell'area:

Località: Morella

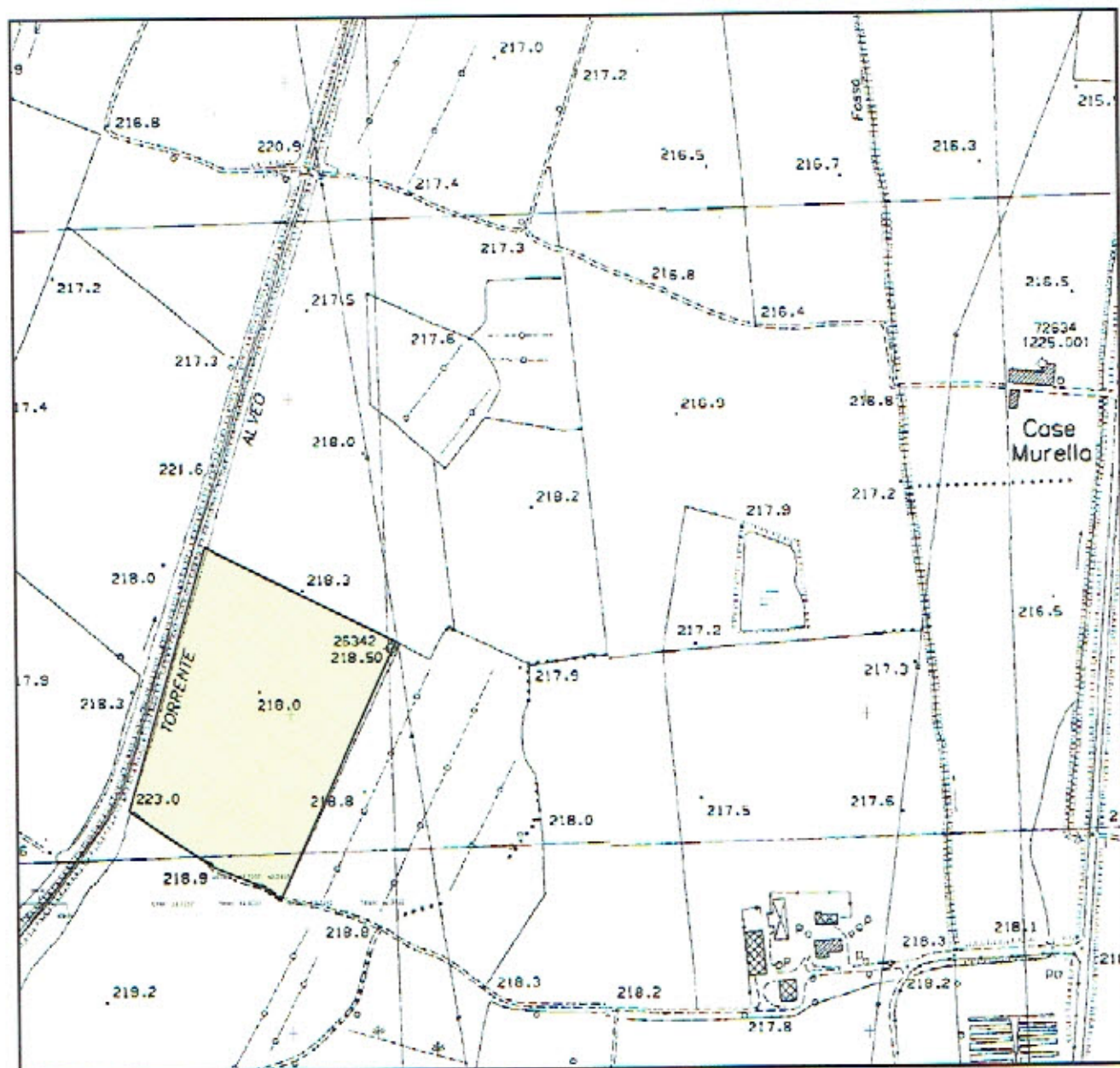
Comune: Trevi

Foglio I.G.M.: n. 131

Tavoletta: "Trevi" I S.O.



CARTA TECNICA REGIONALE SCALA 1:5.000



Foglio 324100

Appartenenza al Lotto 13

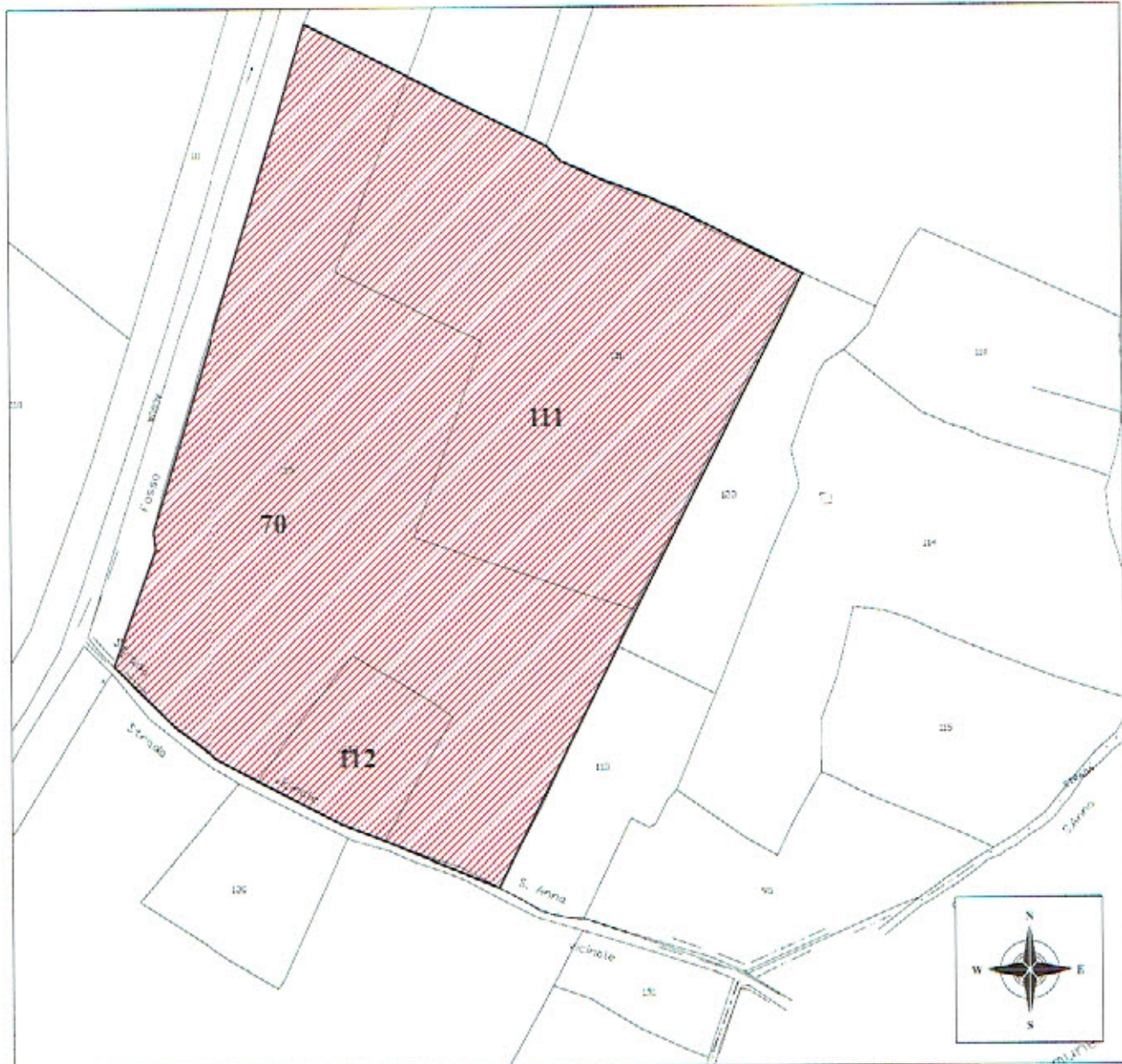
Data del Volo ANNO 1985

Data Edizione ANNO 1993

Struttura Responsabile Sezione Geografia del Territorio del Servizio Informativo Territoriale



RIFERIMENTI CATASTALI



N.C.T. del Comune di Trevi

Particelle nn. 111, 112 e 70 Foglio n. 55

ASPETTI GEOMORFOLOGICI

L'area oggetto della presente indagine si trova a 218 metri s.l.m., e s'inserisce nella porzione centrale della Valle Umbra.

La valle, corrispondente ad una depressione intramontana di origine tettonica, è riempita da sedimenti lacustri e fluvio-palustri attualmente nascosti sotto ai depositi alluvionali recenti. Di conseguenza la morfologia è essenzialmente pianeggiante.

La direzione di scorrimento dei numerosi fossi ed acquedotti campestri, nonché l'analisi cartografica, rivelano una debole pendenza settentrionale altrimenti impercettibile.

Le caratteristiche litologiche, strettamente legate alla morfologia pianeggiante dell'area, rivelano la prevalenza di depositi limosi con intercalazioni argillose, associabili alle recenti fasi lacustri e palustri.

Attualmente tutta la zona, compresa l'area d'intervento, risulta utilizzata a fini agricoli.



Foto panoramica dell'area in oggetto

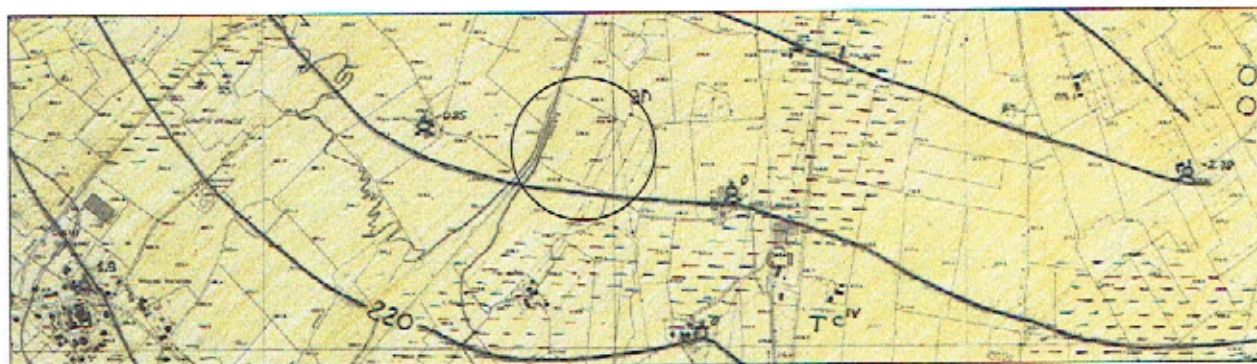
ASPETTI GEOLOGICI E LITOLOGICI

In un tale contesto litostratigrafico non sono rare le interdigitazioni laterali tra materiali a diversa granulometria, anche nel raggio di poche decine di metri, con materiali associabili a depositi di antichi paleovalvei fluviali.

Per quanto riguarda le caratteristiche litologiche, la tipologia

dei terreni affioranti e la loro distribuzione areale permettono di associare i sedimenti presenti a depositi fluvio-palustri, che generalmente si presentano in facies argillo-limosa e/o limo-sabbiosa.

Infatti, al disotto del terreno agrario, si rinvenivano depositi limosi argillosi, associabili ad una sedimentazione relativamente recente di medio-bassa energia.

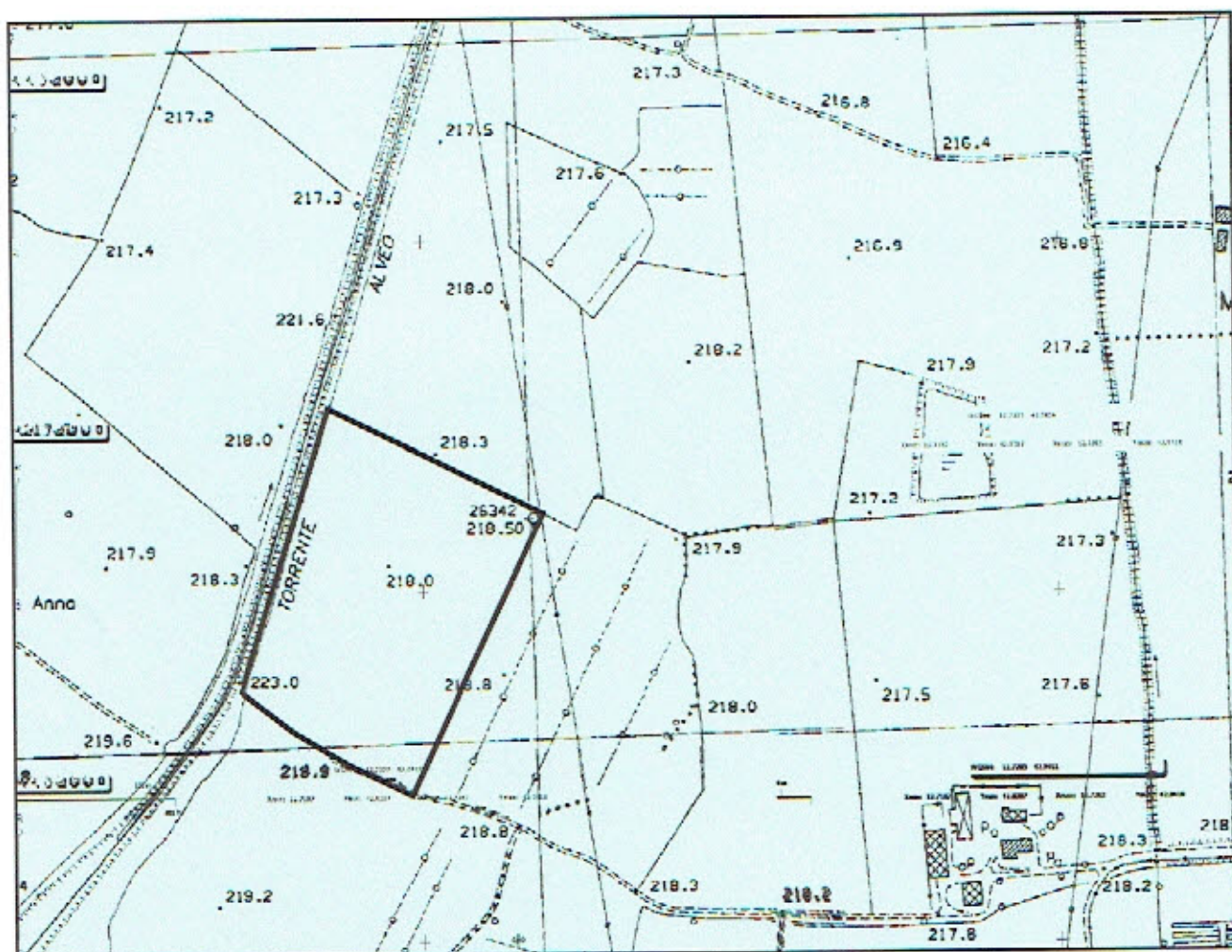


Stralcio della Carta geologica della Regione Umbria. Nel sito in esame si rinvenivano sedimenti lacustri, fluvio-lacustri e/o palustri.


CARTA GEOLOGICA

STRALCIO TRATTO DALLA CARTA GEOLOGICA DELLA REGIONE UMBRIA,
DIREZIONE AMBIENTE TERRITORIO E INFRASTRUTTURE SERVIZIO GEOLOGICO E SISMICO

SCALA 1:5.000



LEGENDA

 Depositi alluvionali continentali quaternari (pleistocene-olocene)



ASPETTI IDROGEOLOGICI

Il presente studio ha evidenziato come nell'area esaminata siano presenti opere di captazione, che hanno permesso di acquisire dati sufficienti per la definizione del quadro idrogeologico locale.

I dati rilevati hanno evidenziato come nelle opere censite nella zona, che captano la falda acquifera superficiale, il livello idrostatico relativo si attesta ad una profondità di circa un metro dal piano di campagna.

Tale falda risulta direttamente alimentata dagli apporti meteorici.

La ricostruzione delle curve isopiezometriche evidenzia un possibile asse apparente del flusso idrico sotterraneo disposto con asse all'incirca N-E.

ASPETTI IDROLOGICI

La zona in esame si va ad inserire in un'area, sostanzialmente pianeggiante, densamente percorsa da fossi e fiumi.

Come precedentemente accennato, nella morfologia superficiale si individua una leggera pendenza settentrionale che favorisce il deflusso idrico superficiale attraverso i fossi ed acquai campestri che provvedono, in regimi normali, all'allontanamento delle acque meteoriche evitando ristagni idrici.

Il corso idrico principale risulta costituito dal Torrente Alveo di S. Lorenzo, il cui alveo è adiacente al sito in esame e scorre entro alte arginature che proteggono i luoghi da possibili esondazioni in condizioni meteorologiche normali.



Il torrente Alveo S. Lorenzo, insieme ai torrenti Tatarena, Ruicciano e Cocugno, apporta alla valle il contributo dei monti Martani e delle loro colline pedemontane, procurando

un importante e significativo contributo, alla portata del collettore principale della valle, il torrente Marroggia-Teverone-Timia.

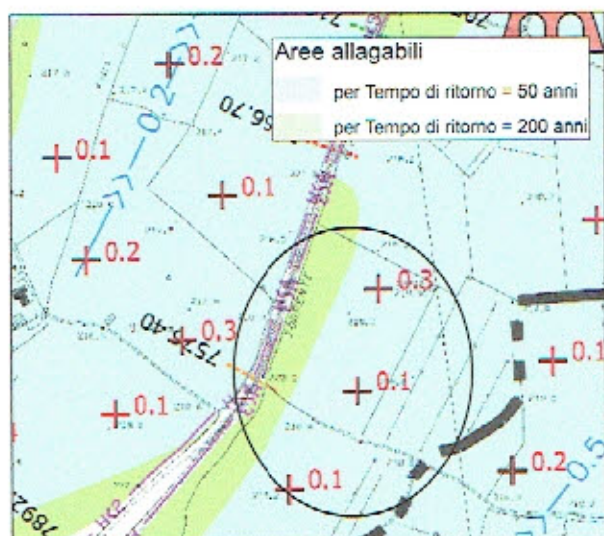
Tra la fine del XIX e gli inizi del XX secolo furono portati a termine numerosi lavori di sistemazione idraulica sia nel bacino del Topino, dove nel frattempo era sorto il Consorzio idraulico del fiume Topino (1842), sia in quello del Marroggia, sotto il governo del Consorzio della Bonificazione Umbra (1879). Tutti i lavori realizzati in quegli anni non diedero comunque una sicurezza idraulica assoluta e anche il XX secolo fu caratterizzato da numerosi eventi alluvionali in cui il T. Alveo di S. Lorenzo risultò coinvolto rispettivamente nel 1935, nel 1937, nel 1965 e nel 1998.

In seguito ai danni provocati dagli eventi alluvionali accaduti nell'ottobre 1998 venne elaborato un progetto preliminare di sistemazione idraulica dei bacini del torrente: *"Progetto preliminare generale di sistemazione idraulica del bacino del T. Alveo di San Lorenzo"*, ilDeA, CBU, 2001.

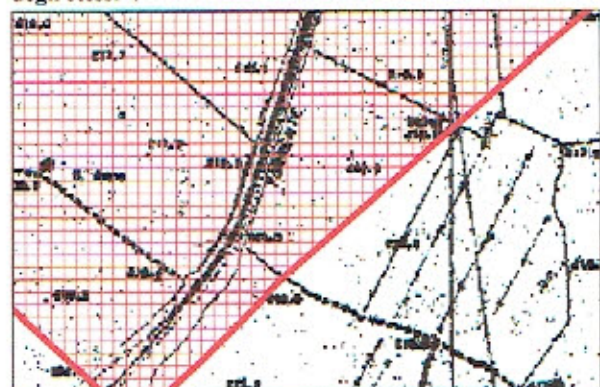
Tali progetti di sistemazione idraulica di interesse territoriale sono basati essenzialmente su criteri di adeguamento delle sezioni idrauliche e delle infrastrutture interferenti a prefissate portate di criticità definite per l'alveo unitamente ad un razionale confinamento dei volumi extra-alveo in aree storicamente già soggettive agli stessi in forma naturale e quindi incontrollata.

La redazione delle "Mappe di pericolosità e rischio idraulico nel bacino del Fiume Topino e del Torrente Marroggia", 1° e 2° Lotto Funzionale (C.B.U., 2004 - 2008), ha confermato le analisi degli scenari di allagabilità contenuti nelle suddette progettazioni e, pertanto, le rende attuali in termini di interventi strutturali proponibili, diretti e indiretti, realizzabili per la difesa dagli eventi alluvionali con tempi di ritorno fino a 200 anni.

Le Carte di pericolosità e rischio idraulico nel bacino del F. Topino e del T. Marroggia, redatte dalla Regione dell'Umbria e dal Consorzio di Bonificazione Umbra, inseriscono l'area tra quelle a **rischio esondazione con tempi di ritorno di 50 e 200 anni, con coefficiente di deflusso pari a 0,5 m/s e tirante idrico compreso tra 0,1 e 0,3 m.**



Nell'atlante delle situazioni di rischio idraulico (reticolo secondario e minore) redatte dall'Autorità di bacino del F. Tevere l'area ricade in parte nella fascia R4 per la quale "è consentita altresì la realizzazione di attrezzature ed impianti sportivi e ricreativi all'aperto con possibilità di realizzazione di modesti manufatti accessori a servizio degli stessi".



Stralcio della carta del P.A.I. "atlante delle situazioni di rischio idraulico (reticolo secondario e minore)"

INTERVENTI DI MITIGAZIONE PREVISTI

Per quanto riguarda il bacino dell'Alveo di S. Lorenzo, la soluzione progettuale prevista dal Consorzio di Bonificazione Umbra consiste in:

- aumento della capacità di deflusso (riprofilature longitudinali e trasversali e rimozione/rifacimento di attraversamenti di luce insufficiente) per TR=5+20 anni, consolidamento arginale del torrente, e limitazione delle portate immesse (TR=20 anni);
- interventi diffusi e puntuali di rinaturalizzazione e valorizzazione ambientale;
- introduzione dell'applicazione del vincolo d'uso del territorio soggetto a pericolosità idraulica ed indennizzo dei danni invece dell'espropriazione;
- sperimentazione di tecniche strutturali e biologiche per la limitazione delle escavazioni animali degli argini;

- laminazione in loc. S. Anna delle portate e dei volumi di piena con tempo di ritorno fino a 20 anni, tramite ampliamento ed adeguamento idraulico ed ambientale dell'attuale campo di deposito;

- laminazione per inondazione controllata delle portate di piena con tempo di ritorno maggiore di 20+200 anni, tramite realizzazione di soglie sfioranti e piccoli rilevati perimetrali di contenimento delle acque.

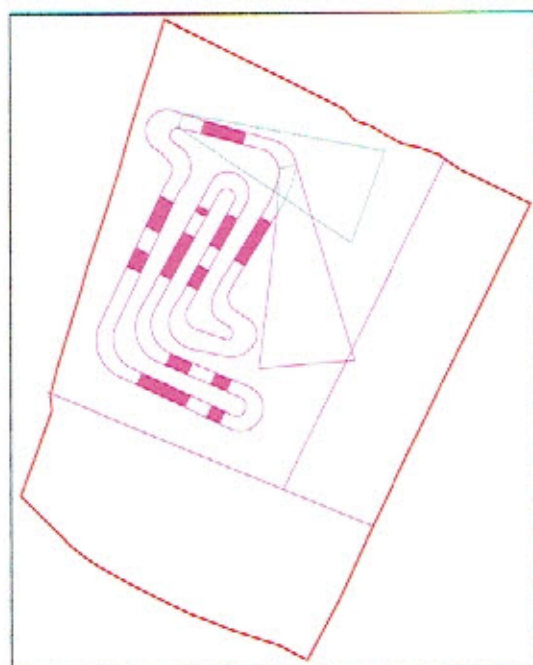
Per quanto riguarda gli interventi sul torrente Alveo di S. Lorenzo, il progetto preliminare prevede una serie di aree ad inondazione controllata.

Tra gli interventi proposti c'è la completa ricostruzione dell'argine, ed il potenziamento e l'adeguamento delle strutture arginali attraverso ampliamenti e/o sovralti.

Tratto Interessato	Comune	Descrizione Intervento	Lato	Longhezza (m)
tra Castel San Giovanni e Cannara	Trevi	Rifacimento strutturale argine	SN	1115
			DS	1105
		Rifacimento strutturale argine	SN	2040
			DS	1950
		Potenziamento e/o sovralti	DS	1230
			DS	350
			SN	690
			SN	1660

Altri interventi sono finalizzati alla protezione contro l'indebolimento degli argini da parte della fauna stanziale.

Per quanto riguarda il problema legato allo smaltimento delle acque meteoriche si precisa che l'intervento in progetto non costituirà ostacolo all'assimilazione delle stesse da parte del terreno, in quanto i cumuli previsti per la realizzazione della pista da cross (evidenziati in rosa) non avranno una permeabilità inferiore ai terreni già presenti in situ.



Schema di massima delle aree con cumuli di riporto di terreno per i rilevati della pista da cross

I rilevati saranno di modeste dimensioni e non costituiranno, quindi, significativo ostacolo al libero deflusso delle acque. In quanto semplici riporti di terreno non produrranno, inoltre, alcun tipo di materiale galleggiante che possa comportare ingombro durante gli eventi di piena.

Si precisa, inoltre, che i rilevati che nel progetto sono destinati ad ospitare le gradinate non costituiranno un corpo continuo, ma sono state previste delle interruzioni con la funzione di corridoi di deflusso.

Nella carta delle sezioni d'alveo sono riportate in planimetria le sezioni tra le quali le seguenti vengono assunte come riferimento la sezione n. 3597.897 e la sezione n. 3764.921.



Stralcio della carta delle sezioni d'alveo

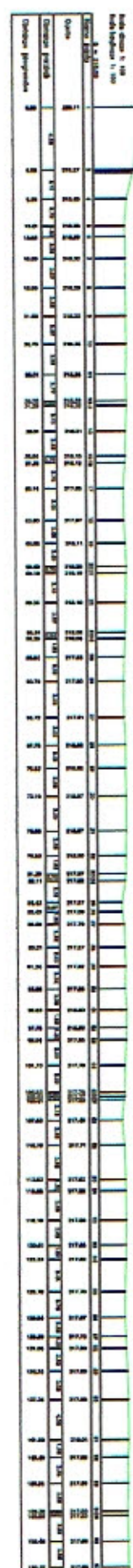
Il punto quotato preso come riferimento quale punto rappresentativo medio per il lotto in esame è stato tratto dalla carta delle fasce fluviali di rischio precedentemente riportata, e corrisponde alla quota di 218,0 m s.l.m..

Ta seguente tabella mostra come la quota massima raggiungibile per tempi di ritorno di 200 anni corrisponda al valore di 218,51 m s.l.m..

COD_SEZ_R	WS E 20	EG E 200
FOFTR_DX1-01_03764.92	218,51	218,51
FOFTR_DX1-01_03597.90	217,95	217,96

Di conseguenza le zone del lotto che si vorranno proteggere da fenomeni di esondazione dovranno essere rialzate di almeno 0,7 m dal p.c. onde garantire un franco minimo di sicurezza di almeno 0,2 m.

SEZIONE 3597.897



SEZIONE 3764.921



SUCCESSIONE LITOSTRATIGRAFICA LOCALE E INDAGINI

Per quanto riguarda la campagna di nuove indagini, previste per gli studi di microzonazione sismica di secondo livello, in base ad una valutazione delle problematiche geologiche della zona, è stato effettuato un profilo sismico Masw in onde di Rayleigh e un'indagine HVSR (microtremori, registrazione di rumore di fondo).

Non sono state realizzate ulteriori indagini di tipo diretto in quanto il progetto del crossodromo non prevede la realizzazione di strutture fisse.

Tutti gli elaborati sono stati effettuati seguendo le indicazioni fornite da: "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica" della Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento della Protezione Civile (Gruppo di lavoro MS, 2008. Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica. Conferenza delle Regioni e delle Province autonome - Dipartimento della protezione civile, Roma, 3 vol. e Dvd.).

RICOSTRUZIONE STRATIGRAFICA DEL SOTTOSUOLO E PARAMETRI FISICOMECCANICI DEI TERRENI

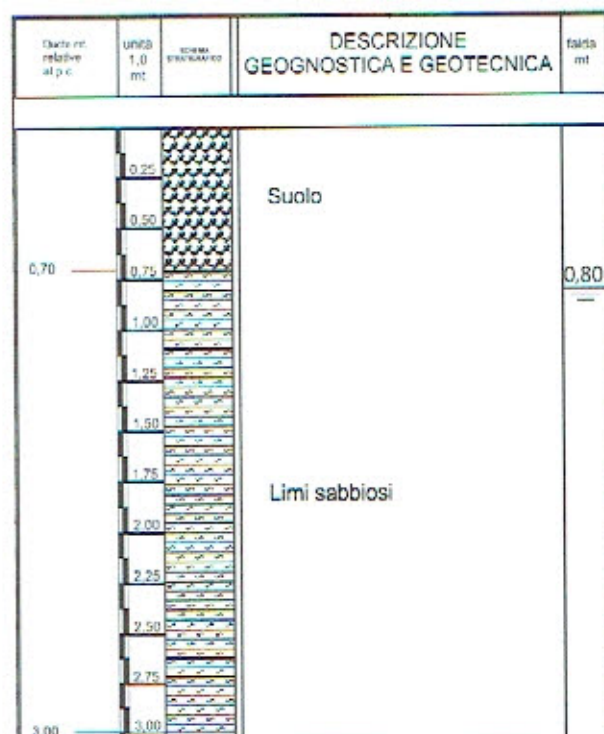
La diretta osservazione dei terreni affioranti eseguita durante il rilevamento geologico dell'area d'intervento e le ricostruzioni lito-stratigrafiche rilevate da indagini dirette eseguite in zone limitrofe su materiali simili hanno consentito il raggiungimento di una sufficiente definizione del quadro litologico e stratigrafico del sottosuolo in esame. La tipologia dei terreni superficiali presenti conferma le evidenze geomorfologiche. Materiali fini, prevalentemente limosi ed argillosi, prevalgono in superficie, e sono associabili ad un ambiente di sedimentazione di bassa energia lacustre e/o palustre.

Sulla scorta delle indagini svolte e delle informazioni acquisite si riportano di seguito i principali parametri geotecnici attribuiti alle formazioni rilevate.

Sulla base dei dati proposti il Tecnico Progettista potrà elaborare il proprio modello geotecnico e, successivamente, potrà valutare le pressioni unitarie ammissibili ed i cedimenti prevedibili per gli interventi previsti.

Stratigrafia e parametri fisico-meccanici

LITOLOGIA	PROFONDITA' DELLO SRATO	ANGOLO D'ATTRITO ϕ	PESO DI VOLUME γ	COESIONE NON DRENATA C_u
Limi sabbiosi avana con ghiaia dispersa	oltre 0,7 m dal p.c.	28°	1,80 g/cmc	0 Kg/cm ^q



SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE

Tra i criteri empirici qualitativi o semiquantitativi si può inserire il criterio di "Andrus e Stokoe". Esso è basato su dati provenienti da prove sismiche a rifrazione (V_s). La velocità delle onde di taglio viene corretta con la formula (Robertson et al., 1992):

$$V_{s1} = V_s \left(\frac{100}{\sigma'_{vo}} \right)^{0,25}$$

La resistenza alla liquefazione è valutata mediante la formula di Andrus e Stokoe (1998):

$$CRR = 0,03 \left(\frac{V_{s1}}{100} \right)^2 + 0,9 \left[\frac{1}{(V_{s1})_{cs} - V_{s1}} - \frac{1}{(V_{s1})_{cs}} \right]$$

dove la presenza di fini FC (%) è tenuta in conto mediante la seguente procedura:

(VS1)CS = 220 per FC < 5%

220 < (VS1)CS < 200 per 5% < FC < 35%

(VS1)CS = 200 per FC > 35%

Il fattore di correzione della magnitudo MSF viene valutato come raccomandato dal NCEER, il fattore di sicurezza alla liquefazione con la, mentre l'indice e il rischio di liquefazione vengono valutati con il metodo di Iwasaki et alii.

Lo sforzo ciclico di taglio CSR viene stimato con l'espressione semplificata:

$$CSR = 0,65 \frac{a_s}{g} S \frac{\sigma'_{vo}}{\sigma'_{vo}} \frac{r_d}{MSF}$$

Il fattore di correzione della magnitudo MSF consigliato dalla normativa è quello di Ambraseys.

CALCOLO DELLA SUSCETTIBILITA' DI LIQUEFAZIONE

Dati generali

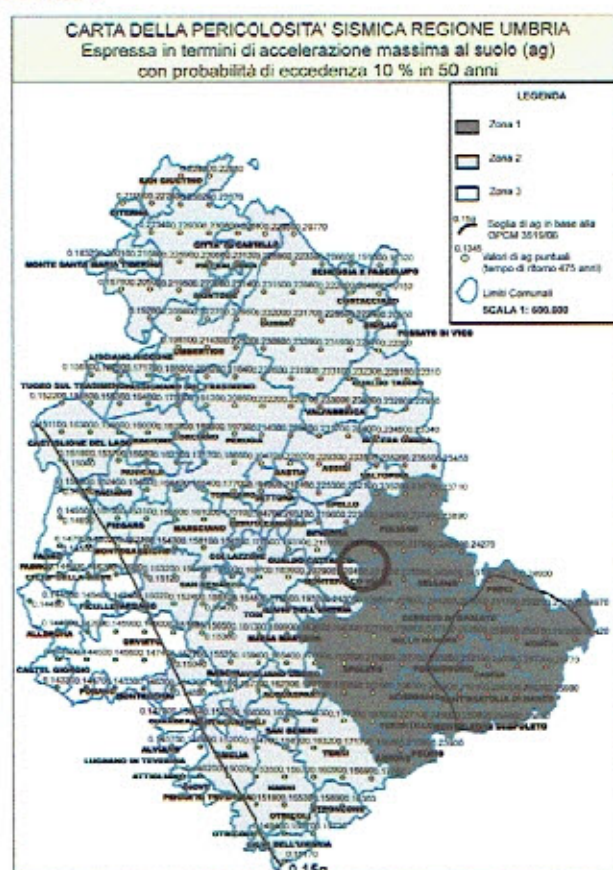
Numero di strati = 2
Profondità della falda = 0,8 m
Magnitudo del sisma = 6,37
Accelerazione massima al suolo = 0,225

Strato Nr.	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Velocità Vs (m/s)	Rischio di liquefazione
1	0	1,5	90	Molto basso
2	1,5	8	180	Molto basso
3	8	35	320	Molto basso

MICROZONAZIONE SISMICA

CARATTERIZZAZIONE TETTONICA E SISMICA DEL SITO

Con Deliberazione Della Giunta Regionale del 18 settembre 2012, n. 1111, è stato approvato l'aggiornamento della classificazione sismica del territorio regionale dell'Umbria, dal quale si evince come l'area sia stata inserita nella **Zona Sismica 1**.



L'area di studio è frutto di una complessa storia deformativa caratterizzata dal susseguirsi di processi tettonici differenti ed estremamente complessi.

In un periodo compreso tra il Miocene medio ed il Pliocene inferiore, una fase di sforzi compressivi determina la formazione di una serie di domini strutturali che, nel corso di

successivi movimenti, vengono progressivamente deformati con la formazione di pieghe e sovrascorrimenti.

In questo periodo si forma il sovrascorrimento di Spoleto, il maggiore lineamento tettonico dell'area con una estensione di circa 20 kmq, che mette in contatto le formazioni Giurassiche con quelle più recenti del periodo Cretacico

Dal Pliocene ad oggi il trend delle dinamiche deformative cambia con l'attivazione di un campo di sforzi distensivi che modificano i rilievi precedentemente enucleatisi, determinando la formazione di graben e bacini intermontani (il più importante dei quali è il "Bacino Tiberino" (Lotti, 1926)).

Nell'ambito di tale evoluzione la rete idrografica subisce profonde modifiche e un processo di ringiovanimento, con un aumento del trasporto solido che porterà al progressivo riempimento dei bacini intermontani.

Nell'area della valle umbra meridionale (di cui fa parte l'attuale pianura Spoletino-Folignate) il processo descritto produce un'ampia copertura di depositi continentali, la cui sedimentazione avviene in ambiente fluvio-lacustre e palustre, poggiati in discordanza angolare con il substrato litoide Pre-Pliocenico (Decandia F. A., 1982; Gregori L. & Cattuto C., 1986).

Le notizie storiche indicano che il territorio è stato interessato da terremoti che hanno più volte superato la soglia del danno (Fonte dati I.N.G.V.).

Nelle tabelle che seguono sono indicati rispettivamente, in maniera sintetica, i principali terremoti storici che hanno interessato le località più vicine per un raggio di 20 km dall'anno 0 al 2005 e dal 2005 ad oggi con intensità $M_w > 3$ (Fonte dati I.N.G.V. e I.S.I.D.E. Italian Seismological Instrumental and Parametric Data-Base).

INDIVIDUAZIONE DELLA ZONA SISMOGENETICA

Le zone sismogenetiche sono zone caratterizzate da una sismicità uniforme. L'individuazione del comune all'interno della zona sismogenetica di appartenenza è importante per la definizione della pericolosità sismica e quindi dell'azione sismica. È una grandezza che ha carattere aleatorio e come tale viene trattata negli studi di pericolosità. Analogo carattere dovrebbe quindi conservare quando utilizzata per la definizione ai fini di progettazione o di studio di MS.

L'informazione di partenza è costituita dalla zonazione sismogenetica del territorio nazionale secondo la quale la sismicità può essere distribuita in 36 zone, a ciascuna delle quali è associata una magnitudo massima $M_{w,max}$.

Vengono utilizzati i risultati degli studi di pericolosità di base effettuati nell'ambito della definizione della mappa di riferimento nazionale da parte dell'Istituto nazionale di geofisica e vulcanologia (Gruppo di lavoro, 2004).

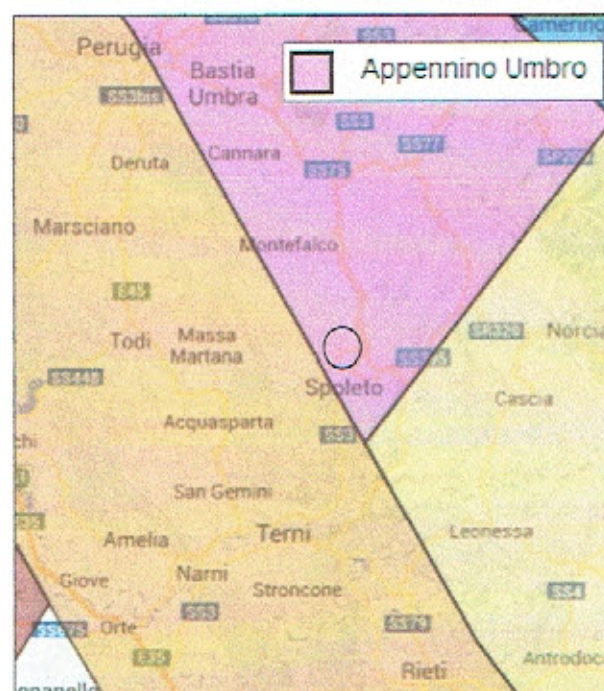
Nel sito <https://maps.google.it/maps> (Dato da Geoportale Nazionale - Ministero dell'Ambiente e della Tutela del

Territorio e del Mare) è possibile individuare l'area indagata all'interno della carta Zone Sismogenetiche ZS9.

L'area ricade interamente all'interno della **zona sismogenetica 919** per la quale è stata associata una **M_{wmax} pari a 6,37**.

La Zona sismogenetica 919 racchiude faglie e sistemi di faglie legati all'estensione appenninica.

Nonostante le limitate dimensioni, la zona 919 è caratterizzata da un elevato numero di terremoti, molti dei quali di magnitudo maggiore o uguale a 5.



Zone Sismogenetiche ZS9

Sulla base delle sorgenti sismogenetiche messe a disposizione da DISS 2.0 (Dato da Geoportale Nazionale - Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare)

Tabella 2.8-1 – Valori di M_{wmax} per le zone sismogenetiche di ZS9 (estratto da Gruppo di lavoro, 2004)

Nome ZS	Numero ZS	M_{wmax}
Colli Albani, Etna	922, 936	5.45
Ischia-Vesuvio	928	5.91
Altre zone	901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Nizza Sanremo	918, 919, 910	6.37
Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Garfagnana-Mugello, Calabria Jonica	905, 906, 915, 930	6.60
Molise-Gargano, Ofanto, Canale d'Otranto	924, 925, 931	6.83
Appennino Abruzzese, Sannio - Irpinia-Basilicata	923, 927	7.06
Calabria tirrenica, Iblei	929, 935	7.29

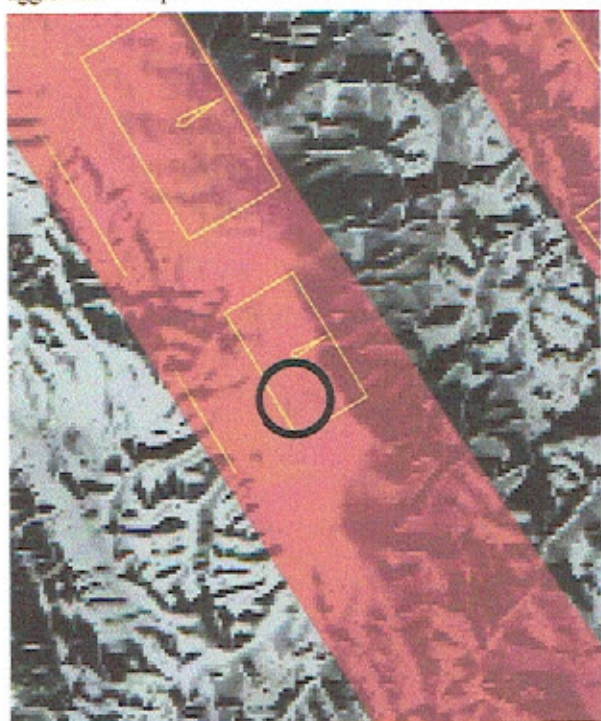
Zona	Numero di eventi Md>2.0	Numero di eventi Md>2.5	Numero di eventi Md>3.0	Magnitudo massima (Md)	Classe di profondità (km)	Profondità efficace (km)
919	3001	1545	421	5.0	8-12	8

Dettagli misurazioni zona 919

MAPPA DELLE ZONE SISMOGENETICHE ED ANALISI DI
PERICOLOSITÀ SISMICA CON APPROCCIO
PROBABILISTICO

Per ogni zona sismogenetica è possibile definire un "terremoto caratteristico" poiché ogni faglia attiva dà luogo a terremoti di intensità sempre simile.

Nella seguente immagine si riporta la distribuzione delle sorgenti sismogenetiche contenute nel database più aggiornato e disponibile DISS 3.1.



L'area ricade all'interno di una sorgente sismogenetica individuale denominata ITIS062- TREVI cui è stata associata una magnitudo pari a 5.5.

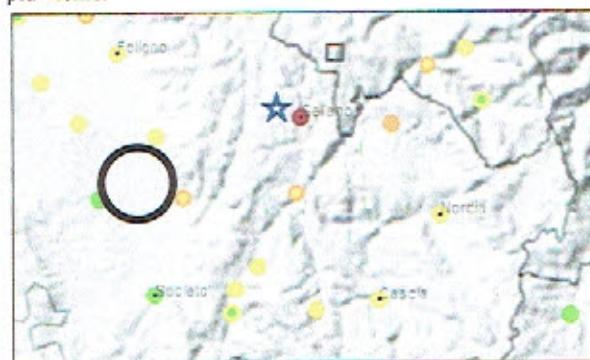
Parameter Name, Info/Description			
Location [Lat/Long]	42.86 / 12.72	LD	Primarily based on the location of the associated historical earthquake
Length [km]	7.0	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994)
Width [km]	4.5	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994)
Min depth [km]	2.0	LD	Based on geological data from various authors
Max depth [km]	4.3	LD	Based on geological data from various authors
Strike [deg]	330	LD	Based on geological data from various authors
Dip [deg]	30	LD	Based on geological data from various authors
Take [deg]	270	LD	Based on geological data from various authors
Slip [m]	0.25	ER	Calculated from M0 using the relationship from Hanks and Kanamori (1979)
Slip rate [mm/yr] min...max	0.1...1.0	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints
Recurrence [yr] min...max	250...2500	EJ	Inferred from slip rate and average displacement
Magnitude [Mw]	5.5	LD	Value adopted from the historical earthquake catalogue CPT04

Quest'ultima si trova all'interno di una sorgente composta ITCS037- Mugello-Citta' di Castello-Leonessa cui è stata associata una magnitudo pari a 6.2.

Physical Information			
Min depth [km]	0.5	EJ	Inferred from regional tectonic considerations
Max depth [km]	8.0	EJ	Inferred from regional tectonic considerations
Strike [deg] min...max	200...300	EJ	Inferred from regional geological data
Dip [deg] min...max	25...40	EJ	Inferred from regional geological data
Strike [deg] min...max	260...280	EJ	Inferred from regional geological data
Slip Rate [mm/y] min...max	0.1...1.0	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints
Max Magnitude	5.2	OO	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s)

LDH isoenzyme banding patterns: LDH-1, LDH-2, LDH-3, LDH-4, LDH-5.

Nell'immagine che segue sono indicati, in maniera sintetica, i principali terremoti storici che hanno interessato le località più vicine.



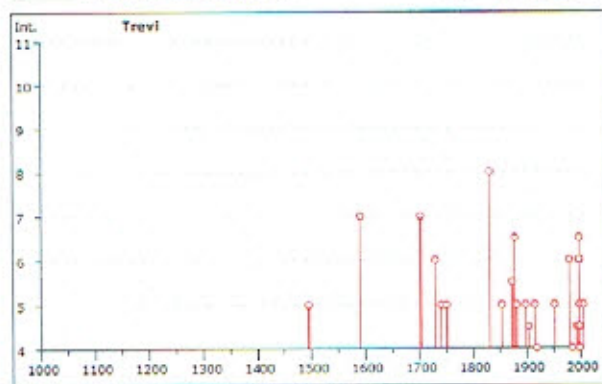
Terremoti storici che s'irradiano dalle località più vicine

SISMICITA' STORICA

Storia sismica di Trevi
[42.877, 12.747]

Numero di eventi: 50

Effetti	In occasione del terremoto del:			
I (MCS)	Data	Az	Np	Io Mw
5	1496 06	SPOLETO	3	5 4.30 ±0.07
7	1502 11 24	TREVI	1	7 5.16 ±0.34
7	1703 01 14 10:00	Appennino umbro-rossano	139	11 6.74 ±0.11
6	1730 05 12 08:00	Valnerina	155	9 5.92 ±0.16
5	1741 04 24 09:00	FABRIANESE	145	9 6.21 ±0.13
5	1751 06 11	S. GEMINI	8	7 5.09 ±0.08
5	1832 01 13 13:00	Valle del Topino	102	10 6.55 ±0.14
5	1854 02 12 06:00	Valle del Topino	21	8 5.55 ±0.44
7	1859 08 22	NORCIA	20	8-9 5.53 ±0.32
5-6	1873 03 12 20:00	Marche meridionali	196	8 5.95 ±0.10
MF	1875 03 17 23:51	Romagna sud-orientale	144	5 5.03 ±0.16
6-7	1878 09 15 07:20	Valle del Clitunno	34	8 5.42 ±0.28
5	1881 09 11 22:00	SPOLETO	18	5 4.66 ±0.07
3-4	1888 05 25	VIGGO	66	7 5.04 ±0.29
5	1890 09 12 14:14	Alta Valnerina	16	
4-5	1905 11 02 21:52	Valnerina	33	6 4.89 ±0.26
5	1918 01 13 06:52	Averzano	1041	11 7.00 ±0.09
4	1918 04 14 01:56	GIUGO DELL'UMBRIA	23	6 4.55 ±0.32
MF	1948 06 13 06:33	Valtiberina	142	7 5.05 ±0.14
5	1951 06 08 19:56	Gran Sasso	94	7 5.30 ±0.14
5	1951 09 01 06:36	SARNANO	81	7 5.39 ±0.20
MF	1957 04 11 14:19	VALLE DEL SALTO	46	6 4.06 ±0.24
6	1979 09 19 21:35	Valnerina	694	9-9 5.86 ±0.09
3	1980 11 28 18:34	Ispina-Basilicata	1594	10 6.39 ±0.09
4	1984 04 29 05:02	GUSSO/VALFARNACA	709	7 5.65 ±0.09
MF	1987 07 03 10:21	PORTO SAN GIOVANNI	359	3 5.09 ±0.09
4-5	1993 06 04 21:36	Nocera Umbra	90	5-6 4.50 ±0.13
4-5	1993 06 05 19:16	GUARDIA FADINO	326	6 4.74 ±0.09
MF	1997 07 15 08:51	Appennino umbro-marchigiano	22	4-5 3.69 ±0.21
4-5	1997 09 03 22:07	Appennino umbro-marchigiano	171	5-6 4.56 ±0.09
4	1997 09 07 23:28	Appennino umbro-marchigiano	87	5-6 4.38 ±0.15
3-4	1997 09 09 16:54	Appennino umbro-marchigiano	39	5-6 4.07 ±0.15
3-4	1997 09 10 06:46	Appennino umbro-marchigiano	47	5 4.14 ±0.18
6-7	1997 09 16 05:33	Appennino umbro-marchigiano	760	5 5.70 ±0.09
6	1997 09 16 09:40	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9 6.01 ±0.09
6	1997 10 05 00:55	Appennino umbro-marchigiano	490	5 5.25 ±0.09
6	1997 10 06 23:24	Appennino umbro-marchigiano	437	5 4.46 ±0.09
6	1997 10 14 15:23	Appennino umbro-marchigiano	786	7-8 5.65 ±0.09
3-4	1997 10 23 08:58	Appennino umbro-marchigiano	56	4 3.31 ±0.23
5	1997 11 09 19:07	Appennino umbro-marchigiano	180	5-6 4.90 ±0.09
4-5	1998 02 07 05:59	Appennino umbro-marchigiano	62	5-6 4.43 ±0.09
MF	1998 02 16 13:45	Appennino umbro-marchigiano	33	5 4.03 ±0.19
4-5	1998 03 21 16:45	Appennino umbro-marchigiano	141	6 5.03 ±0.09
5	1998 03 26 16:26	Appennino umbro-marchigiano	408	6 5.29 ±0.09
4-5	1998 04 03 15:52	Appennino umbro-marchigiano	398	6 4.81 ±0.09
4	1998 06 02 23:11	Appennino umbro-marchigiano	83	5-6 4.28 ±0.09
3	1999 11 25 05:20	APPENNINO CENTRALE	62	5-6 4.38 ±0.13
MF	2000 12 16 07:31	Ternero	128	5-6 4.28 ±0.09
5	2008 12 15 13:28	Valle del Topino	361	5-6 4.66 ±0.09
MF	2006 04 10 19:03	Mauvezziase	211	5 4.52 ±0.10

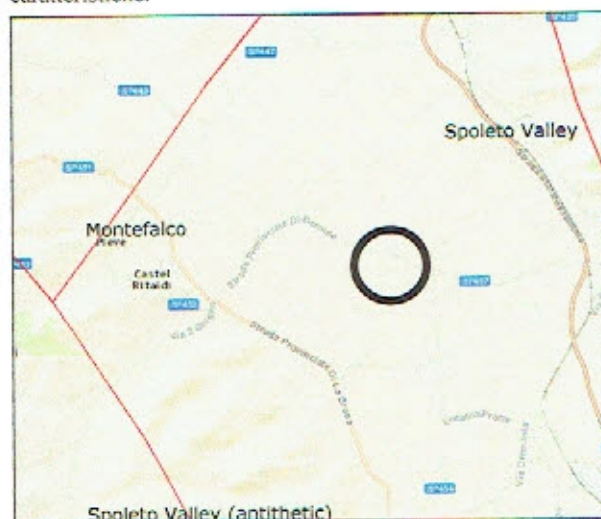


ANALISI DEL DISTRETTO SISMICO E DELLE FAGLIE PRESENTI

La distribuzione della sismicità dipende dalla presenza nella crosta terrestre, indicativamente nei primi 40 km di profondità, di strutture geologiche capaci di generare terremoti.

Il territorio di Trevi, oltre ad essere raggiunto dai terremoti che s'irradiano dalle zone circostanti, possiede un proprio centro sismico dovuto ad un sistema di faglie (fonte dati: ITHACA - Catalogo delle faglie capaci <http://sgi.isprambiente.it>).

Di seguito si riportano il sistema di faglie che interessa l'area di studio, localizzata con il cerchio, e le loro principali caratteristiche.



FAULT NAME	Spoleto Valley
FAULT CODE	62403
MACROZONE	4
REGION NAME	Umbria
SYSTEM NAME	Tiber Valley
RANK	PRIMARY
AVERAGE STRIKE	160
LENGTH (Km)	108

FAULT NAME	Montefalco
FAULT CODE	62902
MACROZONE	4
REGION NAME	Umbria
SYSTEM NAME	Spoleto Valley (antithetic)
RANK	SUBORDINATE
AVERAGE STRIKE	30
LENGTH (Km)	14

FAULT NAME	Spoleto Valley (antithetic)
FAULT CODE	62900
MACROZONE	4
REGION NAME	Umbria
SYSTEM NAME	Spoleto Valley (antithetic)
RANK	SUBORDINATE
AVERAGE STRIKE	330
LENGTH (Km)	14

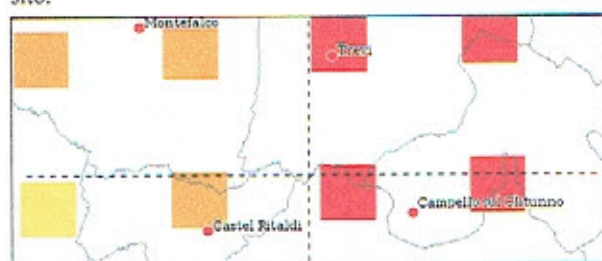
PARAMETRI DI DISAGGREGAZIONE

Le caratteristiche sismotettoniche, la frequenza, il tipo e l'energia dei terremoti sono gli elementi principali che concorrono a determinare la pericolosità sismica di base di un'area.

Per una stima probabilistica di tale pericolosità il riferimento principale è costituito dalla Carta di pericolosità sismica (edizione 2004) dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, recepita dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 2005, in cui sono indicati i valori di accelerazione di picco (a_g) al suolo di riferimento (suolo A delle NTC 2008) per tutto il territorio nazionale, per vari tempi di ritorno.

Il valore di a_g ricavato per il sito in esame, nella stima di pericolosità sismica per probabilità di superamento in 50 anni del 10%, risulta compreso tra 0,225 e 0,250.

I "parametri di disaggregazione" forniscono informazioni sulle caratteristiche sismologiche della zona. La disaggregazione fornisce la coppia M-R del terremoto che contribuisce maggiormente alla pericolosità e valuta i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità del sito.



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Valori di pericolosità sismica del territorio nazionale

(Preliminare, Ordinanza PCM del 20 aprile 2006 n. 3519, All. 1b)

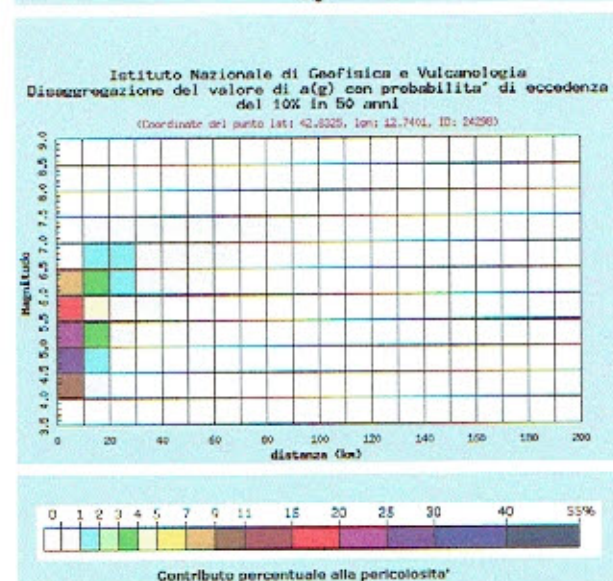
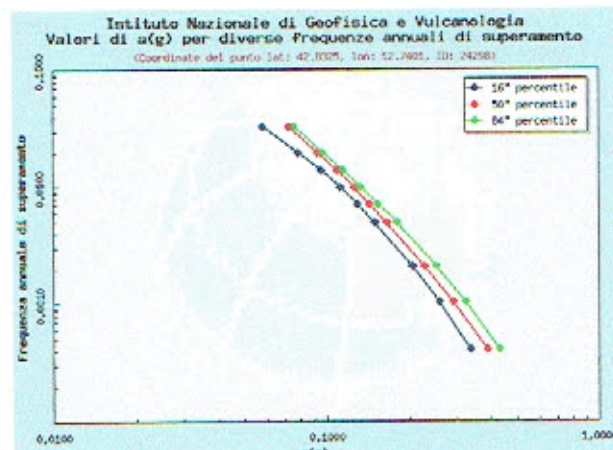
espressi in termini di accelerazione massima del suolo

con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

riferita a suoli rigidi ($V_{s0} > 500$ m/s; cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)

Meletti C., Montaldo V., 2007. Stime di pericolosità sismica per diverse probabilità di superamento in 50 anni: valori di a_g . Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D2.

Frequenza annuale di superamento	$a(g)$ (Coordinate del punto lat: 42.8325, lon: 12.7401, ID: 24298)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.3362	0.3896	0.4312
0.0010	0.2588	0.2913	0.3225
0.0021	0.2058	0.2285	0.2524
0.0050	0.1500	0.1664	0.1807
0.0071	0.1292	0.1441	0.1541
0.0099	0.1118	0.1261	0.1331
0.0139	0.0951	0.1092	0.1149
0.0200	0.0785	0.0925	0.0959
0.0333	0.0583	0.0723	0.0759



Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.330	7.320	1.060

Distanza in km	Disaggregazione del valore di $a(g)$ con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 42.8325, lon: 12.7401, ID: 24298)									
	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
0-10	0.000	10.10	25.20	21.40	15.10	7.670	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	0.168	1.540	3.420	4.420	3.930	1.000	0.586	0.000	0.000
20-30	0.000	0.000	0.000	0.097	0.690	1.250	1.030	0.748	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.000	0.000	0.028	0.297	0.443	0.410	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.034	0.137	0.166	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.029	0.060	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.022	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Il maggior contributo alla pericolosità viene dato da terremoti con M tra 4.5 e 5 per distanze tra 0 e 10 Km (quindi vuol dire che i distretti sismici sono "locali").

Fonte dati:

- <http://ingvterremoti.wordpress.com>
- Basili, R., Valensise, G., Vannoli, P., Burrato, P., Fracassi, U., Mariano, S., Tiberti, M.M. e Boschi, E., 2008. The Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), version 3: summarizing 20 years of research on Italy's earthquake geology.
- Burrato, P., Ciucci, F. e Valensise, G., 2003. An inventory of river anomalies in the Po Plain, northern Italy: evidence for active blind thrust faulting. *Annals of Geophysics*, 46, 5, 865-882.
- DISS Working Group, 2010. Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.1.1: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas.

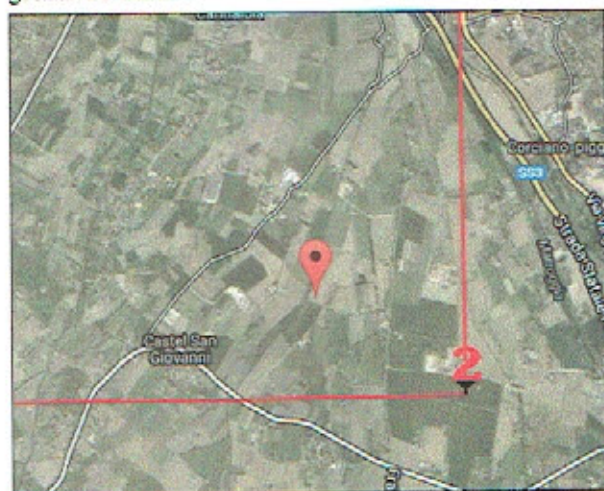
- Meletti C. e Valensise G. (a cura di), 2004. Zonazione sismo genetica ZS9 – App.2 al Rapporto Conclusivo.
- Meletti C., Galadini F., Valensise G., Stucchi M., Basili R., Barba S., Vannucci G. e Boschi E., 2008. A seismic source zone model for the seismic hazard assessment of the Italian territory.
- Valensise, G. e Puntosti, D. (eds), 2001. Database of Potential Sources for Earthquakes Larger than M 5.5 in Italy, Annali di Geofisica, 44, 4, 180 pp., with CD-ROM.
- Bigi et al., 1992. Modello Strutturale d'Italia.
- Burrato et al., 2003. Anomalie del drenaggio.
- DISS 3.1.1: Sorgenti Sismogenetiche Composite.
- ISIDE: sequenza sismica.

STIMA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA

Per la determinazione di a_g accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido sono state ricavate le coordinate geografiche decimali dell'opera da verificare.

E' stata determinata, quindi, la maglia di riferimento in base alle tabelle dei parametri spettrali fornite dal ministero e sulla base della maglia interessata. Sono stati ricavati i valori di riferimento del punto come media pesata dei valori nei vertici della maglia moltiplicati per le distanze dal punto.

Il sito analizzato è quello corrispondente all'indagine geofisica realizzata.



Calcolo dei parametri sismici secondo le NTC 2008 e la Circolare Ministeriale n. 617 del 2 Febbraio 2009.

Sito in esame.

Coordinate in ED50
 latitudine: 42,8405670 longitudine: 12,7232349
 Coordinate WGS84
 latitudine: 42,839600 longitudine: 12,722300

Classe: 2 Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 24297 Lat: 42,8320 Lon: 12,6719 Distanza: 4289,659
 Sito 2 ID: 24298 Lat: 42,8325 Lon: 12,7401 Distanza: 1645,728
 Sito 3 ID: 24076 Lat: 42,8825 Lon: 12,7395 Distanza: 4845,215
 Sito 4 ID: 24075 Lat: 42,8820 Lon: 12,6713 Distanza: 6256,528

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: A Categoria topografica: T1
 Periodo di rif.: 50anni Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
 Tr: 30 [anni] a_g : 0,071 g
 Fo: 2,417 T_c^* : 0,272 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
 Tr: 50 [anni] a_g : 0,092 g
 Fo: 2,380 T_c^* : 0,281 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
 Tr: 475 [anni] a_g : 0,225 g
 Fo: 2,406 T_c^* : 0,315 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
 Tr: 975 [anni] a_g : 0,286 g
 Fo: 2,420 T_c^* : 0,328 [s]

Coefficienti Sismici

SLO:	SLD:
Ss: 1,000	Ss: 1,000
Cc: 1,000	Cc: 1,000
St: 1,000	St: 1,000
Kh: 0,014	Kh: 0,018
Kv: 0,007	Kv: 0,009
Amax: 0,701	Amax: 0,899
Beta: 0,200	Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,000	SLC:
Cc: 1,000	Ss: 1,000
St: 1,000	Cc: 1,000
Kh: 0,070	St: 1,000
Kv: 0,035	Kh: 0,089
Amax: 2,206	Kv: 0,044
Beta: 0,310	Amax: 2,810
	Beta: 0,310

Il parametro che definisce la pericolosità sismica di base, in termini di accelerazione sismica, riferita a suolo rigido e campo aperto (morfologia orizzontale) risulta essere: $a_g = 0,225$ g.

ANALISI DELLA CAMPAGNA GEOGNOSTICA E DELLE INDAGINI ESEGUITE

Per tale area il solo dato significativo disponibile era la stratigrafia di un pozzo. Si è quindi ritenuto opportuno integrare le indagini con un profilo di sismica a rifrazione in onde SH, profilo MASW (a traccia coincidente) e indagine HVSr. L'elaborazione dei dati raccolti ha permesso d'individuare un cospicuo spessore di materiali argillosi organici seguiti da argille e limi e sabbie in subordine.

L'indagine sismica realizzata con metodo di analisi M.A.S.W. (in analisi congiunta con H.V.S.R.) ha permesso una ricostruzione sismostratigrafica dei terreni interessati mettendo in evidenza la presenza di una successione di strati a velocità V_s gradualmente crescente con la profondità

(raggiungendo con l'elaborazione alla profondità del bedrock; 800m/s).

Facendo riferimento alle I.C.M.S. Parte III ci troviamo nel caso del profilo 2) "velocità crescente con la profondità".

Elaborando i dati si ottiene un valore di VsH prossimo a 450 m/s ("abachi di riferimento", indirizzi e criteri per la microzonazione sismica).

DETERMINAZIONE DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE

Per l'area è stato determinato un valore di a_g pari a 0.225.

Ai fini di utilizzo degli abachi la litologia locale è stata assimilata a quella delle argille.

Le indagini geofisiche hanno indicato un gradiente del profilo di velocità di massima pendenza. La combinazione di tali dati ha portato alla determinazione di una fattore di amplificazione F_a pari a 1,43 e di F_v pari a 1,73.

Fattore di amplificazione		Tipo di terreno		a_g (g)		Profilo di velocità					
F_A		Argilla		0.18g		Lineare pendenza massima					
		V_{ss} (m/s)									
		150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
H	5	2.61	2.36	1.75	1.34	1.17	1.09	1.05	1.03	1.02	1.01
	10	3.29	2.93	2.57	2.10	1.77	1.49	1.32	1.19	1.07	1.02
	15	3.31	3.28	3.00	2.44	1.95	1.65	1.43	1.29	1.12	1.04
	20	2.89	3.29	3.23	2.72	2.16	1.81	1.56	1.40	1.16	1.06
	25	2.87	3.23	3.36	2.82	2.25	1.92	1.66	1.47	1.22	1.08
	30	-	3.17	3.32	2.89	2.34	1.96	1.70	1.51	1.25	1.09
	35	-	3.09	3.27	2.84	2.35	1.98	1.73	1.54	1.27	1.09
	40	-	3.01	3.22	2.87	2.31	2.00	1.74	1.54	1.28	1.10
	50	-	2.81	3.13	2.76	2.30	1.96	1.71	1.55	1.28	1.09
	60	-	2.66	2.99	2.68	2.22	1.89	1.69	1.51	1.26	1.09
	70	-	2.42	2.86	2.61	2.16	1.86	1.64	1.47	1.25	1.07
	80	-	2.35	2.73	2.51	2.11	1.82	1.61	1.44	1.22	1.06
	90	-	2.17	2.59	2.43	2.06	1.79	1.58	1.43	1.20	1.05
	100	-	2.04	2.47	2.36	2.00	1.75	1.56	1.41	1.19	1.04
	110	-	1.92	2.36	2.27	1.96	1.71	1.53	1.39	1.18	1.02
120	-	1.85	2.23	2.19	1.91	1.67	1.50	1.37	1.16	1.02	
130	-	1.75	2.13	2.12	1.85	1.64	1.48	1.35	1.15	1.01	
140	-	1.66	2.05	2.05	1.80	1.61	1.45	1.33	1.14	1.00	
150	-	1.58	1.97	1.98	1.76	1.58	1.43	1.31	1.12	0.99	

Fattore di amplificazione		Tipo di terreno		a_g (g)		Profilo di velocità					
F_V		Argilla		0.18g		Lineare pendenza massima					
		V_{ps} (m/s)									
		150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
H	5	1.15	1.07	1.03	1.02	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00
	10	2.30	1.30	1.14	1.09	1.06	1.04	1.03	1.02	1.01	1.00
	15	3.19	2.22	1.42	1.19	1.12	1.08	1.06	1.04	1.02	1.01
	20	3.71	2.83	2.09	1.46	1.22	1.14	1.10	1.07	1.03	1.01
	25	3.92	3.33	2.56	1.88	1.43	1.23	1.14	1.10	1.05	1.02
	30	-	3.60	2.90	2.18	1.67	1.37	1.21	1.15	1.07	1.02
	35	-	3.80	3.27	2.42	1.85	1.50	1.31	1.19	1.08	1.03
	40	-	3.82	3.45	2.69	2.00	1.62	1.40	1.26	1.11	1.04
	50	-	3.80	3.75	2.96	2.29	1.86	1.55	1.37	1.15	1.05
	60	-	3.67	3.76	3.17	2.45	1.96	1.66	1.45	1.19	1.06
	70	-	3.59	3.77	3.21	2.56	2.07	1.75	1.52	1.23	1.07
	80	-	3.42	3.71	3.16	2.53	2.13	1.82	1.57	1.25	1.09
	90	-	3.31	3.60	3.14	2.53	2.10	1.83	1.61	1.27	1.09
	100	-	3.14	3.52	3.09	2.50	2.10	1.81	1.59	1.28	1.10
	110	-	3.11	3.45	3.03	2.47	2.08	1.81	1.59	1.28	1.10
120	-	3.02	3.39	2.98	2.43	2.06	1.80	1.59	1.29	1.10	
130	-	3.03	3.26	2.93	2.37	2.04	1.78	1.59	1.29	1.10	
140	-	2.98	3.19	2.87	2.34	2.00	1.76	1.56	1.29	1.10	
150	-	2.93	3.11	2.83	2.30	1.98	1.73	1.55	1.28	1.09	

RISPOSTA SISMICA LOCALE

Per il sito in esame, considerati:

- il livello di importanza dell'opera di non interesse strategico o rilevante in caso di collasso;
- l'assenza di fenomeni di instabilità di versante;
- l'assenza di fenomeni di liquefazione, di addensamenti e cedimenti differenziali, di deformazioni del suolo per faglie attive e capaci;

si ritiene di poter limitare il livello d'indagine di microzonazione sismica al livello 2.

ELABORATI CARTOGRAFICI

MODALITÀ DI REALIZZAZIONE DELLE CARTE

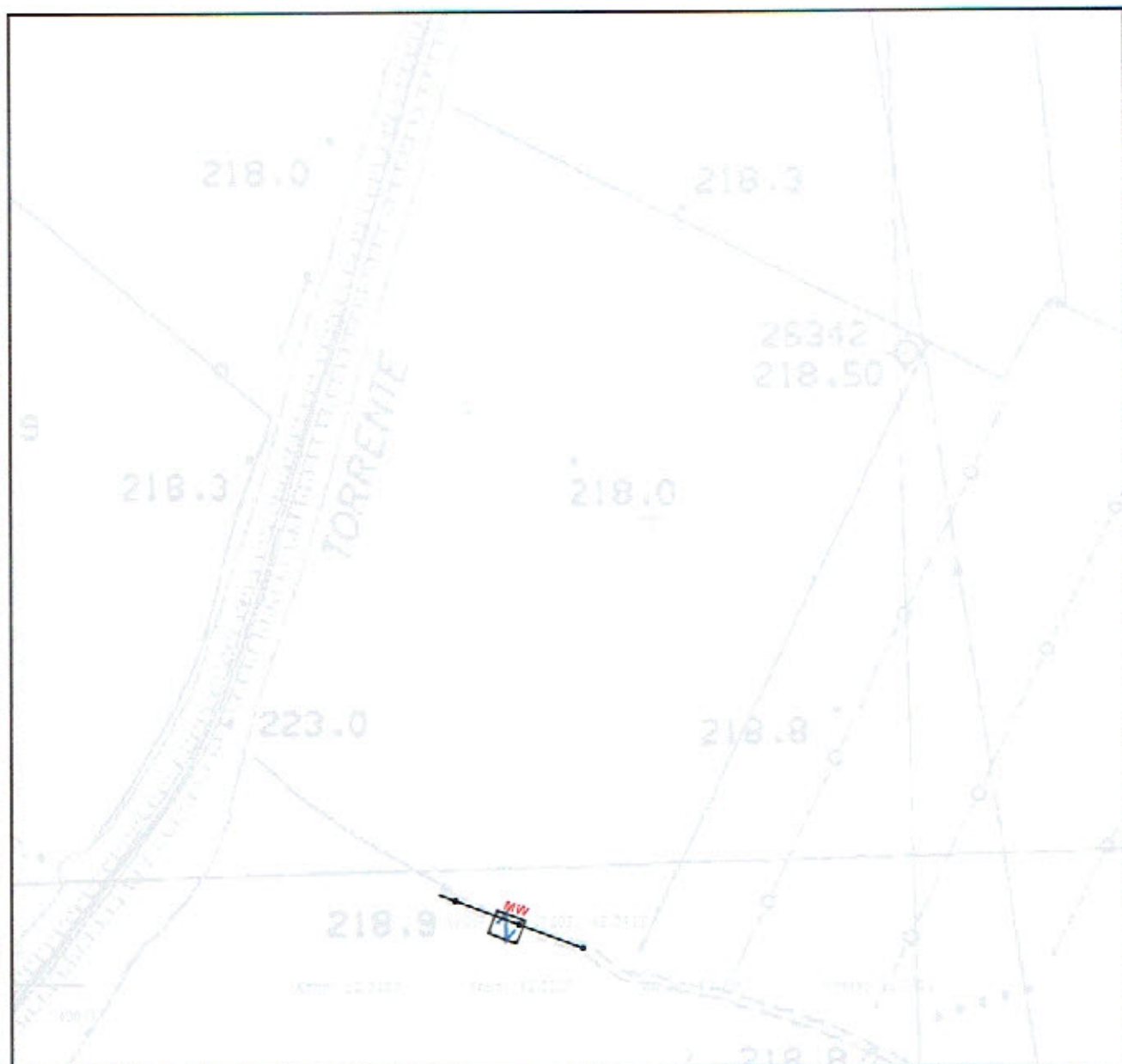
Le carte realizzate sono state eseguite secondo gli "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica" della Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dipartimento della Protezione Civile (Gruppo di lavoro MS, 2008. Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica. Conferenza delle Regioni e delle Province autonome - Dipartimento della protezione civile, Roma, 3 vol. e Dvd.).

Le carte realizzate sono le seguenti:

- carta delle indagini;
- carta geologico tecnica;
- carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica;
- carta di microzonazione sismica - Livello 2.

L'integrazione dei dati determinati da indagini esistenti ed effettuate ex novo, in termini di profondità del bedrock sismico, media ponderata delle Vs della copertura, e natura litologica della copertura, ha permesso di determinare i fattori di amplificazione FA ed FV attraverso l'utilizzo degli abachi.

CARTA DELLE INDAGINI SCALA 1:2.000



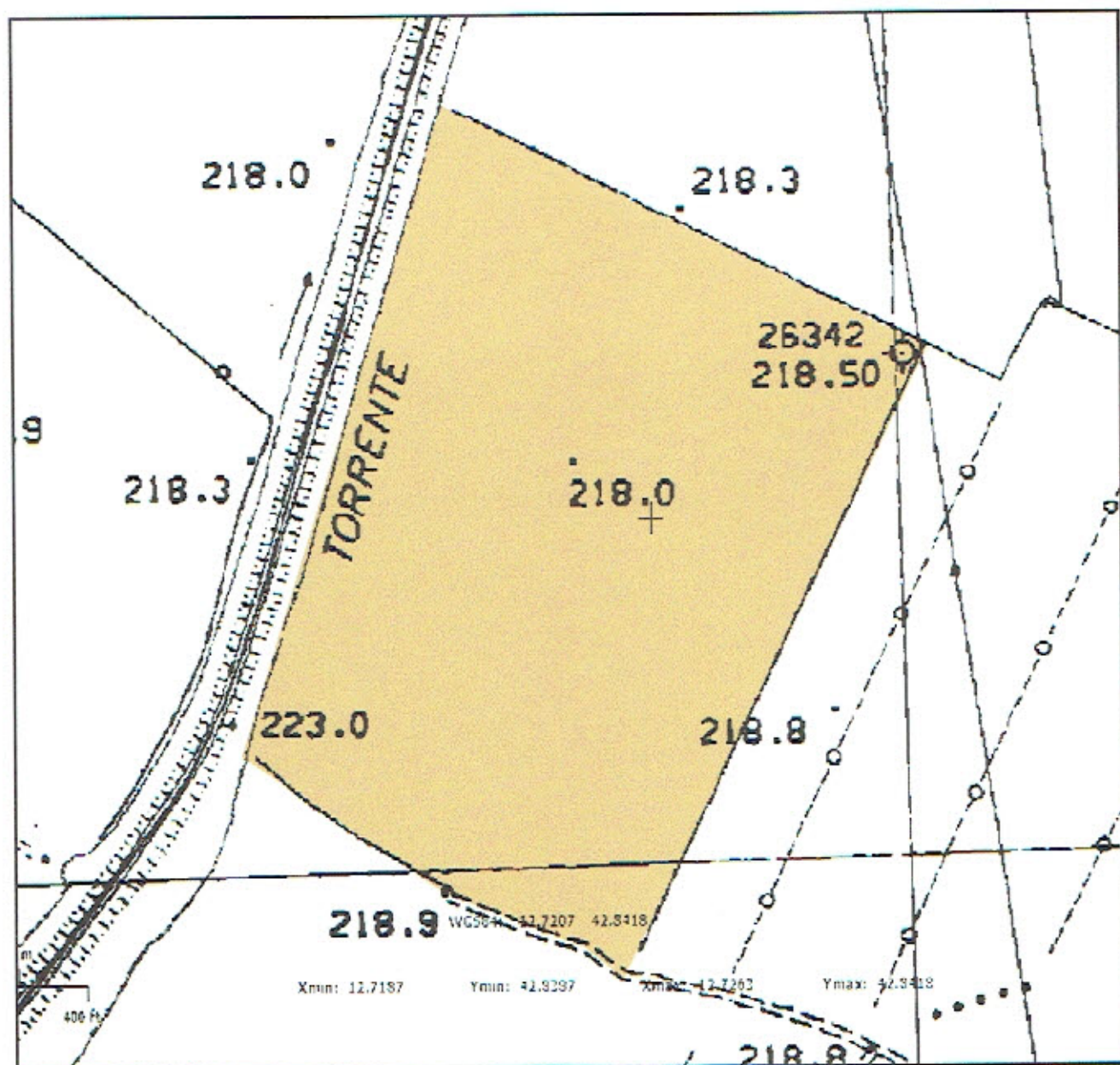
indagini

 MASW

 Stazione microtremore a stazione singola



CARTA GEOLOGICO-TECNICA SCALA 1:2.000



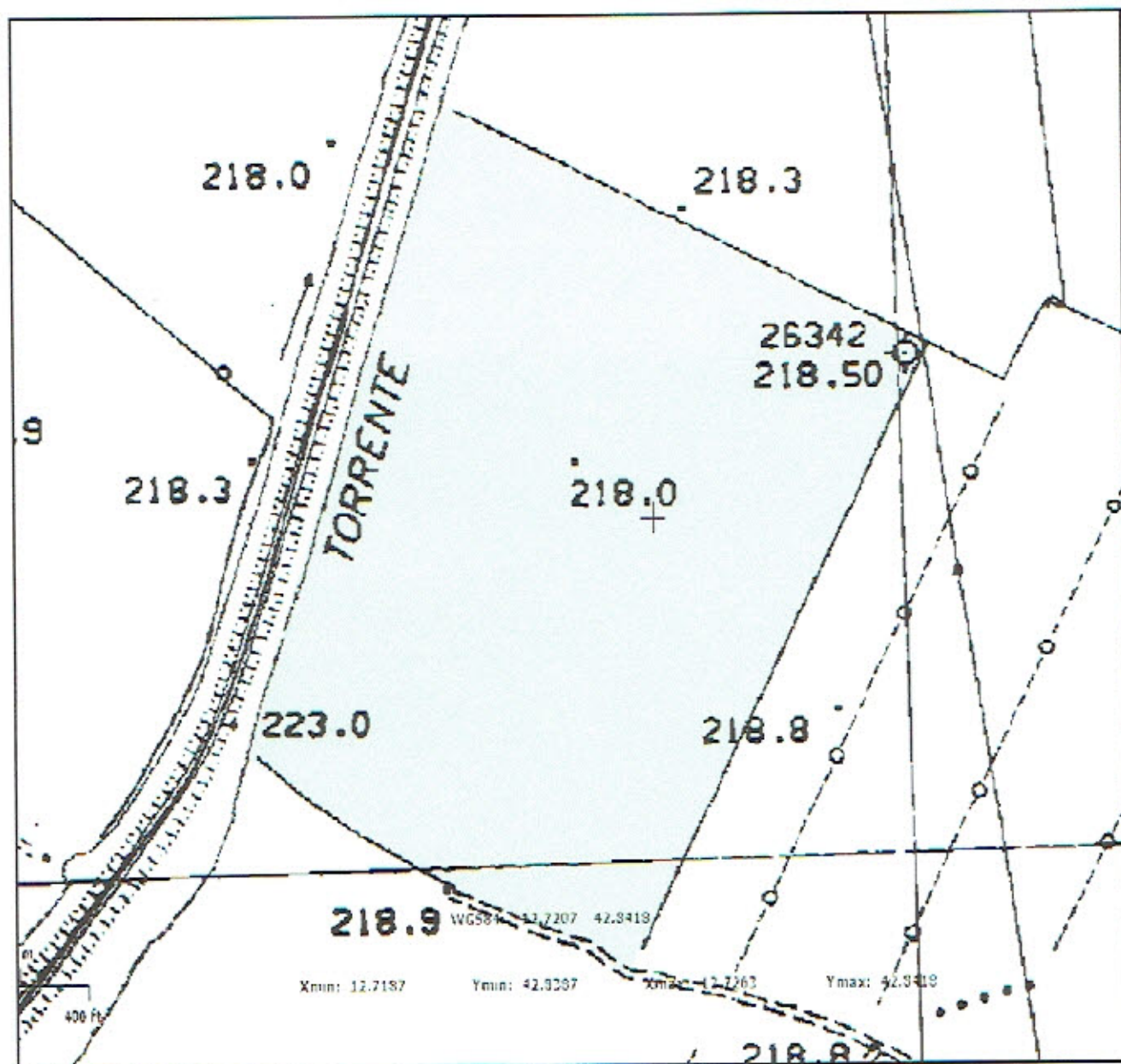
Legenda

ML-Ic

Limi inorganici, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità Ambiente lacustre.



CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA SCALA 1:2.000



zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

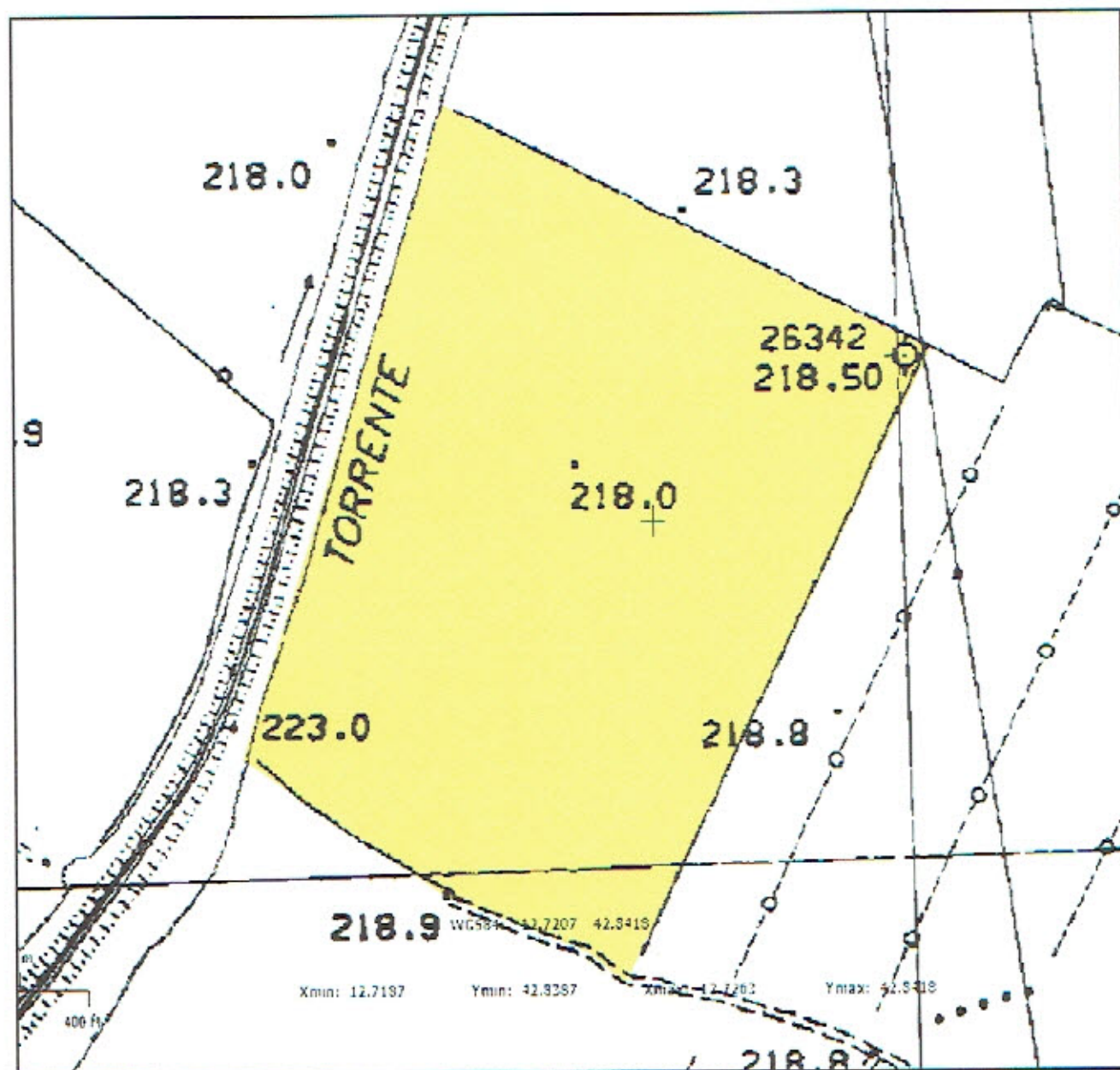
Zona 1



Limi, sabbie ed argille
di ambiente lacustre



CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA LIVELLO 2 SCALA 1:2.000



zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



Fa=1,3 - 1,4 (nella classe 1,3-1,4 sono compresi valori di Fa da 1,25 a 1,44)



CONCLUSIONI

Alla luce dei dati precedentemente esposti si può riassumere come segue:

- Il corso idrico principale risulta costituito dal Torrente Alveo di S. Lorenzo, il cui alveo è adiacente al sito in esame e scorre entro alte arginature che proteggono i luoghi da possibili esondazioni in condizioni meteorologiche normali;
- le carte di pericolosità e rischio idraulico nel bacino del F. Topino e del T. Marreggia, redatte dalla Regione dell'Umbria e dal Consorzio di Bonificazione Umbra, inseriscono l'area tra quelle a rischio esondazione con tempi di ritorno di 50 e 200 anni, con coefficiente di deflusso pari a 0,5 m/s e tirante idrico compreso tra 0,1 e 0,3 m;
- nell'atlante delle situazioni di rischio idraulico (reticolo secondario e minore) redatte dall'Autorità di bacino del F. Tevere l'area ricade in parte nella fascia R4 per la quale "è consentita altresì la realizzazione di attrezzature ed impianti sportivi e ricreativi all'aperto con possibilità di realizzazione di modesti manufatti accessori a servizio degli stessi";
- per quanto riguarda lo smaltimento delle acque meteoriche si precisa che l'intervento in progetto non costituirà ostacolo all'assimilazione delle stesse da parte del terreno, in quanto i cumuli previsti non avranno una permeabilità inferiore ai terreni già presenti in situ;
- i rilevati saranno di modeste dimensioni e non costituiranno, quindi, significativo ostacolo al libero deflusso delle acque. Essi non produrranno, inoltre, alcun tipo di materiale galleggiante che possa comportare ingombro durante gli eventi di piena;

- i rilevati che nel progetto sono destinati ad ospitare le gradinate non costituiranno un corpo continuo, ma sono state previste delle interruzioni con la funzione di corridoi di deflusso;
- in base ai dati provenienti dalle previsioni di piena le zone del lotto che si vorranno proteggere da fenomeni di esondazione dovranno essere rialzate di almeno 0,7 m dal p.c. per garantire un franco minimo di sicurezza di almeno 0,2 m;
- l'integrazione dei dati determinati dal rilievo della zona ed indagini effettuate ex novo, in termini di profondità del bedrock sismico, l'acquisizione della media ponderata delle Vs della copertura e della natura litologica della copertura ha permesso di determinare i fattori di amplificazione F_a pari a 1,43 e di F_v pari a 1,73 attraverso l'utilizzo degli abachi;
- considerando il livello di importanza dell'opera di non interesse strategico o rilevante in caso di collasso, l'assenza di fenomeni di instabilità di versante, l'assenza di fenomeni di liquefazione, di addensamenti e cedimenti differenziali, di deformazioni del suolo per faglie attive e capaci, si ritiene di poter limitare il livello d'indagine di microzonazione sismica al livello 2.

Si resta a disposizione per ulteriori chiarimenti

DOTT.SSA GEOL. PAOLA BARONCI



INDAGINE GEOFISICA

In riferimento alla richiesta della Dott.ssa Geol. Barongi Paola è stata realizzata un'indagine geofisica per poter definire la sismostratigrafia dell'area su cui si intende realizzare una pista da Motocross. Per ottemperare a quanto richiesto si è provveduto alla realizzazione di una indagine M.A.S.W. con registrazione delle onde Rayleigh che sono state poi analizzate in maniera congiunta con una registrazione (mediante velocimetro) di microtremore: questo per meglio caratterizzare un modello interpretativo della sismostratigrafia del luogo e poter superare certe ambiguità che si possono riscontrare negli spettri di velocità riferiti alle onde di Rayleigh (in particolare per i valori a bassa frequenza).

Come detto in precedenza l'analisi geofisica M.A.S.W. è stata integrata in maniera congiunta con una misura di tipo H.V.S.R. (*Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio - Rapporto Spettroale Orizzontale-Verticale*) la quale viene tradizionalmente utilizzata per definire il periodo fondamentale del sito in studi di amplificazione sismica (Nakamura, 1989; 1996; 2000); tale tipo di misura è a volte proposto anche come strumento utile ad ottenere informazioni inerenti il profilo verticale di V_s (cfr. Arai e Tokimatsu; 2004). Nessun metodo può essere considerato come la soluzione finale sia per limiti effettivi generali sia per specifiche problematiche che possono insorgere dall'applicazione di una particolare tecnica in taluni siti.

"Ecco perché l'H.V.S.R. può diventare un importante strumento per meglio vincolare i valori di V_s degli orizzonti più profondi, tipicamente mal definiti dall'analisi delle sole curve di dispersione, una sua applicazione senza il supporto di dati stratigrafici e slegata dagli stringenti vincoli quantitativi forniti ad esempio dalle analisi M.A.S.W. è inevitabilmente ostacolata da irrisolvibili problemi di non "unicità" della soluzione" (Dal Moro; 2012).

Per una precisa ricostruzione del profilo verticale della V_s mediante indagini di superficie l'unico modo per affrontare il problema risulta essere (come messo in evidenza da diversi autori) l'analisi congiunta di più dati, quali ad esempio la dispersione delle onde di "Rayleigh" (le "Love"), le curve "H.V.S.R.", ed eventualmente dati provenienti da indagini a riflessione e/o rifrazione in onde P ed SH.

Solo un'analisi congiunta dei dati e la verifica che il modello finale soddisfi i vincoli ottenuti da tutte le metodologie consentono, infatti, di evitare interpretazioni lontane dal modello più plausibile.

L'indagine è finalizzata a definire il profilo verticale delle velocità delle onde di taglio " V_s "; profilo importante per l'identificazione dei valori di FV e FA; infatti, per la loro individuazione, è importante la conoscenza di: 1) a_g - accelerazione dell'evento di riferimento- 2) spessore stimato della copertura 3) V_s media della copertura.

Una delle metodologie utilizzate per l'indagine eseguita è la tecnica M.A.S.W. il cui principio ispiratore è il carattere dispersivo delle onde di Rayleigh quando queste si propagano in un mezzo stratificato.

La dispersione consiste nella variazione della velocità di fase a diverse frequenze: con l'aumento della lunghezza d'onda (abbassamento di frequenza) la profondità coinvolta dalla propagazione dell'onda stessa aumenta progressivamente. È quindi possibile, impiegando onde di un certo intervallo di frequenza, caratterizzare le proprietà "acustiche" dei terreni sino ad una certa profondità. Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali.

Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga: questa proprietà è detta dispersione. Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (V_s), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh, è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali.

Una molteplicità di tecniche diverse sono state utilizzate nel tempo per ricavare la curva di dispersione, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi.

Un'altra metodologia utilizzata è quella nota con il termine H.V.S.R. (Horizontal to Vertical Spectral Ratio), applicata per la prima volta da Nogoshi e Igarashi (1970) e resa popolare da Nakamura (1989); la prova consiste nella valutazione sperimentale dei rapporti di ampiezza spettrale fra le componenti orizzontali (H) e la componente verticale (V) delle vibrazioni (rumore) ambientali sulla superficie del terreno misurati in un punto con apposito acquisitore composto da un sensore a tre componenti (Verticale, Est-Ovest, Nord-Sud). Le vibrazioni ambientali o rumore sismico ambientale o microtremore sono movimenti del terreno caratterizzati da ampiezze impercettibili all'uomo (da 10^{-4} a 10^{-2} mm) la cui origine è conseguenza dell'effetto di una molteplicità di sorgenti agenti a diverse frequenze sia di origine naturale (frequenze in genere <1 Hz) che antropica (frequenze in genere >1 Hz), quali ad esempio: onde marine, perturbazioni atmosferiche, vento, traffico veicolare, attività industriale. L'esito della prova è una curva sperimentale che rappresenta il valore del rapporto fra le ampiezze spettrali medie delle vibrazioni ambientali in funzione della frequenza di vibrazione. Le frequenze alle quali la curva H/V mostra dei massimi convalidati dall'andamento delle singole componenti orizzontali (EW e NS) e verticale (UD) sono legate alla frequenza fondamentale di sito (f_0) del terreno sotto il punto di misura (la presenza o meno di un picco di natura stratigrafica indica la presenza o meno di contrasti di impedenza ed eventuale frequenza di risonanza di sito). Per quanto riguarda invece l'ampiezza del picco H/V (A_0) questo al momento non sembra essere direttamente relazionabile all'amplificazione sismica in senso assoluto, ma deve essere interpretato in relativo, ovvero per distinguere quali siti amplificano più di altri. Il metodo risulta in definitiva utile per valutazioni speditive dei fenomeni di amplificazioni locali, sottolineando che la presenza di effetti bidimensionali, profondità del substrato sismico maggiori di 100 m (frequenze caratteristiche ≤ 1 Hz) e assenza di contrasti di velocità significativi possono rendere difficile la determinazione della frequenza fondamentale (o caratteristica) di sito (f_0).

Nella misura effettuata è stato effettuato il controllo sull'affidabilità della curva H/V in base alle indicazioni fornite dal Progetto SESAME (2004) 'Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations, december 2004'. Lo stesso progetto fornisce alcuni criteri per la valutazione della qualità di un'indagine H.V.S.R.; i criteri SESAME sono in totale 9 di cui 3 per stabilire l'affidabilità di una curva H/V e 6 per stabilire l'esistenza di un picco ben definibile, nel nostro caso l' f_0 di sito corrisponde al valore di **0,316 Hz**.

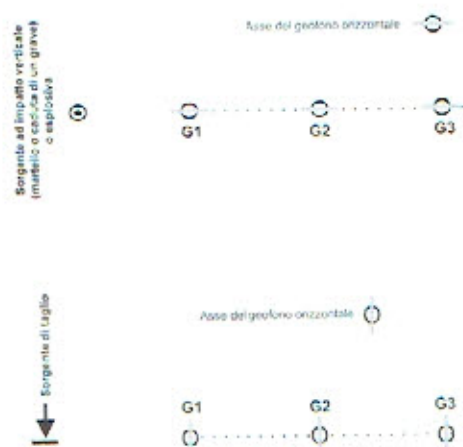
L'acquisizione del segnale, per un tempo consigliato di venti minuti (l'acquisizione in sito è stata eseguita con una durata della registrazione di 40 minuti) avviene ponendo sul terreno il velocimetro triassiale al cui interno sono presenti tre sensori elettrodinamici ad alto guadagno disposti nelle tre direzioni dello spazio (lo strumento utilizzato, SR04, è stato opportunamente modificato portando la frequenza propria naturale a 0,5 Hz). I segnali acquisiti a loro volta sono sottoposti, come detto precedentemente, ad una fase di processing che porta all' individuazione della curva dalla media dei rapporti delle componenti H/V. Lo spettro è stato elaborato con il programma Winmasw: il software funziona come interfaccia grafica per l'utilizzo dell'eseguibile di Albarello & Lunedei (Software Microtremor di Alberello D. & Lunedei E. -Lunedei E., Albarello D., 2009, On the seismic noise wavefield in a weakly dissipative layered Earth, Geophys. J. Int., 177, 1001-1014-) per la modellazione del rapporto H/V dall'ellitticità delle onde di superficie .

Metodo di acquisizione

L'indagine è stata eseguita tramite apparecchiatura DoReMi (Sara Electronics) lungo un profilo di misura lineare complessiva di **38 m**, con acquisizione della componente radiale delle onde di Rayleigh. Nel caso specifico è stata utilizzata una stesa costituita da 12 geofoni orizzontali da 4.5 Hz: equidistanza di **3,0 m**.

È stato effettuato uno shot in "compressione" tramite battuta con mazza (10 kg) su piastra (RVF; Radial Vertical Force).

L'offset minimo è stato posto ad una distanza dal geofono n. 1 a **5,0 m**.



* schema ripreso da Dal Moro (2012).

Elaborazione dati ottenuti

I dati ottenuti sono stati analizzati scegliendo la serie di curve più idonee e passando alla successiva fase di elaborazione.

Le fasi operative sono state:

- 1) Caricamento sismogrammi onde Rayleigh
- 2) Calcolo degli spettri di velocità Frequenza [Hz] – Velocità fase [m/s].
- 3) Modellazione diretta delle curve di dispersione del modo fondamentale e di quelli superiori tramite assunzione di modelli Velocità/Spessori attribuiti a partire da dati geologico-stratigrafici dell'area e da valori di Vs degli strati più superficiali .
- 4) Valutazione del modello contemporaneamente al caricamento dell'indagine H.V.S.R. (tramite software Winmasw)
- 5) Modello finale della variazione della velocità Vs con la profondità.

Risultati

Dal calcolo degli spettri di velocità Frequenza / Velocità di fase (fig. 2), si rileva come la massima dispersione della velocità di fase risulta essere compresa nell' intervallo di frequenza tra i 4 e i 25 Hz. Nella figura 3 viene presentato il modello di partenza, assunto per l'elaborazione e verificato con una valutazione di inversione , ricondotto a 5 sismostrati sovrastanti il semispazio, aventi i seguenti valori di velocità e spessore:

Nella Figura 3 viene riportato il risultato finale. Nella Figura 4 è riportato il grafico velocità onde S (m/s)/profondità (m) con la rappresentazione della distribuzione delle velocità.

Conclusioni

L'indagine sismica realizzata con metodo di analisi M.A.S.W. (in analisi congiunta con H.V.S.R.) ha permesso una ricostruzione sismostratigrafica dei terreni interessati mettendo in evidenza la presenza di una successione di strati a velocità V_s gradualmente crescente con la profondità (raggiungendo con l'elaborazione alla profondità del bedrock; 800m/s).

Spessore (m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)
1,5	220	90
8	375	180
35	666	320
55	1166	560
60	1353	650
Semispazio	1623	780

Facendo riferimento alle **LC.M.S. Parte III** ci troviamo nel caso del profilo 2) "velocità crescente con la profondità" ;
quindi il valore di VsH sarà dato:

$$V_{sH} = \frac{H}{\sum_{i=1,50} \frac{h_i}{V_i}} \quad \text{di}$$

dove:

H: è lo spessore totale del deposito (nel nostro caso **H=159,5m**)

h_i indica lo spessore dello strato i-esimo (nel nostro caso si è suddiviso i sublayer in 2m)

Facendo il calcolo il valore di **VsH** è prossimo al valore di **450 m/s** (come nelle schede "abachi riferimento" ,indirizzi e criteri per la microzonazione sismica) .



Fig.1. Profilo sismico (al centro dello stendimento -in verde- collocazione del velocimetro per l'indagine H.V.S.R.)

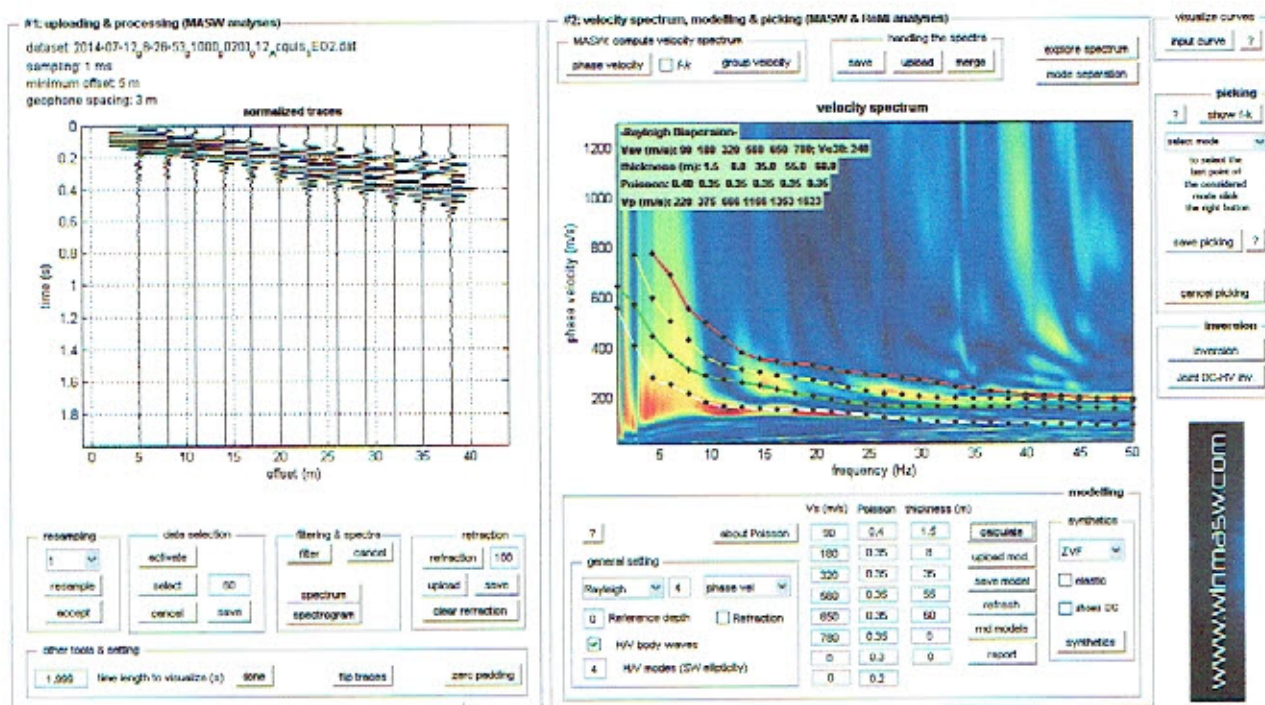


Fig. 2 Registrazione sismogramma ed analisi spettrale.

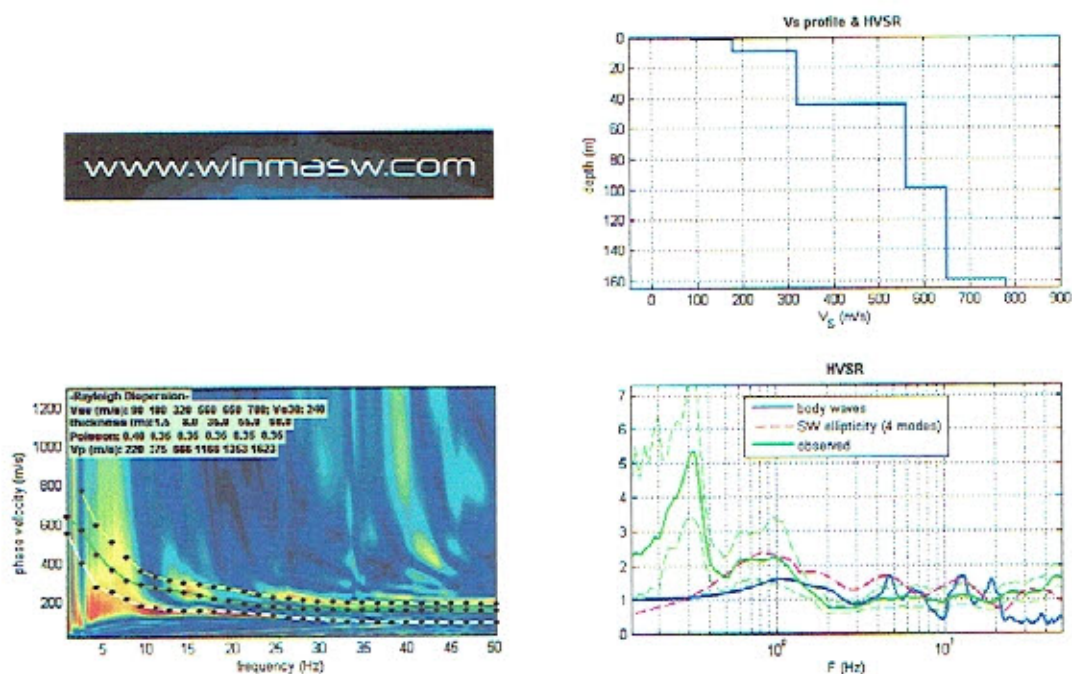


Fig. 3 Curve di dispersione; modello elaborato.

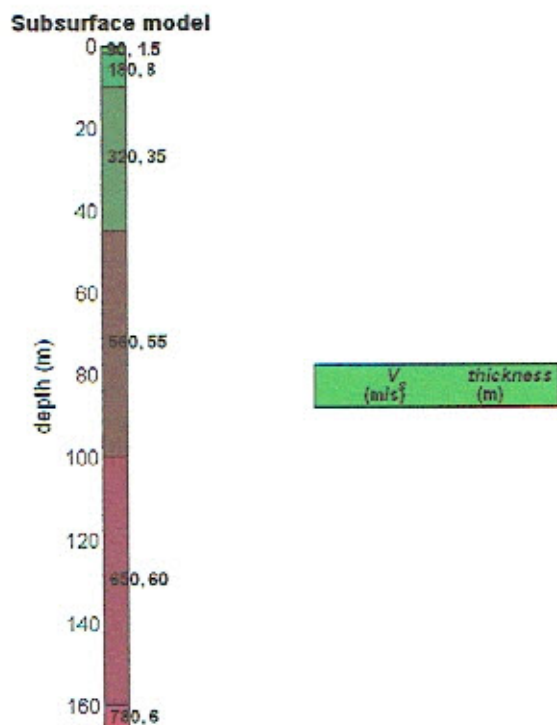
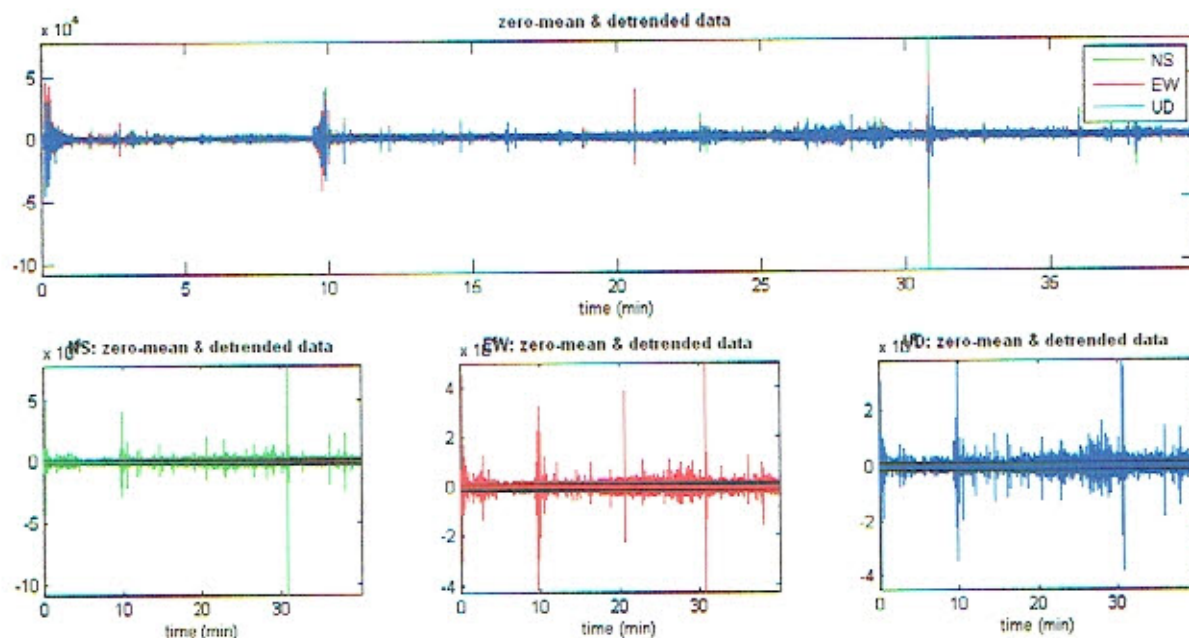
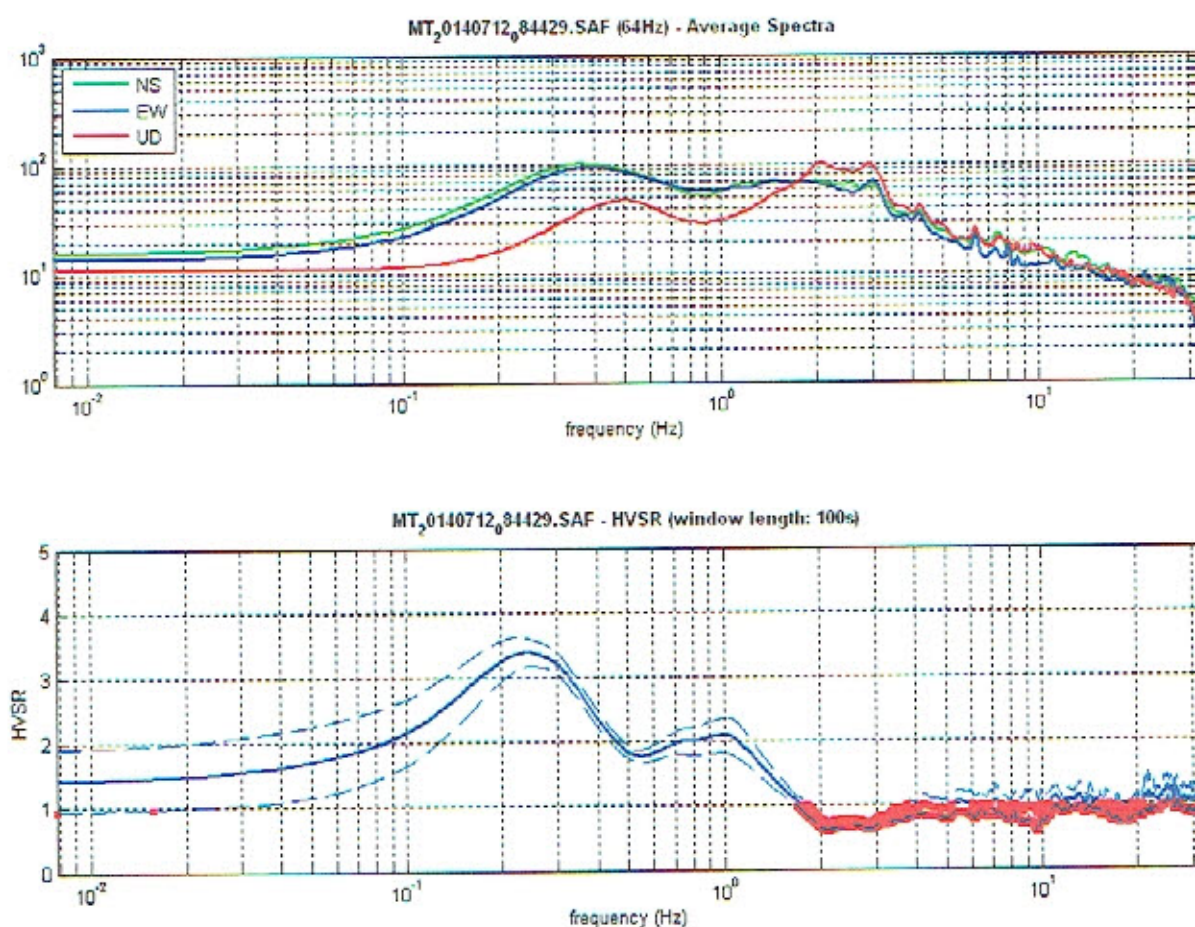


Fig. 4 Sismostrati

Registrazione H.V.S.R.



Elaborazione H.V.S.R.



To model the HVSR (also jointly with MASW or ReMi/SAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrum/Modeling & Picking" panels and upload the saved HV curve

Documentazione fotografica:



Energizzazione verticale



Stendimento



Misura di microtremore

Dott.Geol.Bordini Enrico



CALIBRATION CERTIFICATE



SARA electronic instruments
Via Mercuri 4, 06129 - PERUGIA - Italy
www.sara.pg.it - info@sara.pg.it

Date of Calibration: 28/08/2013
Instrument type: Velocimeter
Instrument model: PF 5 SF04 G8X-20-GPS
Serial Number: 0901
Manufacturing Date: AGO 2013

Environmental seismic noise during test

Temperature °C:

Relative humidity %:

X div:

Y div:

Channel 1 - Z

Natural Frequency:	0.5 Hz
Natural Damping:	0.707
Output Impedance:	50 ohm
Calibration Frequency:	6 Hz
Calibration Displacement:	m
Applied Shunt:	ohm
Eigen Frequency:	0.5 Hz
Damping:	0.707
Generator Constant:	400 V/m/s

Channel 2 - NS

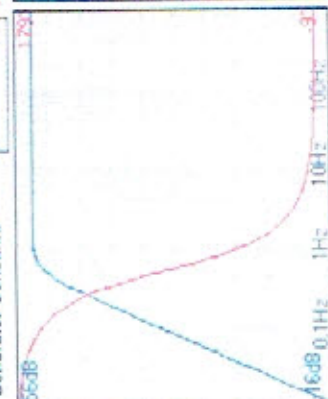
0.5 Hz
0.707
50 ohm
6 Hz
m
ohm
0.5 Hz
0.707
400 V/m/s

Channel 3 - EW

0.5 Hz
0.707
50 ohm
6 Hz
m
ohm
0.5 Hz
0.707
400 V/m/s

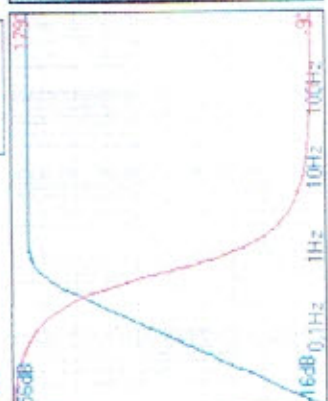
Measurement uncertainties

+/-	0.1 Hz
+/-	5 %
+/-	5 %
+/-	0.1 Hz
+/-	0.000002 m
+/-	1 %
+/-	0.1 Hz
+/-	5 %
+/-	1 %



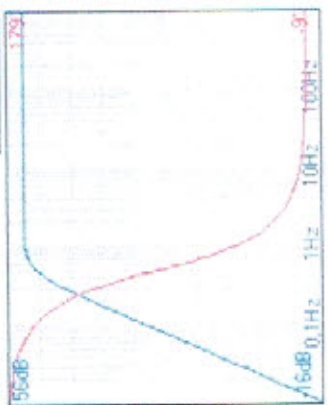
Poles and Zeros

Unit: Rad/s
Poles:
1) Re: -2.221, Im: 2.222
2) Re: -2.221, Im: -2.222
Zeros:
1) Re: 0.000, Im: 0.000
2) Re: 0.000, Im: 0.000
Gain: 400.000



Poles and Zeros

Unit: Rad/s
Poles:
1) Re: -2.221, Im: 2.222
2) Re: -2.221, Im: -2.222
Zeros:
1) Re: 0.000, Im: 0.000
2) Re: 0.000, Im: 0.000
Gain: 400.000



Poles and Zeros

Unit: Rad/s
Poles:
1) Re: -2.221, Im: 2.222
2) Re: -2.221, Im: -2.222
Zeros:
1) Re: 0.000, Im: 0.000
2) Re: 0.000, Im: 0.000
Gain: 400.000

Test Equipment

Shaking Table: SARA V.1
Voltmeter: Agilent U1252A
Signal digitizer: SADC20
Scope meter: SEISMOCAL V1.0
Last equipment test

Technician:
GABRIELE MARIOTTI

Approved by:

[Signature]

NOTE: SS05 SENSOR HAS 40Hz
LOW PASS FILTER 4 POLES
CALCULATE RESPELLE ACCORDINGLY