

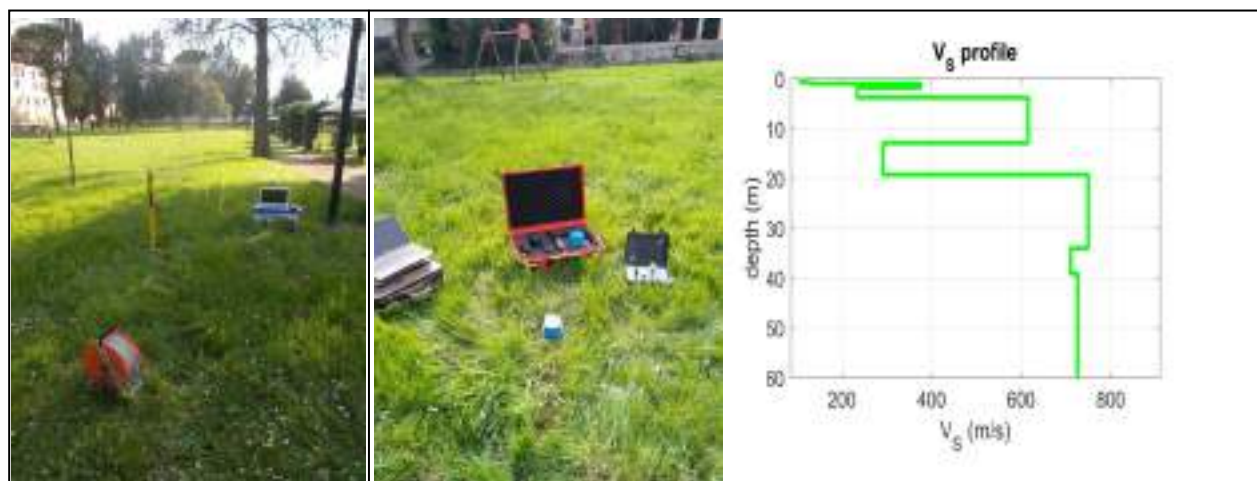
COMUNE DI FOLIGNO

(REGIONE UMBRIA)

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO DI RECUPERO PER LA VALORIZZAZIONE DEGLI ORTI ORFINI

(SMART CIG ZBA38AF6F9)

Loc. FOLIGNO CENTRO STORICO (Via S Giovanni dell'Acqua , via Isola Bella)



Dati catastali : particelle n° 50, 465 e 480 del Foglio n° 155 del N.C.T. del Comune di Foligno

RELAZIONE GEOFISICA con DATI INERENTI MICROZONAZIONE DI III LIVELLO

Committente : **COMUNE DI FOLIGNO**

APRILE 2022

DOTT. GEOLOGO ADRIANO FANCELLI

via Massimo D'Azeglio n° 6
06034 S.Eraclio di Foligno PG
C.F. FNC DRN 67A13L219U - P.IVA 02516660541
Polizza ass. Respons. Civile Zurigo n° 069C0934 del 26-05-2022
E - Mail : adrianofancelli67@gmail.com
P.E.C. : adrianofancelli@pec.epap.it
Tel. : **340 3336004**



1. PREMESSA

Facendo seguito all'incarico conferito allo scrivente dalla dirigente Arch. Anna Conti dell'area Governo del Territorio del Comune di Foligno (SMART CIG ZBA38AF6F9) si è provveduto all'esecuzione della seguente modellazione sismo-stratigrafica ed la valutazione degli effetti sismici di sito (DM. 17.01.2018) per il piano urbanistico attuativo di recupero per la valorizzazione degli Orti Orfini. La presente relazione, che riporta anche i dati della microzonazione sismica di III livello (eseguita dallo studio SGA di Perugia per conto del Comune di Foligno), è redatta per competenza professionale riconosciuta ai sensi dell'*art. 41 del D. P. R. 5 giugno 2001, n.328 e s.m.i.*

2. UBICAZIONE DELL'AREA

L'area esaminata ricade topograficamente nel Foglio 324 Sez.IV - Foligno serie 25- Edizione I -I.G.M.I 1993-1996 (All.Topografico).

I lotti di terreno interessati dallo studio in oggetto sono censiti catastalmente al NCT del Comune di Foligno (All. Catastale) particelle n° 50, 465 e 480 del Foglio n° 155.

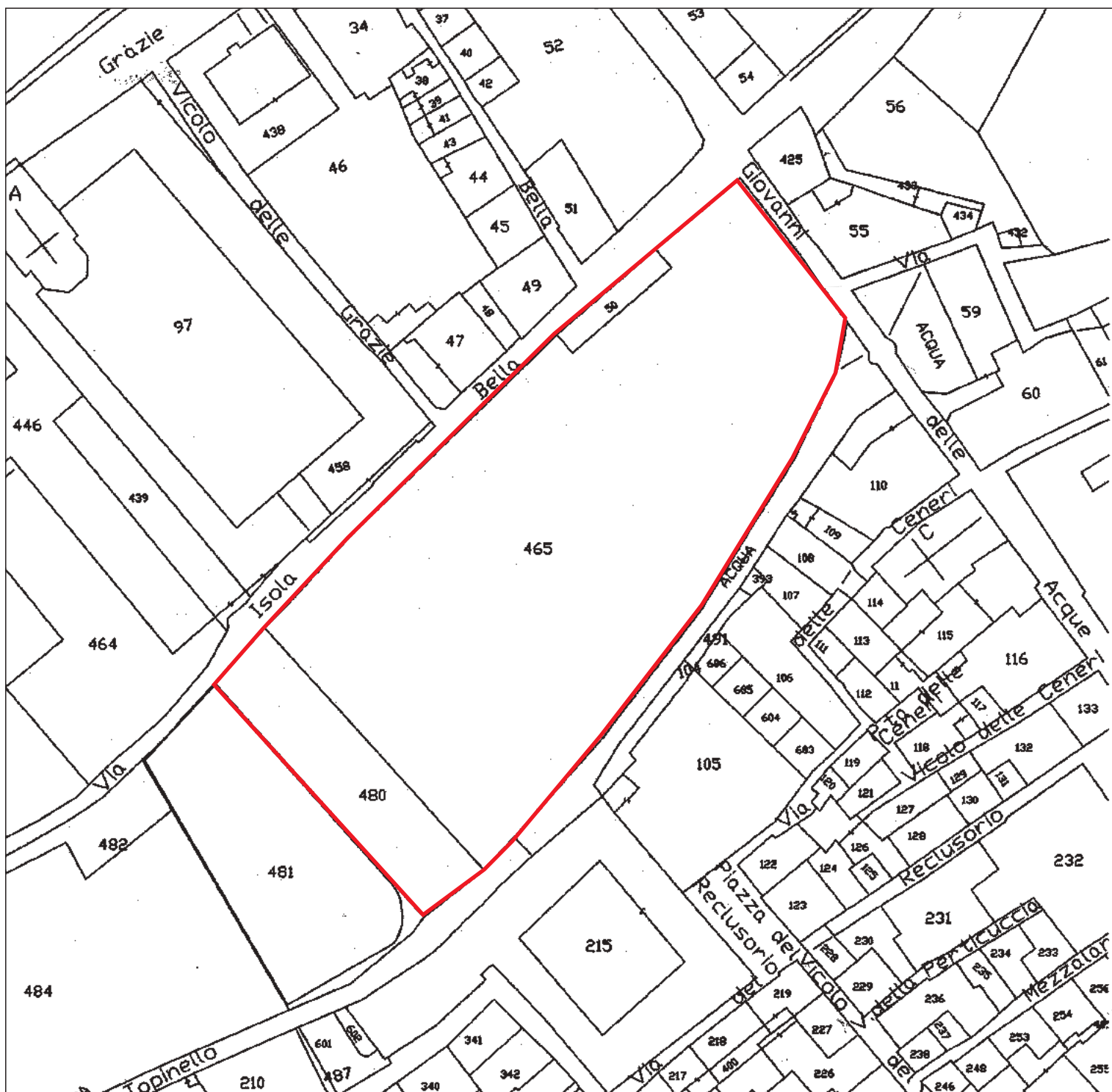
UBICAZIONE TOPOGRAFICA
SCALA 1:25.000



FOGLIO 324 SEZ.IV - FOLIGNO SERIE 25- EDIZIONE I -I.G.M.I 1993-1996

UBICAZIONE CATASTALE

Scala 1:2000 - Stampa in scala in formato A4



Loc. Orti Orfini - Foligno part. 50, 465, 480 Foglio 155 N.C.T. del Comune di Foligno

3. CLASSIFICAZIONE SISMICA REGIONALE , NEOTETTONICA SISMOGENETICA, SISMICITA' STORICA.

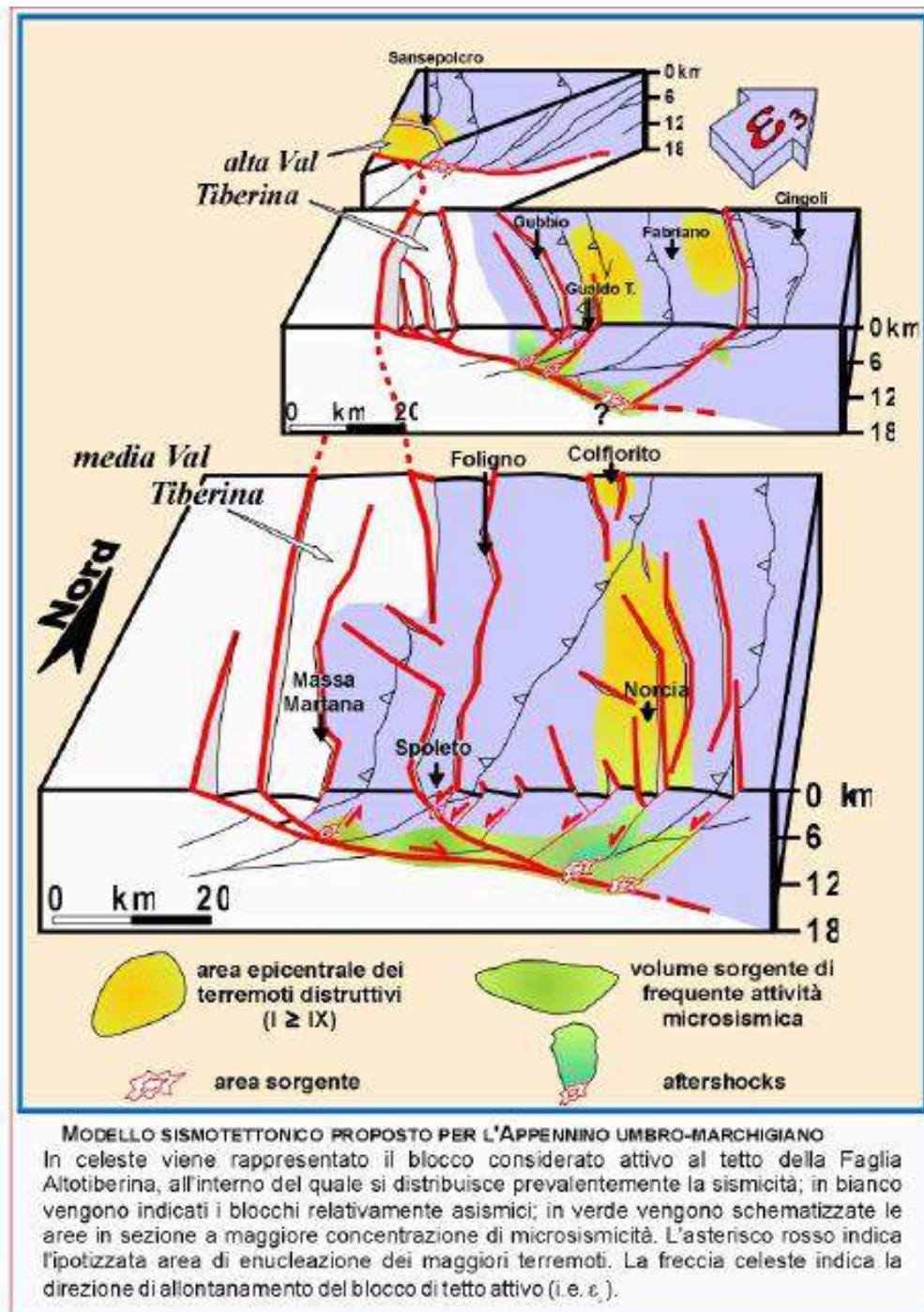
Nella classificazione sismica regionale l'area del Comune di Foligno è stata inserita nella **1° categoria sismica**.

L'Istituto Nazionale di geofisica, nel 2004, ha individuato, in tutto il territorio nazionale, varie zone sismogenetiche (classificazione definita ZS9 - Meletti C. e Valensise G., 2004) : sulla base di questa classificazione, l'area in oggetto rientra all'interno della **zona 919**. Questa fascia interessa in gran parte un settore interno dell'Appennino centro - settentrionale caratterizzato da faglie con immersione prevalente verso Ovest – Sud Ovest, ove sono localizzati eventi sismici storici con elevata magnitudo (uguale o superiore a 5) e “profondità efficace” (*ossia profondità alla quale avviene il maggior numero di terremoti che determina la pericolosità della zona*) compresa in un intervallo di 8 e 12 km. Con riferimento al meccanismo di fagliazione prevalente atteso per le diverse zone sismogenetiche di ZS9 (Meletti C. e Valensise G., 2004), esso si manifesta con eventi sismici aventi prevalenti meccanismi focali di “Faglia Normale”. Tale zona , insieme alle 915 e 923 racchiude infatti faglie e sistemi di faglie legati all'estensione appenninica



Un quadro sintetico delle sorgenti sismogenetiche attive nell'area di interesse è stato estrapolato dal **Database of Individual Seismogenic Source (DISS 3.2.0 del INGV)** . Qui sopra è riportata la mappa con l'ubicazione delle più vicine sorgenti sismogenetiche individuali, ovvero

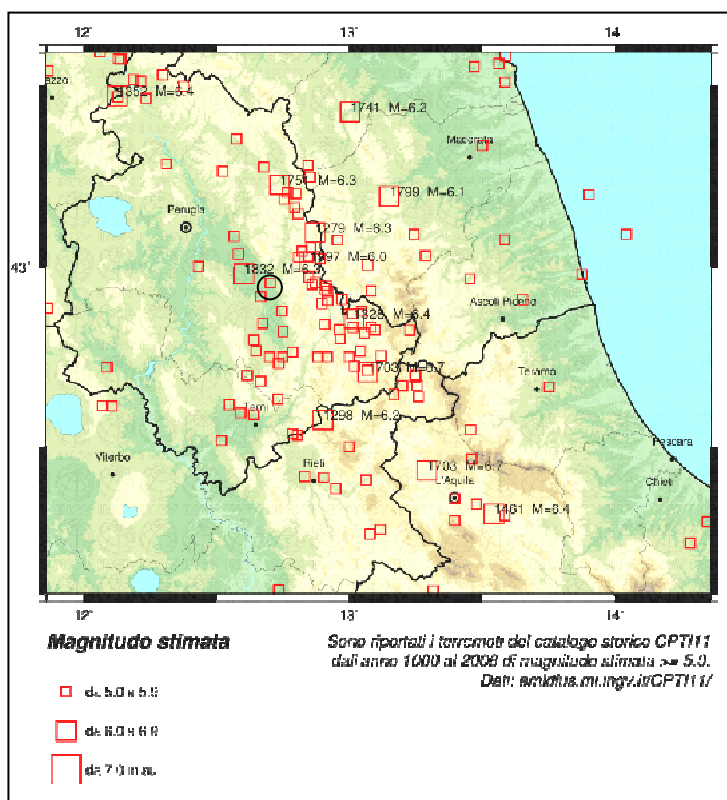
quelle strutture definite nel DISS sulla base di dati geologici e geofisici e completamente caratterizzate in termini di parametri geometrici di faglia, cinematici e sismologici, indicate in giallo in figura; mentre in arancione sono riportate le fasce corrispondenti alle “sorgenti sismo-genetiche composite” che rappresentano le strutture la cui caratterizzazione è sconosciuta o incerta. Nel sito non sono segnalate né si ravvisano faglie capaci



Due sono le principali fasce sismo-genetiche. La prima è quella appenninica, caratterizzata dalla struttura Colfiorito Campotosto, che unisce varie Box sismo-genetiche (Colfiorito Nord-Nocera, Colfiorito Sud, Sellano - Rasenna, Norcia). La seconda, ubicata lungo la conca umbra, fa parte della struttura Mugello- Citta' di Castello -Leonessa, nella quale sono comprese le Box sismogenetiche di Bastia, Foligno e Trevi. Nella pagina precedente è riportato un modello tettonico strutturale e sismogenetico dell'Appennino centrale da <<Boncio P. & Lavecchia G. (1999 e 2002)>>.

Le testimonianze storiche più significative risalgono ad eventi tellurici abbastanza remoti, relativi all'Epoca Romana (99 a.C. con epicentro a Norcia) e registrano episodi con intensità superiore al X grado M.C.S..

Tra i secoli più "attivi" troviamo senz'altro il tredicesimo, con il terremoto del 1279



(l'Istituto Nazionale di Geofisica ne individua una possibile **magnitudo di 6,3**) che danneggiò anche l'abitato di Foligno (“dirupato”) con una intensità compresa fra il VII e VIII grado MCS (chiaramente l'edificato era quello del duecento). L' epicentro di allora **coincide in modo abbastanza significativo con quello decisamente più recente del 1997 a Colfiorito**. Nel 1477 si segnala invece un sisma che ebbe **plausibile epicentro nella pianura folignate**. La scossa principale (**presunta**

magnitudo 4,9) danneggiò tutti gli edifici della città , alcuni fra i più vecchi crollarono . Pur non essendo un sisma particolarmente energico ebbe effetti piuttosto seri sull'edificato del quindicesimo secolo (**VII - VIII ° MCS**) . L'evento viene ricordato anche per la sfortunata concomitanza di altre emergenze : un inverno particolarmente gelido e una pestilenza ancora in atto .

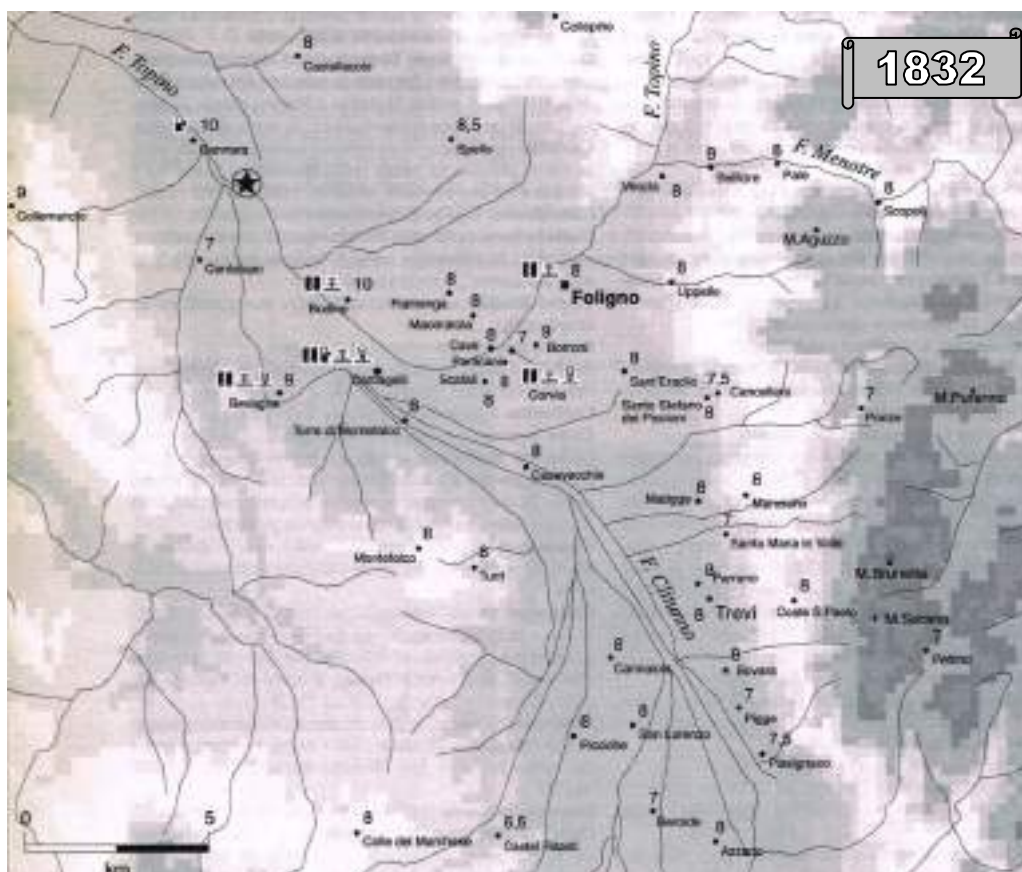
Il settecento si contraddistinse per una impressionante sequenza di terremoti distruttivi esorditi all'inizio del secolo fra Cascia e l'Aquila (1703) e migrati poi verso Nord-Ovest ove raggiunsero e colpirono duramente e ripetutamente (1741, 1747 e 1751) le aree di Gualdo Tadino e Fabriano , quella di Cagli nel 1781 , della montagna Folignate nel 1791-93, del Camerinese e della pianura Folignate nel 1799. Nel complesso, nel diciottesimo secolo, il territorio Umbro venne sconvolto da oltre 20 sismi di magnitudo superiore a cinque .

Gli eventi sismici del **1703** con epicentri fra **Cascia e L'Aquila** (presunta **magnitudo 6,9**) a Foligno causarono la caduta di molti camini , di parte dei tetti ed il crollo parziale di un campanile. In generale la somma delle due scosse principali (14 e 16 gennaio) provocò danni anche alle case più solide . La città nel suo complesso riportò danni equivalenti ad un **VII ° MCS** . Danni al patrimonio ecclesiastico (Facciata del Duomo e Chiese di S. Francesco e San Salvatore) ed a quello privato si ebbero anche con il terremoto del 1751 con epicentro fra Gualdo Tadino e Nocera Umbra (presunta magnitudo 6,4). Foligno, nel suo complesso, data la distanza, ne risentì per un **VI - VII ° MCS** . La fase tellurica del **1791-93** a Foligno (presunta **magnitudo massima 5,8**) produsse danni in numerose case , palazzi ed in diverse chiese.

I danni all'edilizia privata furono probabilmente rilevanti: a quest'ultimo sisma si attribuiscono, infatti, numerosi interventi di ripristino, consistenti nel rinforzo delle murature esterne mediante la costruzione di speroni di sostegno e di archi di contrasto . La città ne risentì per un **VII° MCS** .

Fra i sismi più rovinosi per Foligno va menzionato quello del **1799**. La scossa principale viene valutata dall'INGV di **magnitudo di poco superiore a 5**: non particolarmente energetica, quindi, ma con epicentro proprio nel centro cittadino si riportarono danni ascrivibili ad un **VII grado MCS**.

Nel diciannovesimo secolo, moti sismici di notevole intensità si ebbero soprattutto nel **1831-32** con **epicentro a Cannara**. L'evento tellurico che distrusse gli abitati di Cannara e Budino (*INGV stima X° MCS in area epicentrale con una **presunta magnitudo di 6,4***) a Foligno determinò gravi danni e crolli agli edifici cittadini (**VIII MCS**).



Il sisma è "famigerato" per aver determinato il crollo del tetto della Basilica di Santa Maria degli Angeli e per i fenomeni di liquefazione sismica che si ebbero in località Cantagalli, Budino, Corvia (Foligno) e Ponte delle Tavole (Bevagna).

Con specifico riferimento all'abitato di Foligno, gran parte degli edifici crollò o divenne inabitabile.

Il palazzo del governatore fu gravemente danneggiato nella facciata che crollò, e nel tetto che dovette essere ricostruito.

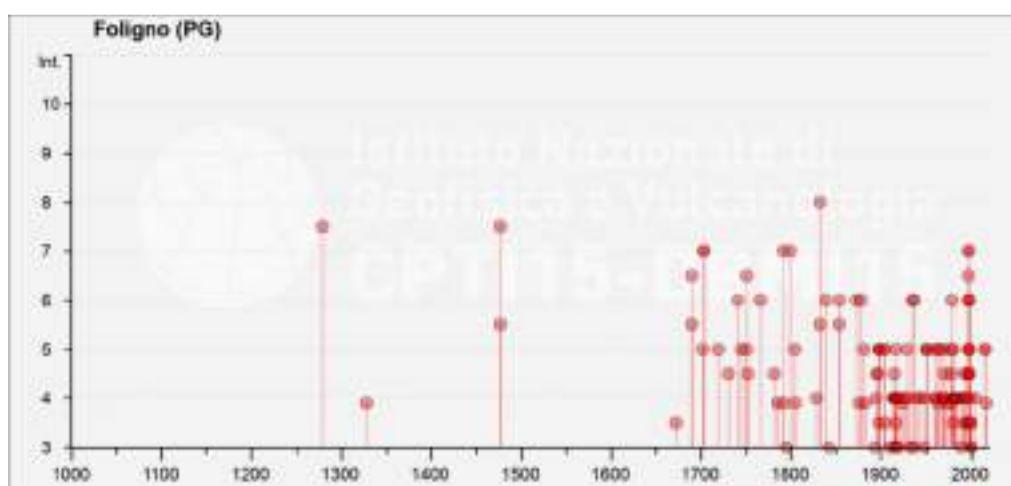
Gli edifici pubblici della Cancelleria e della Polizia in parte crollarono, in parte divennero inagibili. Risultarono inagibili le caserme, il palazzo vescovile ed il seminario, le carceri furono danneggiate e quindi evacuate. Crollarono il monastero di Santa Lucia, la chiesa ed il campanile di S.Maria in Campis, il convento degli Agostiniani.

La Chiesa di San Feliciano subì gravi lesioni sul lato della piazza. La chiesa parrocchiale di Santa Maddalena crollò.

Nella vicina parrocchia di San Giovanni dell'Acqua crollarono 16 abitazioni , 14 risultarono inagibili. In seguito alla scossa del 22 gennaio nessun edificio pubblico risultò ancora agibile ad eccezione della cattedrale e della chiesa di Santa Maria del Pianto.

Ulteriori energiche scosse fra la notte del 12 e 13 marzo causarono la caduta di una volta ed il crollo di parte del tetto del palazzo del governatore. Crolli si ebbero anche in corrispondenza della chiesa della SS. Annunziata.

Fra i sismi più rilevanti subiti dalla città di Foligno occorre annoverare anche la sequenza sismica del **1997 - 98** (Forcatura) che la città subì con un **VII ° MCS**.



Durante il sisma del **30 ottobre 2016** con epicentro nei pressi di **Piè la Rocca in Comune di Norcia** (magnitudo 6,5) la stazione sismica di

Foligno, data la distanza ha registrato una accelerazione orizzontale di picco pari a **109,78** cm/sec² (ovvero 1,09 m/sec² = 109 gal = 0,11g = 11,1 % della accelerazione gravitazionale). Per raffronto , a Norcia quel valore ha raggiunto 476 cm/sec² (48 % di g) e ad Accumoli 546 cm/sec² (55% di g), mentre a Castelluccio di Norcia la cosiddetta Pga (Peak ground acceleration) si è spinta sino a 782 cm/sec² e a Savelli 869 cm/sec² (pari a circa 88% dell'accelerazione di gravità fonte *ESM Engineering Strong Motion Database*).



4. DATI MICROZONAZIONE III LIVELLO

Su incarico del Comune di Foligno nel 2018-19 lo studio S.G.A. con sede in Perugia, ha effettuato (a seguito dell'O.C.D.P.C. n. 293/2015) , studi di Microzonazione Sismica di livello 3, che riguardano parte dell'area pianeggiante della città di Foligno ed in alcune frazioni al contorno.

Nella classificazione geologico tecnica dei terreni di copertura l'area degli Orti Orfini è stata definita con la sigla **MLca** ovvero: "*Limi, limi sabbiosi e limi argillosi prevalenti da poco a moderatamente consistenti, con, in alcune aree, subordinati livelli ghiaioso limosi e ghiaiosi anche di spessore metrico, da moderatamente addensati a molto addensati. Ambiente di conoide alluvionale*".

Per quando riguarda invece le unita costituenti il basamento sismico ($V_s > 800$ m/s), sono state considerate tre tipologie:

- **GMca** - "*Ghiaie sabbioso limose e ghiaie limose molto addensate, alternate a subordinati livelli da metrici a plurimetrici limosi e limoso argillosi molto consistenti. Ambiente di conoide alluvionale*";
- **GMca/es?** - "*Ghiaie sabbioso limose e ghiaie limose da molto addensate a cementate, alternate a subordinati livelli da metrici a plurimetrici limosi e limoso argillosi molto consistenti. Ambiente di conoide alluvionale e/o di argine/barra/canale*";
- **ALS** – "*Substrato geologico lapideo stratificato costituito da torbiditi pelitico arenacee in strati da sottili a molto spessi con rapporto A/P variabile ma generalmente compreso tra 1/4 e 1/8*".

La Carta delle frequenza naturali dei terreni (f_0), e stata redatta all'interno dei perimetri delle aree di studio di livello 3. La carta delle frequenza naturali dei terreni (f_0), rappresentando il picco significativo a piu bassa frequenza nell'intervallo di interesse ingegneristico (0.1 – 20 Hz).

Tale carta, precisano gli autori della microzonazione (relazione illustrativa) è stata realizzata utilizzando principalmente le risultanze delle indagini HVSR realizzate ex novo e, subordinatamente, solo di alcune indagini pregresse ritenute attendibili. **Le carte di microzonazione sismica (ms) di livello 2 e 3** sono tre, ognuna descrivente la distribuzione areale del valore del fattore di

amplificazione FA per tre differenti intervalli di periodo: 0.1- 0.5 s, 0.4 - 0.8 s, 0.7 - 1.1 s (¹).

Le carte riportano la distribuzione di:

- microzone omogenee di livello 3 con quantificazione dei fattori di amplificazione (FA) per il periodo corrispondente, definite attraverso la MS3 (microzonazione di terzo livello), a cui sono associati accelerogrammi di output e spettri di output specifici, secondo tabelle specifiche;
- microzone omogenee di livello 2 con quantificazione del valore di FA per quanto riguarda le aree già oggetto di precedenti studi di MS2 (microzonazione di secondo livello) da parte del Comune di Foligno, esterne ai perimetri delle aree di studio della MS3;
- zone di suscettibilità per instabilità per liquefazione con quantificazione dei fattori di amplificazione (FA) e del valore medio dell'indice del potenziale di liquefazione (IL) nell' "Area B – Budino".

Le carte sono state eseguite mediante criteri, dati ed elaborazioni dettagliate. Di seguito una descrizione sintetica (in tabella) dei principali elementi presenti nelle carte di Microzonazione sismica, esclusivamente all'interno del perimetro delle aree oggetto di Microzonazione sismica di livello 3 per il sito in esame.

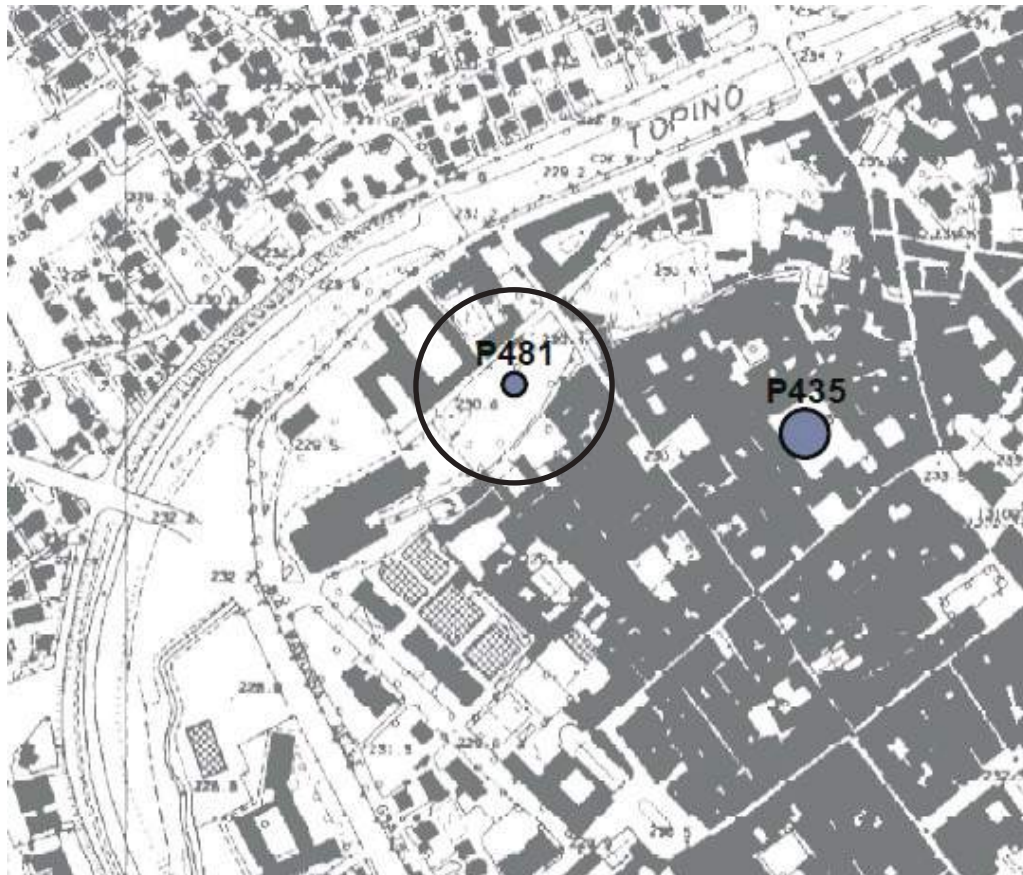
MOPS	FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1	NOME FILE ACCELEROGRAMMI OUTPUT	NOME FILE SPETTRI OUTPUT	V _{s,eq} V _{s30} m/s	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO NTC 2018
2031	1.49	1.36	1.61	FolignoAccO141.txt	FolignoPSAO141.txt	402	B
				FolignoAccO142.txt	FolignoPSAO142.txt		
				FolignoAccO143.txt	FolignoPSAO143.txt		
				FolignoAccO144.txt	FolignoPSAO144.txt		
				FolignoAccO145.txt	FolignoPSAO145.txt		
				FolignoAccO146.txt	FolignoPSAO146.txt		
				FolignoAccO147.txt	FolignoPSAO147.txt		

(¹) s sta per secondi .

MICROZONAZIONE SISMICA

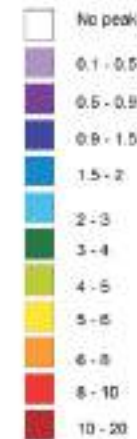
Carta delle frequenze naturali dei terreni (f_0)

STRALCIO CARTOGRAFICO FUORISCALA



Legenda

Frequenza f (Hz)



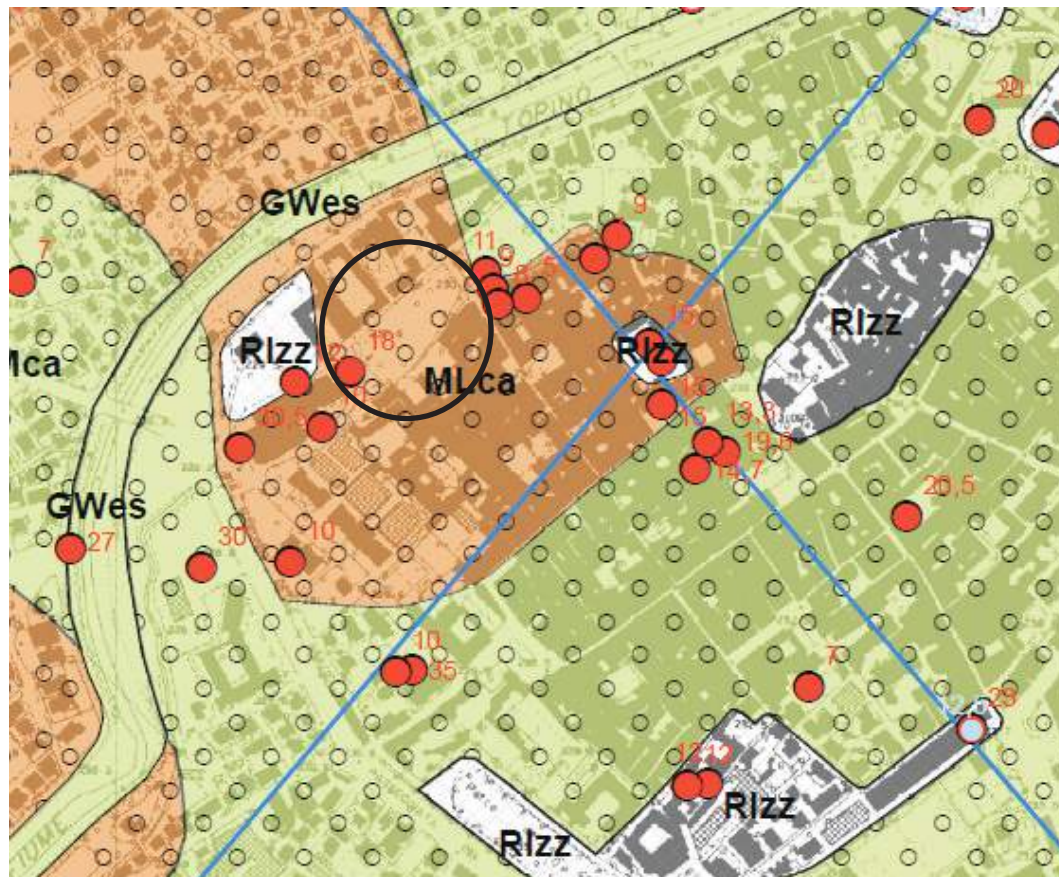
Ampiezza A_0



MICROZONAZIONE SISMICA

Carta geologico-tecnica

STRALCIO CARTOGRAFICO FUORISCALA







Terreni di copertura

MLca Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose e argillose, limi argillosi di bassa plasticità di conoidi alluvionali - moderatamente consistenti

Forme di superficie e sepolte

 Conoidi alluvionali

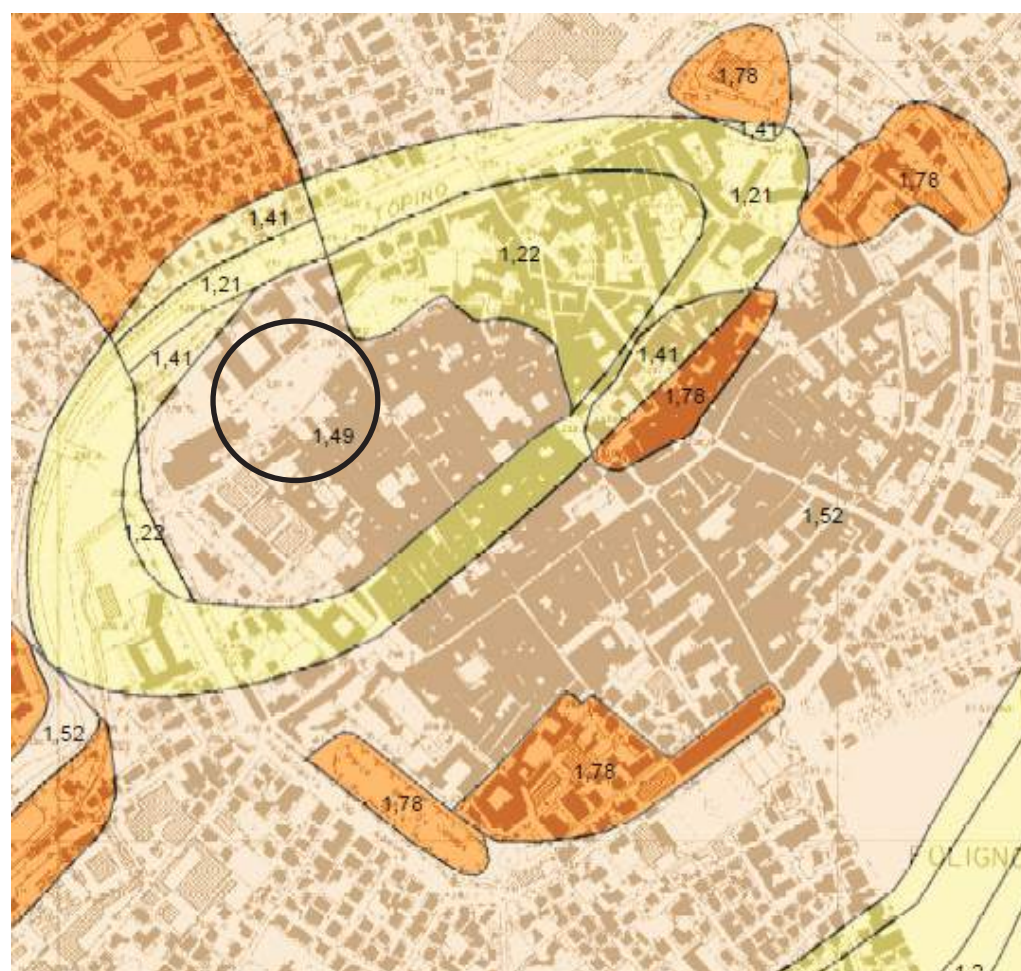
Elementi geologici e idrogeologici

-  Pozzo e sondaggio che ha raggiunto il substrato geologico
-  Pozzo e sondaggio che non ha raggiunto il substrato geologico
-  Piezometri della falda in aree con sabbie e/o ghiaie
-  Traccia di sezione geologica significativa e rappresentativa del modello del sottosuolo

MICROZONAZIONE SISMICA

Carta di microzonazione sismica FA0105s

STRALCIO CARTOGRAFICO FUORISCALA

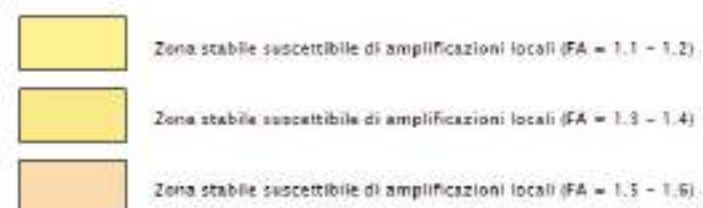


Distribuzione areale del valore del fattore di amplificazione FA per periodi compresi fra 0,1 e 0,5 s

Legenda

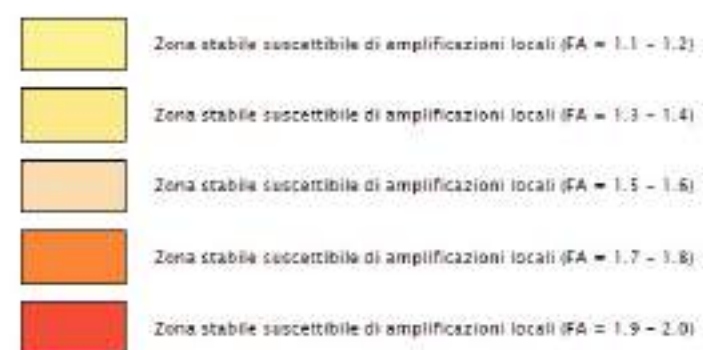
Microzonazione sismica di livello 2

Zone stabili e stabili suscettibili di amplificazioni locali

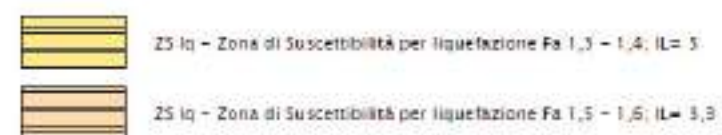


Microzonazione sismica di livello 3

Zone stabili e stabili suscettibili di amplificazioni locali



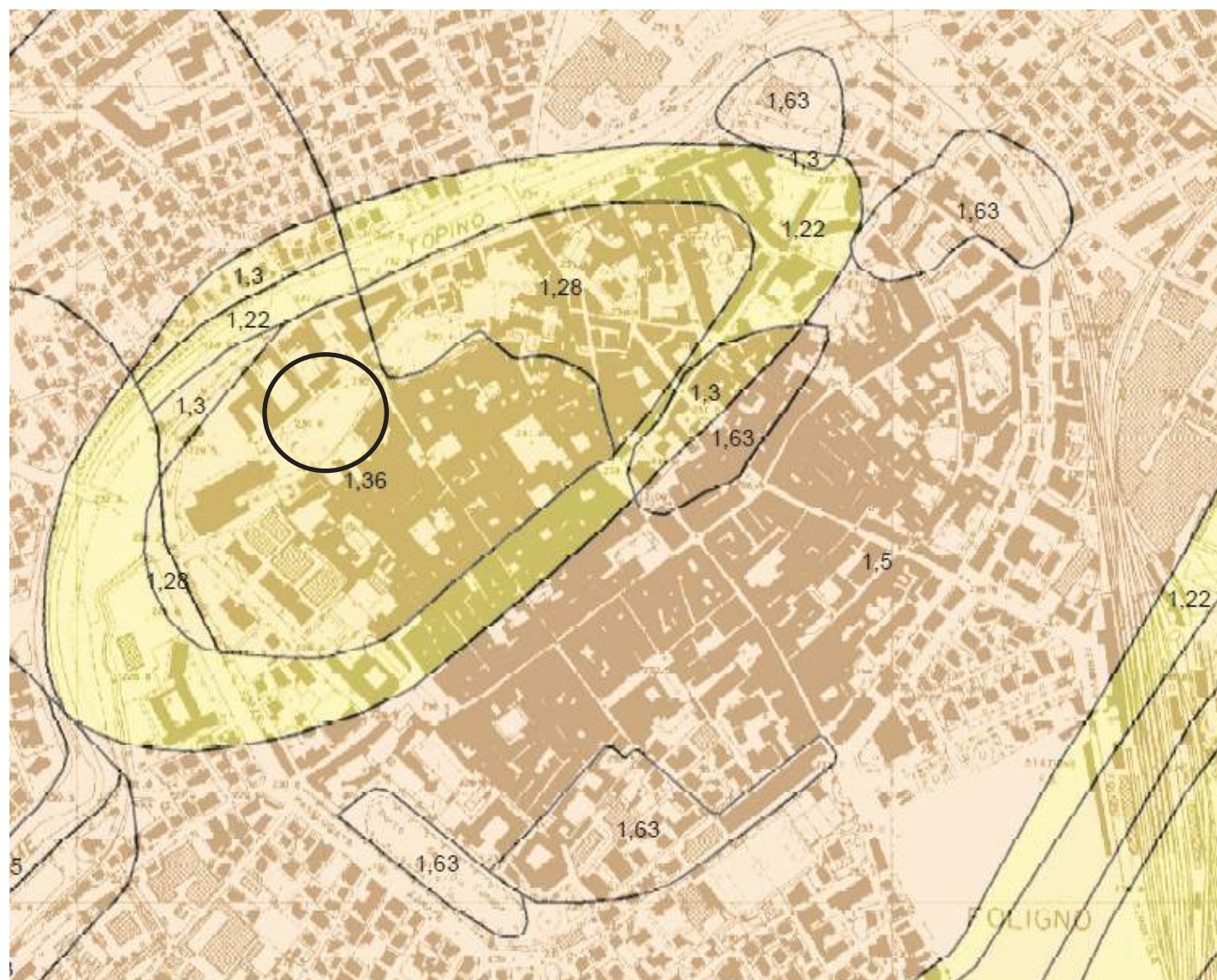
Zone suscettibili di Instabilità



MICROZONAZIONE SISMICA

Carta di microzonazione sismica FA0408s

STRALCIO CARTOGRAFICO
FUORISCALA






Distribuzione areale del valore del fattore di amplificazione FA per periodi compresi fra 0,4 e 0,8 s

Legenda


Microzonazione sismica di livello 2

Zone stabili e stabili suscettibili di amplificazioni locali



-  Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali (FA = 1,1 - 1,2)
-  Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali (FA = 1,3 - 1,4)
-  Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali (FA = 1,5 - 1,6)

Microzonazione sismica di livello 3

Zone stabili e stabili suscettibili di amplificazioni locali

-  Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali (FA = 1,1 - 1,2)
-  Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali (FA = 1,3 - 1,4)
-  Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali (FA = 1,5 - 1,6)
-  Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali (FA = 1,7 - 1,8)
-  Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali (FA = 1,9 - 2,0)
-  Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali (FA = 2,1 - 2,2)

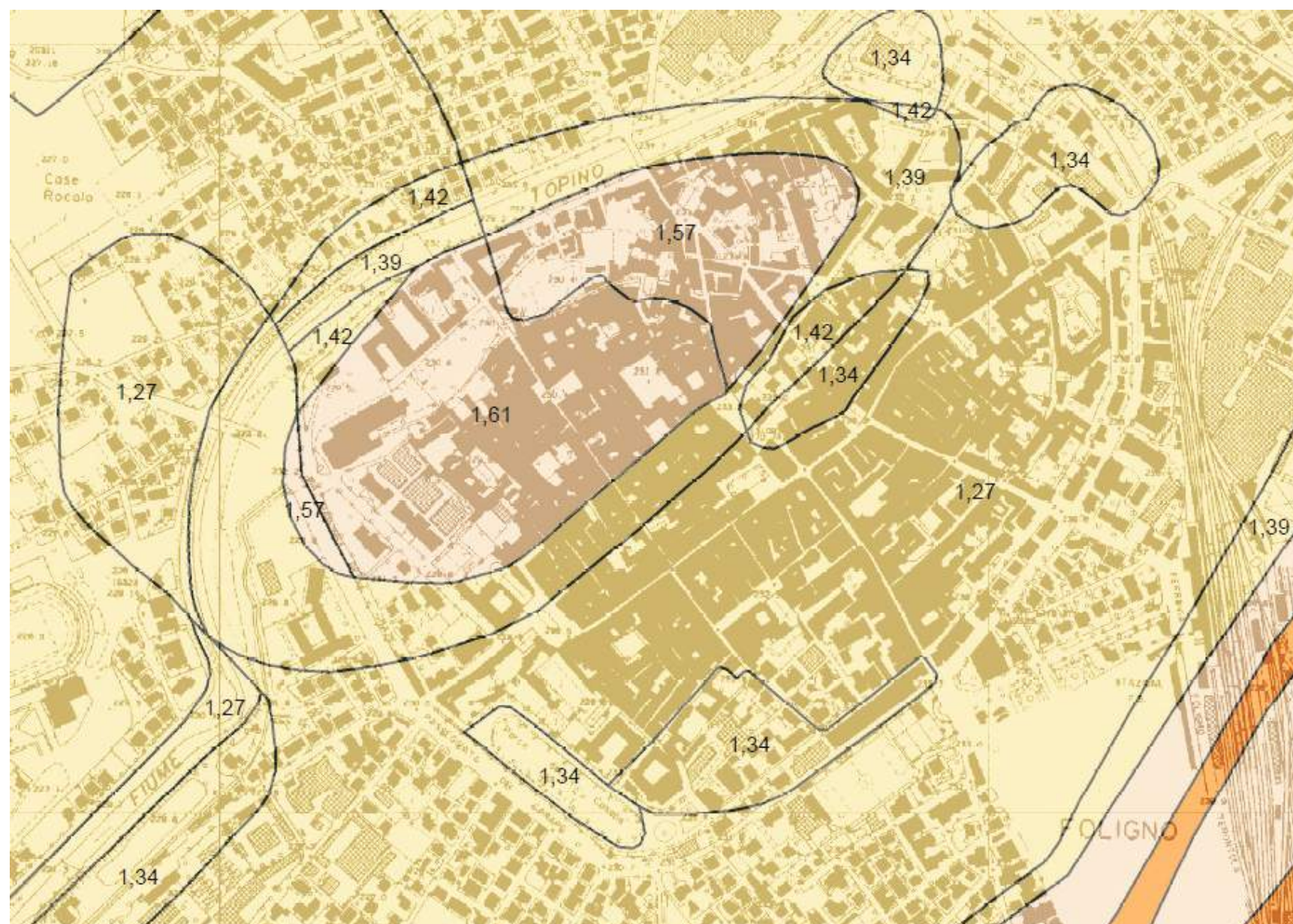
Zone suscettibili di Instabilità

-  ZI lo - Zona di Suscettibilità per liquefazione Fa 1,1 - 1,6; IL= 3
-  ZI li - Zona di Suscettibilità per liquefazione Fa 1,8 - 2,0; IL= 3,3

MICROZONAZIONE SISMICA

Carta di microzonazione sismica FA0711s

STRALCIO CARTOGRAFICO FUORISCALA





Distribuzione areale del valore del fattore di amplificazione FA per periodi compresi fra 0,7 e 1,0 s

Legenda

Microzonazione sismica di livello 2

Zone stabili e stabili suscettibili di amplificazioni locali

-  Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali (FA = 1,1 - 1,2)
-  Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali (FA = 1,3 - 1,4)
-  Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali (FA = 1,5 - 1,6)

Microzonazione sismica di livello 3

Zone stabili e stabili suscettibili di amplificazioni locali

-  Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali (FA = 1,1 - 1,2)
-  Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali (FA = 1,3 - 1,4)
-  Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali (FA = 1,5 - 1,6)
-  Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali (FA = 1,7 - 1,8)
-  Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali (FA = 1,9 - 2,0)
-  Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali (FA = 2,1 - 2,2)
-  Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali (FA = 2,3 - 2,4)
-  Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali (FA = 2,5 - 3,0)

Zone suscettibili di instabilità

-  ZS Iq - Zona di suscettibilità per liquefazione Fa 1,5 - 1,6; R= 5
-  ZS Iq - Zona di suscettibilità per liquefazione Fa 1,9 - 2,0; R= 3,3

5. PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE .

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 e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $Se(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, nel periodo di riferimento VR . In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica locale dell'area della costruzione. Ai fini della normativa in vigore le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento PVR nel periodo di riferimento VR , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T^*_C valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per i valori di a_g , F_0 e T^*_C , necessari per la determinazione delle azioni sismiche, la normativa vigente fa riferimento alla precedente normativa, in particolare agli Allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n.29, ed eventuali successivi aggiornamenti.

Le coordinate del sistema Geotvedico globale **WGS84** , verificabili anche attraverso sistemi di cartografia on-line quali << *Google Earth* >> non corrispondono esattamente al sistema di nodi utilizzato dalle NTC 08 e NTC18 per la definizione dell'azione sismica di base che si riferisce al sistema locale **ED50**.

Operata la dovuta trasformazione, le coordinate geografiche da inserire nel foglio di calcolo risultano :

LATITUDINE Ed50 = **42.958113**

LONGITUDINE Ed50 = **12.699936**

Per convertire le coordinate di un punto in un altro sistema di riferimento di riferimento o del sistema di riferimento, selezionare il sistema di riferimento di riferimento e premere il pulsante Convert.

Nome mappa / Gauss Kruga zona 1 (EPSG:31466)

Est	1811733.26	Nord	4752711.83
-----	------------	------	------------

ED50 / UTM Zone 32N (EPSG:31466)

Est	881006.50	Nord	4752894.54
-----	-----------	------	------------

ED50 (EPSG:31466)

Lat	42.958113	Lon	12.699936
-----	-----------	-----	-----------

WGS84 (EPSG:4326)

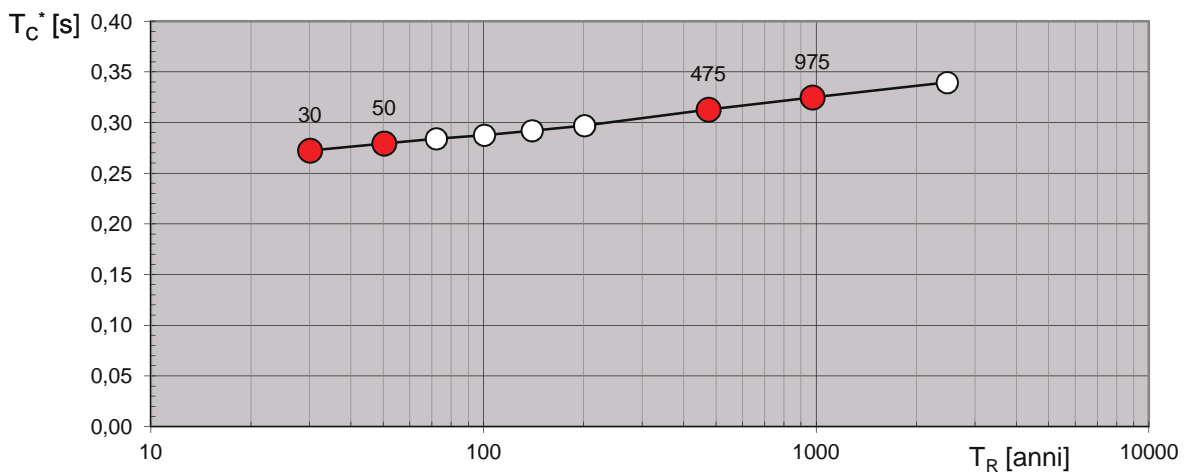
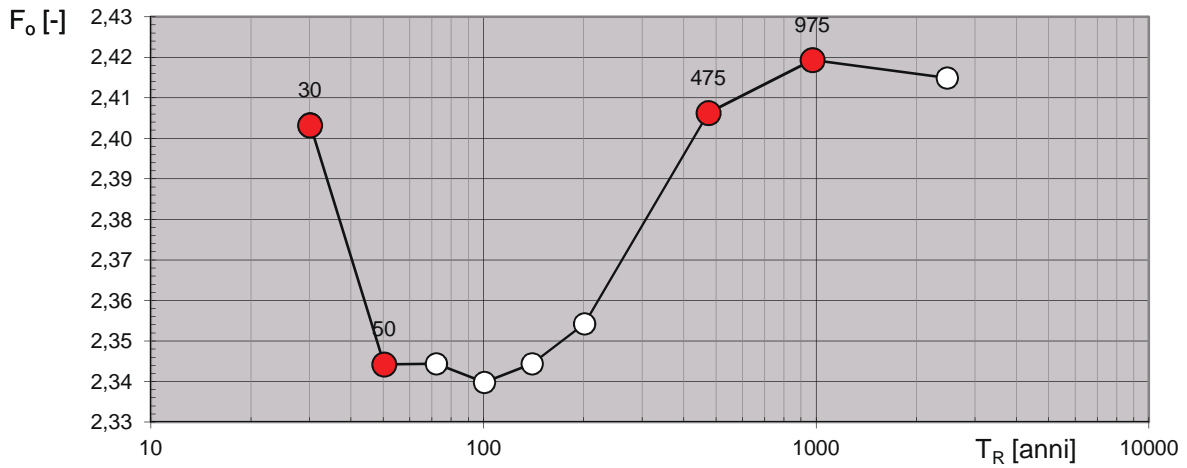
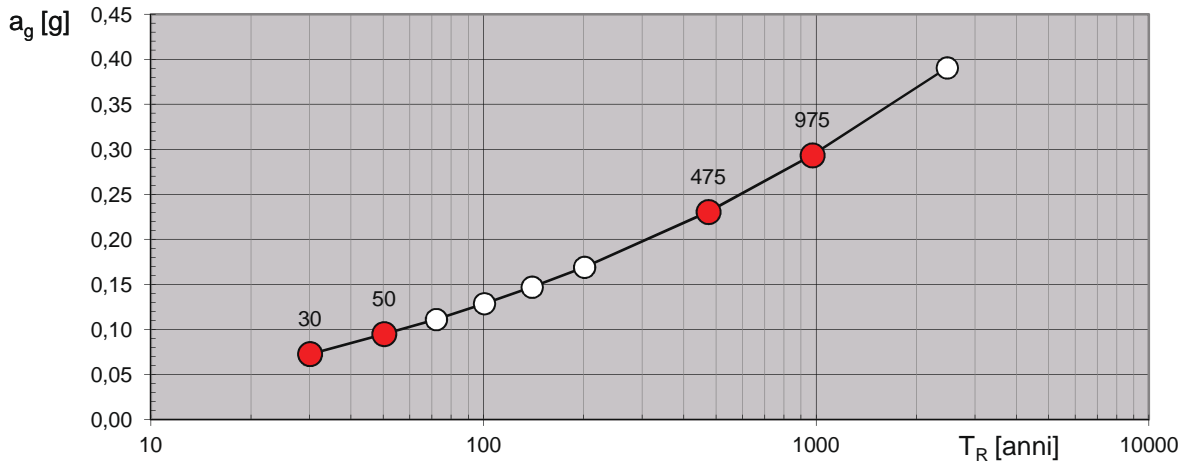
Lat	42.958113	Lon	12.699936
-----	-----------	-----	-----------



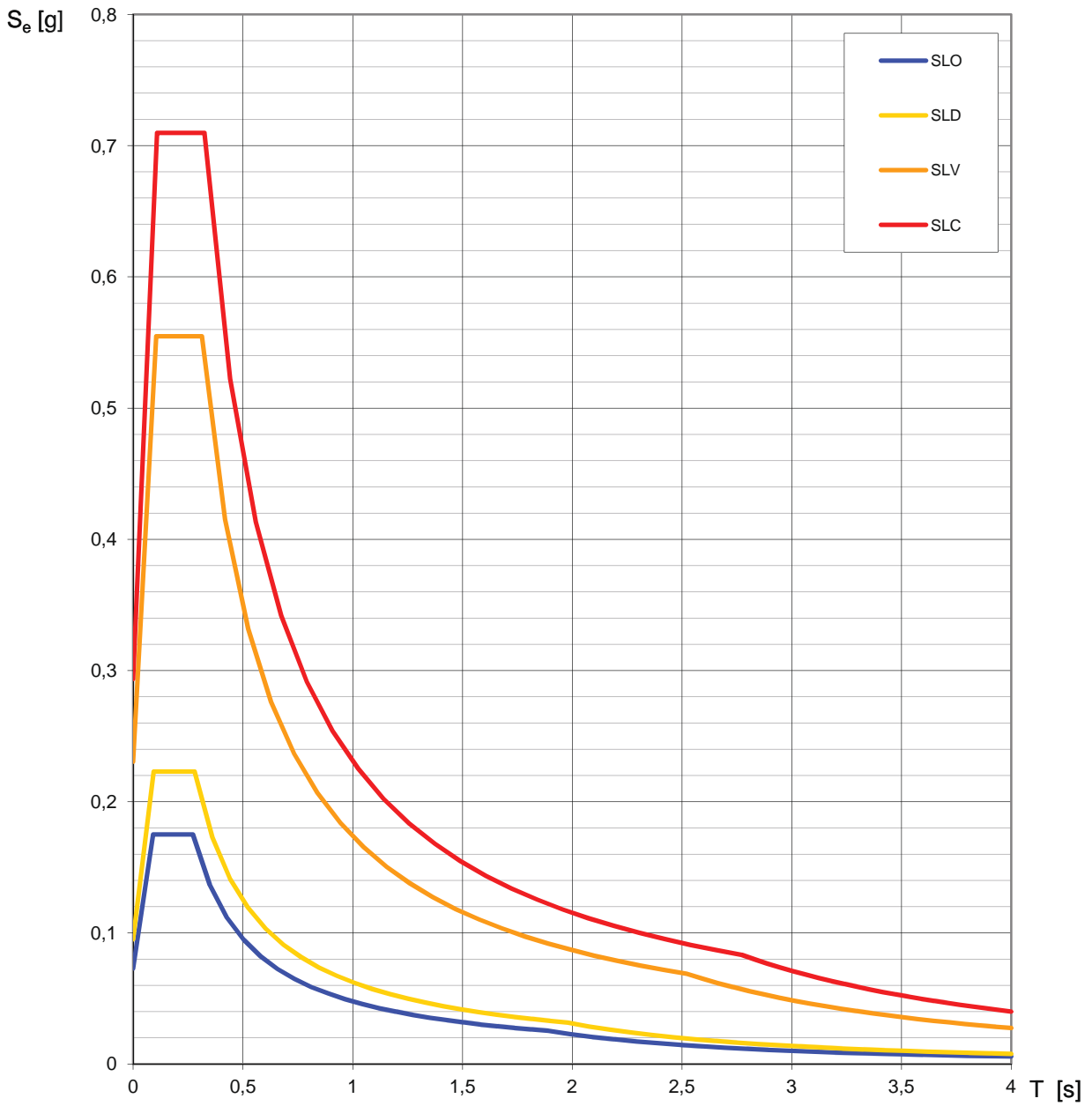
PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver.1.0.2"

Valori di progetto dei parametri a_g , F_o , T_C^* in funzione del periodo di ritorno T_R



Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver.1.0.2"

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0,073	2,403	0,272
SLD	50	0,095	2,344	0,279
SLV	475	0,231	2,406	0,313
SLC	975	0,293	2,419	0,325

6. INDAGINI SISMICHE E DEFINIZIONE DEL MODELLO SISMO STRATIGRAFICO MONODIMENSIONALE, INDIVIDUAZIONE DELLA CATEGORIA SISMICA E TOPOGRAFICA DEL TERRENO NEL MODELLO SEPLIFICATO PREVISTO DALLA NORMATIVA.

Per la definizione del modello sismostratigrafico monodimensionale sono state condotte le seguenti indagini :

- 1) Una linea sismica finalizzate alla determinazione dei profili verticali di velocità delle Onde di taglio (Onde S) mediante la metodologia MASW (“*Multichannel Analysis of Surface Waves*”);
- 2) Una indagine HVSR .

Dopo l'acquisizione dei dati è stata elaborata una analisi geofisica congiunta M.A.S.W. & H.V.S.R. al fine di definire il profilo verticale della Vs (velocità di propagazione delle onde di taglio) e per individuare il modello sismo-stratigrafico.

La metodologia utilizzata è la tecnica **M.A.S.W.** il cui principio è legato al carattere dispersivo delle onde di Rayleigh quando queste si propagano in un mezzo stratificato.

L'indagine è stata eseguita tramite apparecchiatura DoReMi (Sara Electronics), lungo un profilo di misura lineare con acquisizione della componente verticale delle onde di Rayleigh . Nel caso specifico è stata utilizzata una stesa costituita da 12 geofoni verticali a 4,5 Hz con distanza inter-geofonica di 4 metri con battuta a 7 metri.

L'indagine è stata integrata con acquisizione velocimetrica HVSR.

In maniera congiunta alle onde di **Rayleigh**, per meglio definire il modello e superare talune ambiguità interpretative, è stata infatti affiancata l'acquisizione di microtremore (**per la durata di 30 minuti mediante velocimetro** - *Geofono Triassiale Geospace da 4.5 HZ*).

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

Le fasi operative sono state:

1) Caricamento sismogrammi onde Rayleigh ed elaborazione della misura H.V.S.R.

2) Calcolo degli spettri di velocità Frequenza Hz – Velocità fase m/s.

3) Modellazione diretta delle curve di dispersione (elaborando in maniera congiunta con la curva H/V elaborata dall'indagine di microtremore), tramite assunzione di modelli Velocità/Spessori attribuiti a partire da dati geologico-stratigrafici dell'area e dai valori di Vs degli strati più superficiali.

4) Inversione dello spettro di dispersione in maniera congiunta con la curva H/V. (inversione dello spettro di Velocità - analisi Full Velocity Spectrum (FVS) -)

5) Modello finale della variazione della velocità Vs con la profondità confrontato anche con i dati relativi alle indagini penetrometriche e sondaggi eseguiti nell'area circostante.

Dal calcolo degli spettri di velocità Frequenza (Hz) / Velocità di fase (m/s) (fig. 2), si rileva la seguente sismostratigrafia a partire dal piano campagna:

Vs model (Vs30 & VsE: 425 425 m/s)

layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	106	0.7000	0.7000
2	127	0.2800	0.9800
3	375	0.8600	1.8400
4	233	1.9300	3.7700
5	615	9.1300	12.9000
6	291	6.4100	19.3100
7	750	14.7300	34.0400
8	710	5.1700	39.2100
9	725	144.1100	183.3200
10	1715	229.7200	413.0400
11	2100	352.6000	765.6400
12	2500	0	0

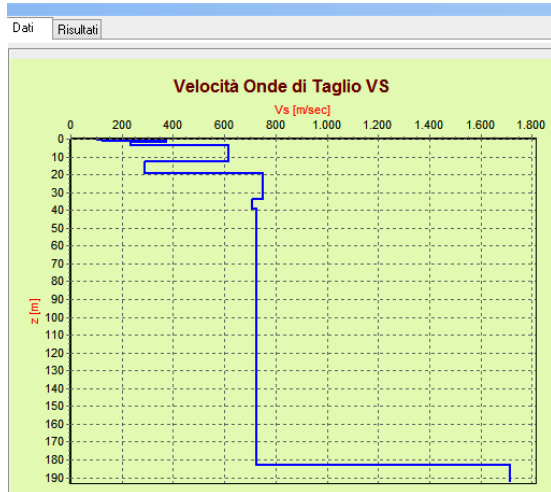
Nella figura sovrastante viene riportato il risultato finale.

Valori del modello ricavato

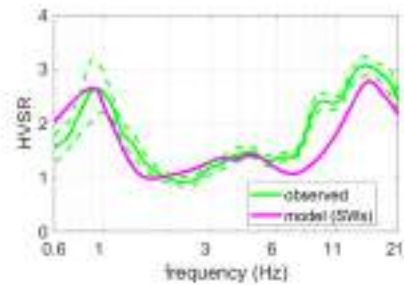
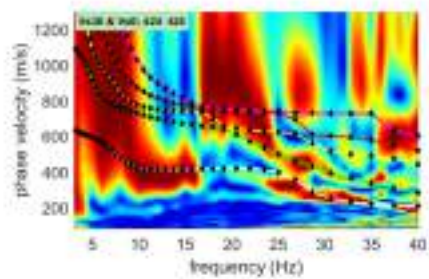
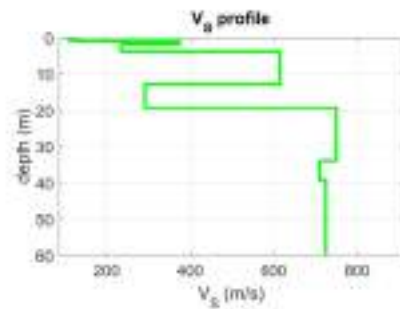
Mean model

V_s (m/s): 106, 127, 375, 233, 615, 291, 750, 710, 725, 1715, 2100, 2500

Thickness (m): 0.7, 0.3, 0.9, 1.9, 9.1, 6.4, 14.7, 5.2, 144.1, 229.7, 352.6



www.winmasw.com



Elaborazione congiunta ZVF e H.V.S.R.



Data elaborazione 01 Aprile 2023

Data esecuzione in campagna - Masw 24 Marzo 2023 - HVSR 29 Marzo 2023

Density (gr/cm³) (approximate values): 1.67, 1.72, 2.01, 1.88, 2.14, 1.94, 2.20, 2.18, 2.19, 2.42, 2.48, 2.53

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 19 28 282 102 811 164 1236 1100 1150 7129 10935 15797

Estimated static shear modulus (MPa) (approximate values): 0 0 0 0 0 0 0 0 550 1155 3909

Analyzing Phase velocities

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and Poisson (please, see manual)

Vp (m/s): 187 277 872 545 1110 760 1202 1159 1185 2749 3428 4082

Poisson: 0.26 0.37 0.39 0.39 0.28 0.41 0.18 0.20 0.20 0.18 0.20 0.20

Vs30 and VsE (m/s): 425

Il modello restituisce un valore della Vs equivalente, tramite il fitting effettuato sulla base della relazione:

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

dove:

Vs,i = velocità delle onde di taglio nell' i-esimo strato

hi = spessore dello strato i-esimo

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.

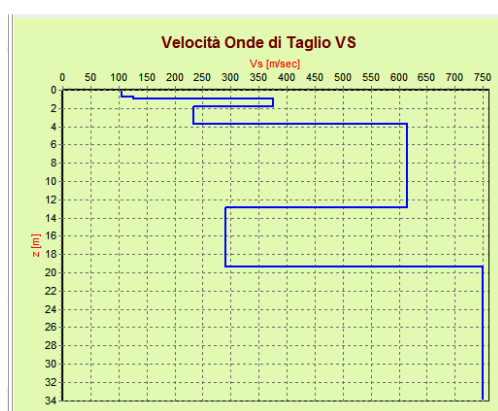
Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio VS,eq è definita dal parametro VS,30, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le

proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità (punto 3.2.2 NTC 2018).

Per la elaborazione finale dei dati è stata scelta la registrazione a 12 canali. Nel caso preso in considerazione tale valore risulta essere pari a 425 m/s (**al piano campagna**).

In base alle normativa vigente ed in base alla tabella sottostante il terreno può essere classificato come **sottosuolo di tipo B**.

Vs30 and VsE (m/s): 425 (al piano campagna)



Decreto 17 gennaio 2018 in aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni e pubblicato sul Supplemento ordinario n° 8 alla Gazzetta Ufficiale del 20/02/2018:

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.

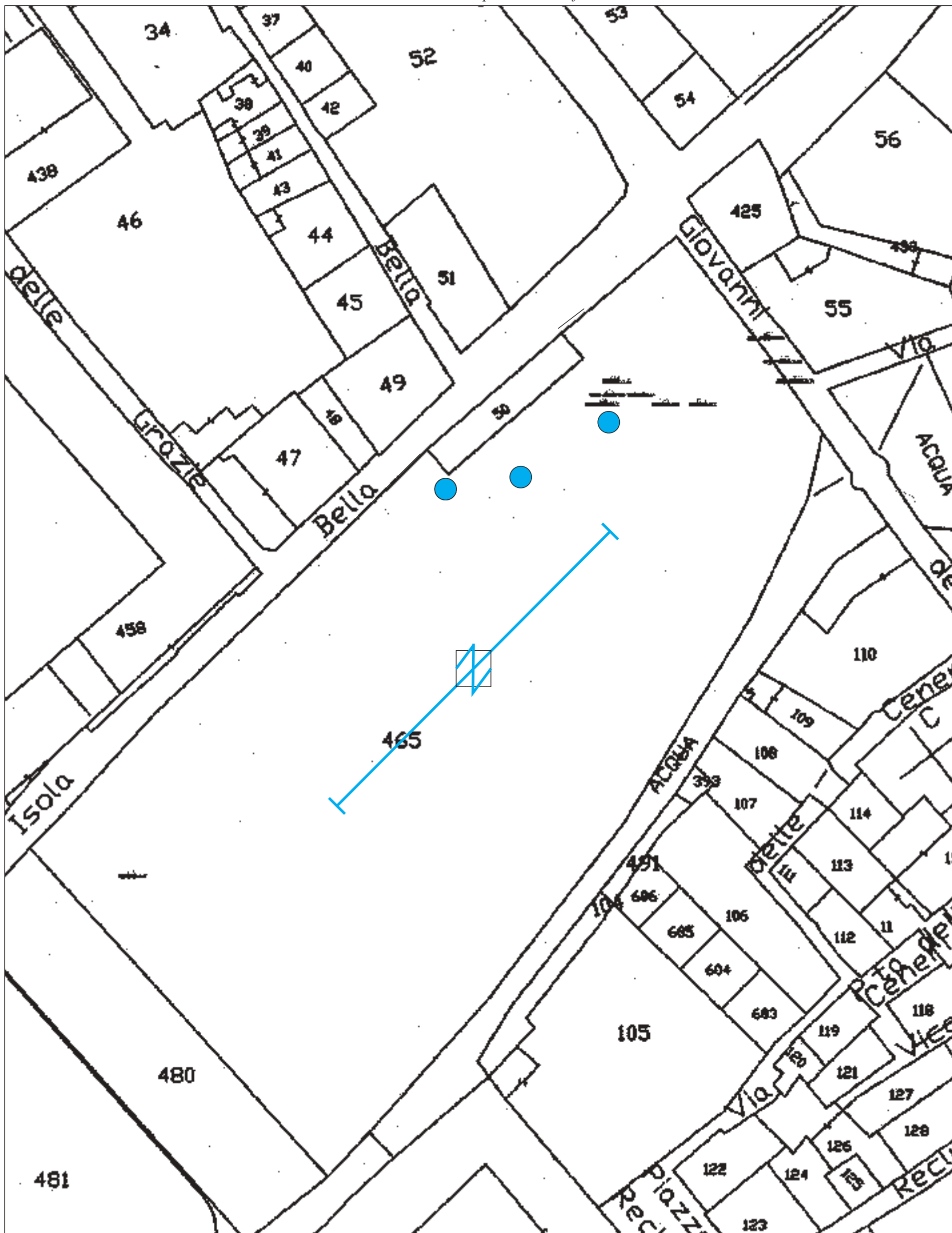
D - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.




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.

La pendenza dell'area è nettamente inferiore a 15° e corrisponde una categoria topografica pari a **T1**.

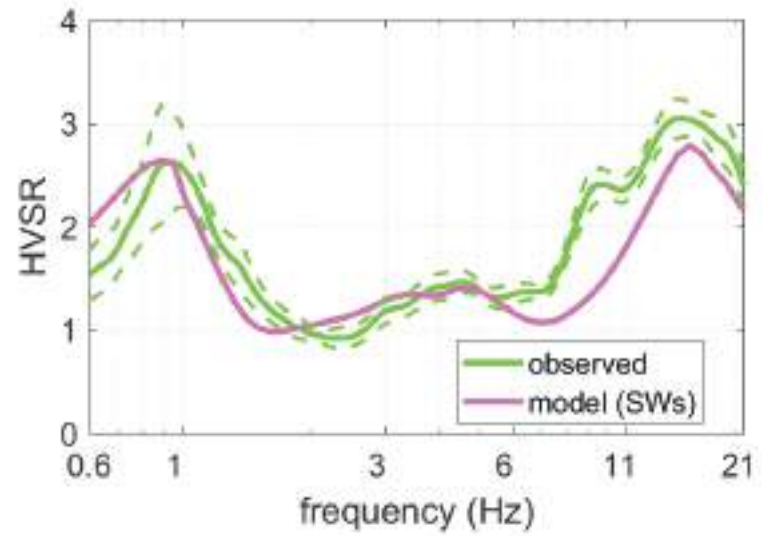
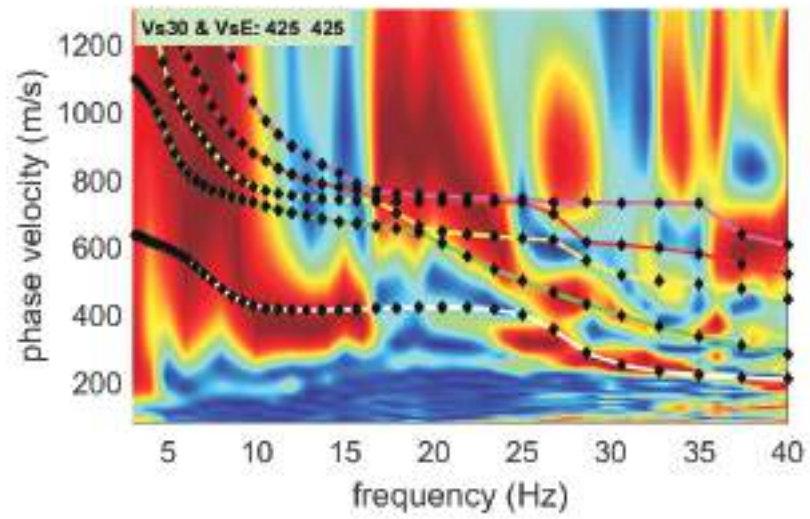
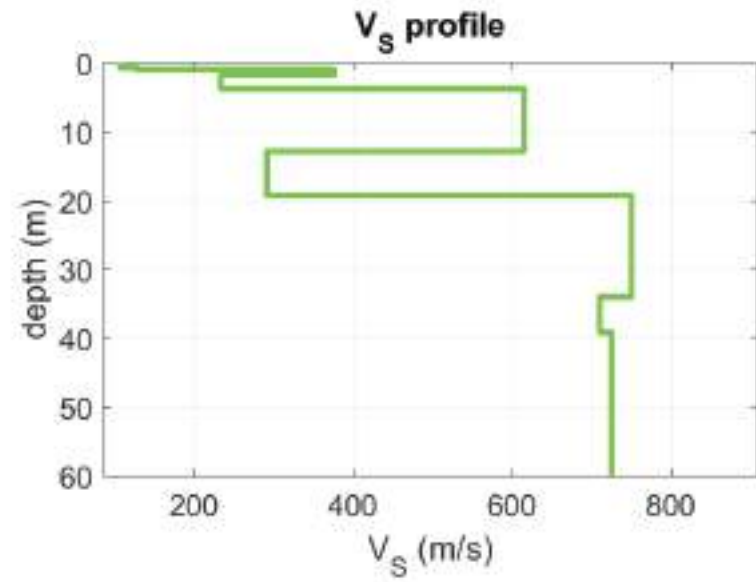
In relazione alla natura litotecnica e sismo-stratigrafica dei terreni , e al modesto intervento edilizio, si ritiene **l'approccio semplificato** (basato sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento) soddisfacente alla definizione dell'azione sismica locale. Se richiesto, si resta comunque a disposizione della committenza per un eventuale studio di risposta sismica locale, per il quale, tuttavia, sarà necessario un maggiore investimento finanziario sia per il relativo approfondimento delle indagini (come previsto dalla DGR n. 1163 del 21 ottobre 2019) , sia per la necessaria elaborazione di natura tecnica.

UBICAZIONE INDAGINI
Scala 1:1000 - Stampa in scala in formato A3



-  Indagini penetrometriche specifiche realizzate per lo studio in oggetto;
-  Indagine sismica Masw specifica realizzata per lo studio in oggetto;
-  Indagine Hvsr specifica realizzata per lo studio in oggetto;

www.winmasw.com



Elaborazione congiunta Masw - HVSr

7. TABELLA RIASSUNTIVA

Sito FOLIGNO - Orti Orfini (via Isola Bella, via San Giovanni dell'Acqua)

Dati storici – Sisma di maggiore rilevanza				
13 Gennaio 1832 – Epicentro fra Cannara e Budino - Magnitudo stimata = 6,4 – Intensità a Foligno VIII MCS				
Studi di Microzonazione esistenti				
Microzonazione III livello (Studio SGA).				
Fa 0,1-0,5 s = 1,49				
Fa 0,4-0,8 s = 1,36				
Fa 0,7-1,0 s = 1,61				
PARAMETRI PER DEFINIZIONE PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE				
LATITUDINE Ed50 = 42.958113				
LONGITUDINE Ed50 = 12.699936				
Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc'[s]
Operatività (SLO)	30	0,073	2,403	0,272
Danno (SLD)	50	0,095	2,344	0,279
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,231	2,406	0,313
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,293	2,419	0,325
PARAMETRI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE (Appr. semplificato)				
V_{seq} = V_{s 30} = 425 m/s (quota piano campagna)				
Categoria di Suolo = B				
Categoria Topografica = T1				
Dissesti : nessuno.				
Rischio di Liquefazione in fase sismica : assente.				

Nb - Per quanto non espresso in questa sede si prega di fare attento riferimento alla Relazione Geologica .

Dott. Geologo Adriano Fancelli