



COMUNE DI FOLIGNO  
AREA GOVERNO DEL TERRITORIO



- LOCALITA' PACIANA -

PIANO ATTUATIVO DI INIZIATIVA PUBBLICA  
PER IL COMPLETAMENTO DI UNA ZONA  
PER INSEDIAMENTI PRODUTTIVI

Elaborato invariato

ELAB. <b>B</b>	RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, SISMICA
-------------------	---

COORDINATORE DELLA PROGETTAZIONE: arch. Anna CONTI

GRUPPO DI LAVORO: dott. Gianluca MASSEI, dott.ssa Mariella MARIANI, geom. Luca PIERSANTI,  
geom. Gaetano MEDORINI, geom. Andrea BROCCOLO, geom. Enrico VOLPI,  
p.i. Pier Giorgio METELLI, sig.ra Franca MESA

IL DIRIGENTE DI AREA: dott. Vincent OTTAVIANI

DATA: Dicembre 2016

## 1. PREMESSA

La presente relazione è parte integrante del progetto: “**PRG’97 – Piano di iniziativa pubblica per il completamento di una zona per insediamenti produttivi: Completamento - Località Paciana**”, necessario per poter apportare modeste modifiche al **PIP - Paciana**, ambito a disciplina particolareggiata pregressa, classificato come zona “D4”, per il quale il PRG’97 recepisce le regole dei relativi strumenti urbanistici in vigore al momento della sua adozione (D.P.G.R. n. 11945 del 18.08.1996 e successive varianti).

### 1.1. Ubicazione dell’area

L’area indagata si colloca topograficamente in cartografia:

- I.G.M.I. - Foglio n.131 Tav. “**Spello** ” IV - N.E. (**All. 1**);
- C.T.R. - Sezione n. 324-010 “**FOLIGNO**” (**All. 2**);
- OrtoFotoCarta - Sezione n. 324.013 (**All. 3**);
- Planimetria catastale (**All. 4**).

L’area interessata dalla presente indagine si trova in località Paciana, frazione posta a NO della città di Foligno, ad una distanza di circa 2,5 km dal centro urbano della città di Foligno. Per quanto riguarda l’esatta definizione su base catastale, si rinvia agli elaborati di progetto.

## 2. STUDIO GEOLOGICO

### 2.1. Finalità e metodologia di studio

Il presente piano attuativo (**All. 6**) prevede in sintesi:

- l'adeguamento del perimetro di piano, estendendolo all'intero comparto individuato dal PRG '97;
- una razionalizzazione della viabilità interna, funzionale a migliorare la fruizione delle aree, anche dal punto di vista dello sviluppo produttivo delle aziende già insediate;
- una revisione dei parcheggi necessari a soddisfare il fabbisogno pubblico, mediante:
  1. la soppressione di un modesto tratto di strada tra i lotti 5 e 6 del 3° comparto (C);
  2. la conseguente pianificazione di due nuove strade con accesso diretto da via G. Vasari e via Shibukawa.

Sulla scorta di quanto sopra esposto, la presente relazione viene redatta sulla base degli studi e delle indagini condotte in passato per la redazione del PRG, utilizzando le recenti ricerche di microzonazione sismica ma anche i vari studi che sono stati svolti in occasione di opere pubbliche e private, a disposizione dell'amministrazione comunale.

Si è tenuto conto dei seguenti studi principali, precedentemente effettuati dall'amministrazione comunale, oltre a studi privati a disposizione dell'ufficio:

- Studio geologico a corredo del Nuovo Piano Regolatore Generale del Comune di Foligno;
- Relazione geologica e geotecnica a corredo del **P.I.P. località Paciana**, redatta dal geol. Ottaviani Vincent (28.10.1995);
- Relazione sugli aspetti idraulici relativa alla variante al **Piano per gli Insediamenti Produttivi “Paciana”**, redatta dal geol. Ottaviani Vincent (20.03.1997);
- **Microzonazione Sismica Speditiva di “Paciana”** approvata con D.G.R. 4363/98;
- Relazione geologica, geologico - tecnica redatta a corredo del Piano Straordinario per la messa in sicurezza degli edifici scolastici L. n. 289/2002, art. 80, c. 21. Primo Programma Stralcio: **Progetto definitivo Scuola Materna di Paciana** - Comune di Foligno (Aprile 2006);
- D.G.R. 18 settembre 2012, n. 1112: Attuazione Azione 1 - Indagini di microzonazione sismica e analisi della condizione limite per l'emergenza (CLE) degli insediamenti urbani. **Progetto dello studio di microzonazione sismica di livello 2**;
- Relazione geologica- idrogeologica, sugli aspetti geologici e sismici per la **Realizzazione di un edificio industriale di proprietà della N.C.M. S.p.A.**, redatta dal geol. Silla Nadia (13.06.2014).

A tal proposito si fa riferimento a sondaggi e indagini geognostiche (**All. 9**) ricadenti nell'area in esame e in quelle contermini, su terreni dello stesso complesso geologico.

L'indagine svolta è stata così articolata:

- esame delle caratteristiche geomorfologiche e geologiche generali, mediante l'esecuzione di un rilevamento di campagna, esteso per un'area significativa;
- esame delle caratteristiche idrogeologiche locali, attraverso la consultazione della cartografia già disponibile in Comune, elaborata dopo un rilevamento dei punti d'acqua significativi e misurazione dei relativi livelli statici;
- ricostruzione della litostratigrafia superficiale attraverso la consultazione dei risultati dei sondaggi geognostici eseguiti per la redazione della relazione geologica allegata al P.I.P. del 1982 (geol. P. Conversini);
- consultazione ed elaborazione dei dati geotecnici acquisiti attraverso l'esecuzione di:
  - prove CPT e SCPT nella confinante area già oggetto di Piano Particolareggiato nel 1994 da parte del Comune di Foligno;
  - una prova statica CPT, eseguita nel 1995 ad integrazione dei dati già disponibili, nell'ambito dell'area oggetto dell'area in oggetto;
  - indagini geognostiche consistenti in n. 1 sondaggio a carotaggio continuo, n. 2 SPT, n. 1 prova penetrometrica dinamica con DPM (30) eseguite a corredo del Progetto definitivo Scuola Materna di Paciana - Comune di Foligno;
- analisi dei dati precedentemente acquisiti.

## 2.2. Contesto geologico di riferimento con preciso riferimento al progetto

### 2.2.1. Geologia

La zona oggetto del presente studio si colloca all'interno della pianura della Valle Umbra, vasta area pianeggiante occupata da depositi clastici di origine fluvio-lacustri derivanti dal colmamento dell'antico Lago Tiberino (Plio - Pleistocene) (**All.ti 10 – 11 – 12**).

L'evoluzione sedimentaria del bacino tiberino è passata da una fase di ambiente lacustre ad una fluvio-lacustre, dovuta alla progressiva chiusura del bacino ed al contemporaneo apporto di materiali ad opera dei corsi d'acqua che vi confluivano. Ciò ha comportato che in gran parte della pianura folignate siano presenti sedimenti fluvio-lacustri caratterizzati, per genesi, da estrema variabilità sia laterale che verticale, delle proprietà litologiche e geometriche.

I depositi che caratterizzano l'area sono di caratteristica origine fluviale - alluvionale costituiti prevalentemente da ghiaia, talora con intercalazioni interdigitate sabbiose e limo-argillose, in corrispondenza dell'area che fino a tempi storici era occupata da un esteso bacino palustre/lacustre e che, a più riprese, è stata completamente bonificata.

La Carta Geologica d'Italia F° 131 – Foligno, riporta la presenza di *sedimenti fluvio – lacustri terrazzati di colmamento della piana spoletino - folignate delle formazioni mesozoiche e terziarie locali*.

**Scala di dettaglio** - Litologicamente la zona è caratterizzata dalla presenza di alternanze di ghiaie, limi e sabbie, secondo lo schema stratigrafico seguente:

- |             |  |
|-------------|--|
| - 0,0 - 0,4 | - materiale di riporto   |
| - 0,4 - 5,5 | - limi sabbiosi debolmente argilloso di colore nocciola con ghiaia fine dispersa a luoghi abbondante, mediamente addensati |
| - > 5,5     | - ghiaie sabbiosi addensate  |

I primi metri di terreno sono costituiti da depositi alluvionali quali limi sabbiosi e/o debolmente argillosi di origine lacustre, sovrapposti a terreni ghiaioso - sabbiosi prevalenti, variamente intercalati a livelli limo argilosì, importanti ai fini idrogeologici in quanto ospitano il principale acquifero alluvionale della piana folignate – spoletina.

### **2.2.2. Geomorfologia**

Da un punto di vista geomorfologico generale l'area è inserita nella zona di passaggio tra la valle fluviale del Topino e la conoide alluvionale formata dal fiume al suo sbocco nella valle umbra, il quale rappresenta il principale agente morfogenetico locale.

Il sito in oggetto si presenta sostanzialmente pianeggiante, posto tra la quota media di circa 223-225 m s.l.m. con una lieve pendenza dell'ordine dell'1% verso OSO che permette il deflusso delle acque di precipitazione meteorica e di scorrimento superficiale, attraverso fossetti campestri presenti nelle aree non urbanizzate e in definitiva verso il collettore principale rappresentato appunto dal Fiume Topino.

A monte della città di Foligno il fiume Topino conserva una morfologia fluviale, tipicamente a meandri, non più esistente a valle, a causa della regimazione antropica del corso. Presso i lati esterni dei meandri fluviali si manifesta l'azione erosiva delle acque con migrazione laterale del corso d'acqua e per tale motivo alcuni dei meandri presenti nella zona sono stati protetti nel corso degli anni con opere di protezione spondale.

Sono assenti rischi geomorfologici in s.l. essendo l'area stabile dal punto di vista giacitutrale, nonostante la possibilità di fenomeni di erosione spondale e dell'alveo in tempi storici o in corrispondenza di eventi eccezionali.

### **2.2.3. Idrogeologia**

L'area in studio ricade all'interno del bacino idrografico del Fiume Topino che rappresenta, a grande scala, il principale asse drenante della piana folignate. In particolare è compresa tra il Torrente Chiona ed il Fiume Topino a SE, i quali seguono un tracciato orientato in direzione NE-SO con deflusso verso SO.

Il reticolto idrografico minore è costituito da canali campestri, la maggior parte dei quali risultano parzialmente o totalmente intubati.

In riferimento alle caratteristiche idrogeologiche dell'area, le indagini effettuate non hanno

evidenziato la presenza di falde freatiche superficiali, anche se è da prevedere in periodi di forti apporti meteorici localmente l'eventuale presenza di ristagni idrici superficiali dovuti prevalentemente ai terreni di natura limo argillosa nei livelli superficiali. La permeabilità dei terreni è variabile a seconda della granulometria dei terreni ed è da considerarsi rispettivamente medio bassa ( $10^{-5} < K < 10^{-3}$  cm/sec) per i limi argilosì presenti nei primi 1-3 m di profondità dal piano campagna, e medio alta ( $10^{-3} < K < 1$  cm/sec) per i depositi ghiaiosi presenti alla base dei materiali più fini.

Dal punto di vista idrogeologico i terreni della conoide alluvionale del Topino presentano, data la granulometria prevalentemente ghiaiosa, un elevato grado di permeabilità e consentono la formazione di una estesa falda freatica, espressione più superficiale di un sistema idrico di tipo multifalda interconnesso, che nella zona in questione si colloca ad una profondità di circa **19 m** dal piano campagna (Maggio 2014) ed un basso gradiente con un deflusso diretto verso SO, come risulta da misurazioni effettuate nei pozzi più limitrofi e confermato dalla Carta delle isofreatiche allegata allo studio geologico per il Nuovo Piano Regolatore Generale del Comune di Foligno (ottobre 1992 e successivo aggiornamento 2005). Tali depositi di subalveo svolgono un importante ruolo nell'alimentazione della falda contenuta nelle alluvioni della Valle Umbra.

### **2.3. Analisi cartografia Piano di Bacino PAI**

Il territorio in questione ricade complessivamente nell'unità idrografica del Fiume Topino, affluente del Fiume Tevere, governata dall'ente interregionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Tevere attraverso il Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico (PAI).

Con il Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico - PS6, approvato con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 10 novembre 2006 (G.U. 09.02.2007), sono state individuate le aree a rischio di inondazione e a rischio di movimenti franosi, riprendendo anche quelle un tempo già individuate nel Piano Straordinario diretto a rimuovere le situazioni di rischio molto elevato (PST approvato con delibera del Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino del fiume Tevere n. 85 del 29.09.1999).

Il PS6 approvato, relativo all'asta principale del fiume Tevere non contemplava il reticolo secondario e minore al quale afferiva il territorio del Comune di Foligno e quindi il fiume Topino. Infatti è da evidenziare che, in considerazione dell'urgenza e delle scadenze dettate dalla L. 183/89 e ss.mm.ii., di estendere la predisposizione delle carte del rischio idrogeologico anche al reticolo secondario e minore, l'area della pianura alluvionale del Fiume Topino è stata oggetto di un complesso studio idraulico redatto dal Consorzio di Bonificazione Umbra (CBU) su commissione della Regione Umbria, che ha portato alla redazione delle Mappe di allagabilità e di rischio idraulico nel bacino del Fiume Topino e del Torrente Maroggia, peraltro già approvate nella seduta del 22.02.2006.

Con questo piano di settore sovraordinato sono stati individuati l'Atlante delle situazioni di rischio di frana e l'Atlante delle situazioni di rischio idraulico, nonché alcuni elaborati con le Fasce fluviali e le zone di rischio del reticolo principale. Nelle aree perimetrati devono essere rispettate le disposizioni previste dalle Norme Tecniche di Attuazione facenti parte del piano, come disciplinate con quelle regionali di cui alla D.G.R. 28 aprile 2008 n. 447, integrata con la D.G.R. 18 giugno 2008 n. 707 (**All. 7-8**).

Il Comune di Foligno ha provveduto alla trasposizione cartografica dei limiti delle zone di rischio idraulico e delle zone di rischio da frana su cartografia alla scala adottata dal PRG'97, e su base catastale, formalizzata con determinazione dirigenziale n. 1720 del 26 novembre 2007. Gli elaborati grafici della trasposizione ricalcano, quindi, quelli del PRG'97 relativi alle aree interessate dalle perimetrazioni, in scala 1:4.000, con un quadro d'unione riepilogativo in scala 1:25.000.

Successivamente l'Autorità di bacino del fiume Tevere, per validare anche la cartografia elaborata esternamente (nel caso della Regione Umbria dal CBU), ha promosso il Progetto di primo aggiornamento del VI stralcio funzionale di cui sopra (detto "PAI bis"), pubblicandolo sul Bollettino Ufficiale della Regione dell'Umbria n. 14 del 30 marzo 2011. Il progetto di primo aggiornamento integra quello precedente, ricomprensivo anche quanto emerso dagli studi effettuati dal Consorzio della Bonificazione Umbra, riferiti al bacino del fiume Topino. Il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Tevere, con deliberazione n. 125 del 18 luglio 2012, ha adottato, ai sensi del comma 1 dell'art. 18 della legge 18 maggio 1989 n. 183 le modifiche al Piano di bacino del fiume Tevere – VI stralcio funzionale PS6 per l'assetto idrogeologico PAI – progetto di variante alle Norme Tecniche di Attuazione – adozione delle norme di salvaguardia, definitivamente approvato con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri il 10.04.2013 ed entrato in vigore il 13.08.2013 (G.U. n°188 del 12.08.2013).

#### **2.4. Vincoli di normativa derivanti dalla pericolosità idrogeologica ed idraulica e di PRG e vincoli di tutela paesaggistico - ambientale**

##### **- PAI - Mappe di allagabilità e di rischio idraulico nel bacino del Fiume Topino e del Torrente Maroggia**

Il sito d'indagine è esterno alle aree individuate dalle fasce di allagabilità riportate nella cartografia allegata al progetto di primo aggiornamento del Piano di Bacino del fiume Tevere – IV stralcio funzionale per l'assetto idrogeologico – PAI (PAI bis), approvato con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri il 10.04.2013 (**All. 7**).

##### **- PAI – Inventario dei fenomeni franosi**

Dall'esame della cartografia geomorfologica allegata al PAI, redatta dall'Autorità di Bacino del Fiume Tevere, l'ubicazione della zona interessata dalla variante in oggetto, è situata all'interno di una conoide di deiezione "zona di falda e/o cono di detrito di tipo inattivo" (**All. 8**). Uno studio

diretto condotto nella zona di interesse non ha evidenziato particolari situazioni di criticità di tipo idrogeologico, permettendo di escludere fenomeni di *debris flow* o colate di fango.

**- Vincolo idrogeologico**

L'area interessata non rientra tra quelle tutelate per legge ai fini idrogeologici di cui alla L.R. 28/2001 e ss.ii.

**- Vincoli di tutela paesaggistico**

L'area interessata non rientra tra quelle tutelate per legge ai fini paesaggistici, ai sensi dell'art. 142

- *Aree tutelate per legge* del D.Lgs. 42 del 22.01.2004 (articolo sostituito dall'art. 12 del D.Lgs. n. 157 del 2006, poi modificato dall'art. 2 del D.Lgs. n. 63 del 2008).

**- Vincoli NTA del PRG'97**

Per quanto riguarda le NTA del PRG'97 l'area in oggetto non risulta essere sottoposta ad altro vincolo contemplato dalle medesime (**All. 5**).

### 3. MODELLAZIONE GEOLOGICA

#### 3.1. Indagini e studi precedenti

Il presente progetto non prevede trasformazioni pianificatorie del territorio mantenendo inalterata la classificazione territoriale adottata dal PRG vigente. Ci si è avvalsi pertanto delle indagini esistenti, riportate nel seguito, rinviando alla fase di progettazione esecutiva degli interventi ivi consentiti, la realizzazione di adeguate e sufficienti indagini geognostiche secondo opportuni piani di indagine:

❖ **indagini geognostiche (All. A)**

- n. 4 S – sondaggi a carotaggio continuo
- n. 3 Sc – saggi geognostici
- n. 7 CPT – prove penetrometriche statiche e dinamiche pesanti

❖ **indagini sismiche (All. B)**

- n. 1 profilo di SISMICA A RIFRAZIONE in onde SH - 96 m;
- n. 2 profilo sismico MASW in onde di Love (Indagine di taratura)
- n. 1 misura di microtremori a stazione singola (HSVR)

#### 3.2. Piano delle indagini geognostiche e geofisiche

Al fine di definire la stratigrafia dell'area in oggetto sono stati riportati i dati derivanti da indagini geognostiche eseguiti nei dintorni ed acquisite dall'ufficio. Dai dati riportati si evidenzia la presenza di depositi ghiaiosi riscontrati in modo praticamente omogeneo nell'area rilevata, a partire da quote variabili dai 2,5 a 7,0-8,0 m di profondità rispetto al p.c., sottostanti o variamente intercalate, a luoghi, a livelli prettamente sabbiosi e/o limosi. Si evidenzia inoltre la scarsa variabilità laterale dei sedimenti, nonostante sia la caratteristica dei depositi di ambiente fluviale come quelli presenti nell'area di indagine (**Allegato A**).

La recente campagna sismica affidata dal Comune di Foligno all'Osservatorio Sismico "A. Bina" di Perugia, eseguita nell'ambito del Progetto di Microzonazione sismica di livello n 2, finanziata dalla Regione Umbria con D.G.R. n. 1112 del 18.09.2012, in corso di predisposizione, ha permesso di disporre di un sufficiente numero di indagini sismiche consistenti in prospezioni sismiche a rifrazione con profili onde P, MASW e indagini HSVR (**Allegato B**).

#### 3.3. Modello geologico di sintesi

Il modello geologico ricostruito per l'area in esame, sulla scorta dell'insieme dei dati disponibili e

delle indagini eseguite in precedenti lavori, porta a definire la presenza di una coltre detritica superficiale rappresentata da **sedimenti limi argillosi e/o sabbiosi** aventi caratteristiche di resistenza meccanica medie, sovrastanti un detrito ghiaioso da mediamente a fortemente addensato (Alluvioni terrazzate – at) (**All. 12**)

### 3.4. Caratteristiche geotecniche

La caratterizzazione geotecnica dei terreni interessati fa riferimento ai dati provenienti da indagini e prove pregresse effettuate nell'area in oggetto e nel suo intorno, secondo quanto illustrato nell'Allegato A. Si precisa che i parametri sono stati desunti mediando i valori ottenuti dalle relazioni proposte dai diversi autori, sia per i valori minimi che per quelli massimi:

- **LITOLOGIA: limo sabbioso debolmente argilloso, mediamente addensato**

(coesione)	$c_u = 0,7-1,2 \text{ kg/cm}^2$
(peso di volume del terreno)	$\gamma = 1,8 \text{ t/m}^3$
(angolo di attrito)	$\phi' = 30^\circ - 32^\circ$
(modulo elastico)	$E = 90 \text{ kg/cm}^2$
(modulo edometrico)	$E_d = 60 \text{ kg/cm}^2$

- **LITOLOGIA: ghiaia sabbiosa addensata**

(coesione)	$c = 0 \text{ kg/cm}^2$
(peso naturale di volume)	$\gamma = 1,90 - 2,00 \text{ t/m}^3$
(angolo d'attrito)	$\phi' = 38^\circ - 40^\circ$
(modulo elastico)	$E = 700 \text{ kg/cm}^2$

Per quanto riguarda il **coefficiente di sottofondo statico Ks** (Winkler), in genere la scelta è subordinata all'esecuzione di prove di carico in situ su piastra rigida, tuttavia, in prima approssimazione si potrà adottare un valore desunto dalla bibliografia pari a:

$$\begin{aligned} Ks &= 4,00-5,00 \text{ kg/cm}^3 && (\text{Limi sabbiosi moderatamente consistenti}) \\ Ks &= 8,00-9,00 \text{ kg/cm}^3 && (\text{Ghiaia medio fine addensata}) \end{aligned}$$

La resistenza dei terreni indagati, è stata valutata per correlazione tra il numero dei colpi registrati nel corso delle prove penetrometriche e quelli relativi alla prova SPT (Standard Penetration Test).

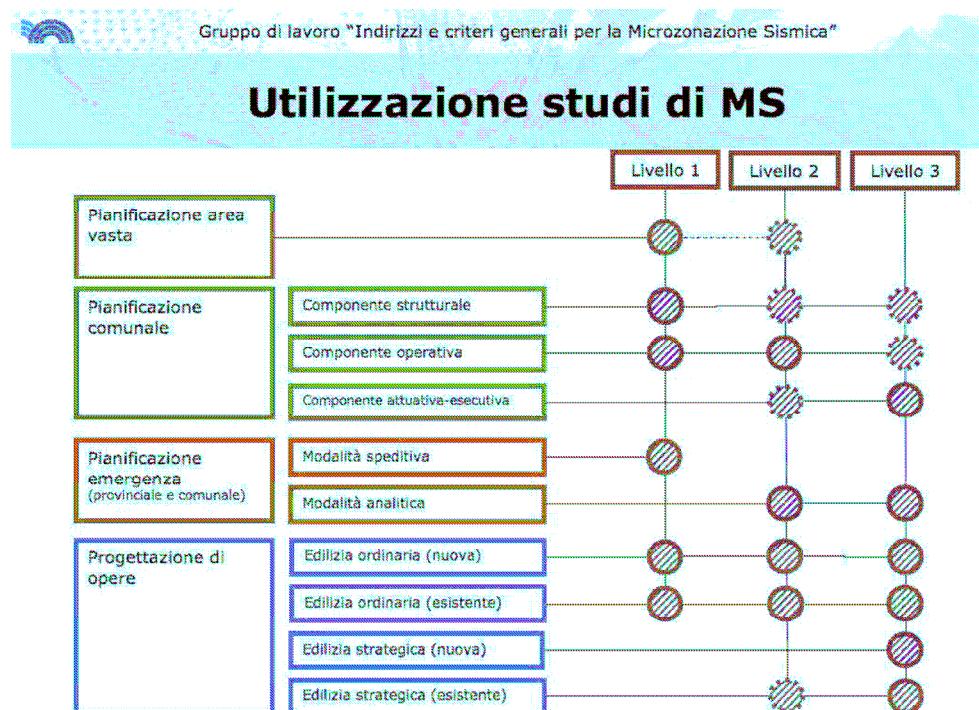
## 4. MICROZONAZIONE SISMICA

### 4.1. Finalità e metodologia di studio

Con l'approvazione del D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni", la classificazione sismica dei terreni di fondazione avviene sulla base della raccolta di parametri di carattere litologico, stratigrafico, sismico, geotecnico, topografico.

Con D.G.R. n. 377 del 08.03.2010 al punto 5), c. 3 viene stabilito che nelle zone 1 e 2 della classificazione sismica vigente, "gli strumenti attuativi (...) debbano essere sempre corredati da livelli di indagine di livello 3 di approfondimento qualora fossero necessari maggiori e dettagliati studi per la complessità dei fenomeni attesi (es. aree suscettibili di instabilità di versante, di liquefazioni, di addensamenti e di cedimenti differenziali, di deformazioni del suolo per faglie attive) o per l'importanza dell'opera (es. opere strategiche o rilevanti)".

In generale è necessario raggiungere un approfondimento conoscitivo proprio del livello 3 nel caso di progettazione di opere strategiche per finalità di protezione civile ovvero nella pianificazione di emergenza e nella componente attuativa – esecutiva della pianificazione comunale solo in caso di complessità dei fenomeni attesi, come riassunto nel seguente schema:



Ne risulta che il terzo livello di approfondimento si applica: • *nelle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, nei casi di situazioni geologiche e geotecniche complesse, non risolvibili con*

*l'uso degli abachi, o qualora l'estensione della zona in studio renda conveniente un'analisi globale di dettaglio o, infine, per opere di particolare importanza; • nelle zone suscettibili di instabilità particolarmente gravose per complessità del fenomeno e/o diffusione areale, non risolvibili con l'uso di metodologie speditive, fattispecie non riscontrabili nel presente intervento di piano.*

Considerato quindi che, il presente piano attuativo interessa semplicemente il completamento del P.I.P. - località Paciana (approvato con D.P.G.R. n. 11945 del 18.08.1996 e successive varianti) le cui previsioni ad oggi sono state essenzialmente attuate, che non prevede ulteriori insediamenti produttivi rispetto a quelli già realizzati e/o programmati con i precedenti piani, la cui proposta è stata dettata solo dalla necessità di adeguare il perimetro del piano, di razionalizzare la viabilità interna, e di revisionare i parcheggi esistenti necessari a soddisfare il fabbisogno pubblico, su aree già sottoposte a trasformazione urbanistica, si assume sufficiente una valutazione delle possibili amplificazioni in funzione della peculiarità geologica, geomorfologica e idrogeologica locale. In considerazione di quanto sopra, data, tra l'altro, l'assenza di opere strategiche per finalità di protezione civile, nonché di situazioni geologiche e geotecniche complesse, si reputa sufficiente raggiungere un approfondimento conoscitivo proprio del **livello 2**.

#### 4.2. Sismicità storica

##### Sismica storica di Foligno estratta dal Database Macroscismico Italiano DBMI11 [42.955, 12.704]

Di seguito viene riportata una lista dei terremoti che hanno provocato, presso l'abitato di Foligno, effetti anche rilevanti su opere ed edifici. Tali effetti vengono descritti da cronache storiche e recenti. La lista riportata nella tabella seguente è stata estratta dalle fonti ufficiali italiane (DMI11).

Nella prima colonna della tabella viene riportata l'intensità, in scala MCS (Mercalli Cancani Sieberg), relativa alla zona di Foligno. Con **Io** viene indicata l'intensità MCS della zona più colpita. Con **Mw** viene riportato il valore di Magnitudo presunta, unitamente al grado di tolleranza.

Numero di eventi riportati in tabella: 87

Effetti	In occasione del terremoto del:				
	I[MCS]	Data	Ax localizzazione)	P	Mw
7-8	1279 04 30 18:00	CAMERINO		7	6.31 ±0.33
F	1328 12 01	NORCIA		3	6.38 ±0.41

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I[MCS]	Data	Ax localizzazione)	p	Mw	
5-6	1477 01 30 16:00	Foligno		-6	$4.51 \pm 0.34$
7-8	1477 02 03 01:00	Foligno		-7	$4.93 \pm 0.34$
3-4	1672 04 14 15:45	Riminese	2		$5.61 \pm 0.21$
HD	1690 01 29	Foligno			$5.14 \pm 0.34$
7	1703 01 14 18:00	Appennino umbro-reatino	99	1	$6.74 \pm 0.11$
7	1703 01 16 13:30	Appennino umbro-reatino	2		
5	1719 06 27 06:30	Alta Valnerina	6		$5.53 \pm 0.31$
4-5	1730 05 12 05:00	Valnerina	15		$5.92 \pm 0.16$
6	1741 04 24 09:00	FABRIANESI	45		$6.21 \pm 0.13$
5	1745 03	SPOLETO			$5.14 \pm 0.34$
5	1751 06 11	S. GEMINI			$5.09 \pm 0.68$
6-7	1751 07 27 01:00	Appennino umbro-marchigiano	8	0	$6.25 \pm 0.22$
4-5	1781 06 03	CAGLIESE	57	0	$6.42 \pm 0.13$
F	1785 05 03 02:30	Alta valle del Chienti	1		$5.14 \pm 0.34$
7	1791 10 11 13:05	Appennino umbro	4		$5.49 \pm 0.27$
F	1805 07 26 21:00	Molise	23	0	$6.62 \pm 0.11$
8	1832 01 13 13:00	Valle del Topino	02	0	$6.33 \pm 0.14$
6	1838 02 14 07:30	Valnerina	5		$5.32 \pm 0.48$
6	1854 02 12 05:00	Valle del Topino			$5.55 \pm 0.44$

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I[MCS]	Data	Ax localizzazione)	p	o	Mw
			1		
6	1873 03 12 20:04	Marche meridionali	96		5.95 ±0.10
6	1878 09 15 07:20	Valle del Clitunno	4		5.42 ±0.28
5	1881 03 11 22:50	SPOLETO	5		4.66 ±0.37
NF	1895 05 18 19:55	Fiorentino	01		5.43 ±0.08
4-5	1897 12 18 07:24	Appennino umbro-marchigiano	32		5.13 ±0.14
5	1898 06 27 23:38	RIETI	86		5.49 ±0.12
5	1898 08 25	VISSO	6		5.04 ±0.29
5	1898 09 12 14:14	Alta Valnerina	6		
NF	1907 01 23 00:20	Adriatico centrale	3		5.06 ±0.15
NF	1909 01 13 00:45	BASSA PADANA	99	-7	5.53 ±0.09
4	1914 10 27 09:22	Garfagnana	18		5.76 ±0.09
4-5	1915 01 13 06:52	Avezzano	041	1	7.00 ±0.09
4	1915 03 15 11:23	Alta valle del Chienti	4		4.94 ±0.82
4	1915 03 26 23:37	Assisi	0		4.60 ±0.24
3	1916 08 16 07:06	Alto Adriatico	57		6.14 ±0.14
4	1917 04 26 09:35	Valtiberina	34	-10	5.89 ±0.11
3-4	1917 05 12 15:34	Ternano			5.10 ±0.27

<b>Effetti</b>	In occasione del terremoto del:				
<b>I [MCS]</b>	<b>Data</b>	<b>Ax localizzazione)</b>	<b>p</b>	<b>Mw</b>	
			4	-8	
4	1918 04 14 01:56	GIANO DELL'UMBRIA	3	4.55 ±0.32	
3	1919 06 29 15:06	Mugello	66	6.29 ±0.09	0
NF	1919 09 10 16:57	PIANCASTAGNAIO	7	-8	5.32 ±0.18
4	1922 06 08 07:47	CALDAROLA	2	4.89 ±0.19	
F	1924 01 02 08:55	Medio Adriatico	6	-8	5.36 ±0.16
4	1927 08 16 00:53	CASTEL SANT'ANGELO	7	4.56 ±0.27	
4	1930 10 30 07:13	SENIGALLIA	63	5.81 ±0.09	
3	1933 09 26 03:33	Maiella	26	5.95 ±0.09	
6	1935 06 06 11:05	FOLIGNO		4.30 ±0.34	
6	1936 04 05 18:10	FOLIGNO		4.36 ±0.25	
3	1936 12 09 07:34	CALDAROLA	2	-7	4.79 ±0.22
RS	1937 12 15 21:25	CAPITANATA	3	-5	4.62 ±0.26
4	1940 10 16 13:17	RADICOFANI	06	-8	5.26 ±0.14
5	1950 09 05 04:08	GRAN SASSO	86	5.68 ±0.07	
5	1951 08 08 19:56	Gran Sasso	4	5.30 ±0.14	
5	1951 09 01 06:56	SARNANO	1	5.34 ±0.20	
NF	1958 06 24 06:07	L'Aquila	52	-8	5.21 ±0.11
F	1964 08 02 10:40	PRECI		5.09 ±0.25	

<b>Effetti</b>	In occasione del terremoto del:						
<b>I [MCS]</b>	<b>Data</b>	<b>Ax localizzazione)</b>	<b>p</b>	<b>Mw</b>	<b>o</b>	<b>o</b>	
			5				
2	1969 08 11 13:55	TRASIMENO	6	4.94 ±0.18			
6	1979 09 19 21:35	Valnerina	94	-9 5.86 ±0.09			
4	1980 11 23 18:34	Irpinia-Basilicata	394	0 6.89 ±0.09			
4	1982 10 17 04:54	PERUGINO	6	4.61 ±0.20			
4	1984 04 29 05:02	GUBBIO/VALFABBRICA	09	5.65 ±0.09			
2-3	1986 10 13 05:10	Appennino umbro-marchigiano	22	-6 4.65 ±0.09			
4	1993 06 04 21:36	Nocera Umbra	0	-6 4.50 ±0.13			
4-5	1993 06 05 19:16	GUALDO TADINO	26	4.74 ±0.09			
NF	1997 07 15 08:51	Appennino umbro-marchigiano	2	-5 3.69 ±0.21			
5	1997 09 03 22:07	Appennino umbro-marchigiano	71	-6 4.56 ±0.09			
4-5	1997 09 07 23:28	Appennino umbro-marchigiano	7	-6 4.38 ±0.15			
3-4	1997 09 09 16:54	Appennino umbro-marchigiano	9	-6 4.07 ±0.18			
4	1997 09 10 06:46	Appennino umbro-marchigiano	7	4.16 ±0.18			
6-7	1997 09 26 00:33	Appennino umbro-marchigiano	60	5.70 ±0.09			
7	1997 09 26 09:40	Appennino umbro-marchigiano	69	-9 6.01 ±0.09			
5	1997 10 03 08:55	Appennino umbro-marchigiano	90	5.25 ±0.09			
7	1997 10 06 23:24	Appennino umbro-marchigiano		5.46 ±0.09			

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax localizzazione)	p	o	Mw
			37		
6	1997 10 14 15:23	Appennino umbro-marchigiano	86	-8	5.65 ±0.09
5	1997 10 23 08:58	Appennino umbro-marchigiano	6		4.31 ±0.25
4-5	1997 11 09 19:07	Appennino umbro-marchigiano	80	-6	4.90 ±0.09
5	1998 02 07 00:59	Appennino umbro-marchigiano	2	-6	4.43 ±0.09
4	1998 02 16 13:45	Appennino umbro-marchigiano	3		4.03 ±0.19
6	1998 03 21 16:45	Appennino umbro-marchigiano	41		5.03 ±0.09
6	1998 03 26 16:26	Appennino umbro-marchigiano	08		5.29 ±0.09
4-5	1998 04 05 15:52	Appennino umbro-marchigiano	95		4.81 ±0.09
4-5	1998 06 01 13:57	Appennino umbro-marchigiano	3		4.29 ±0.18
4-5	1998 06 02 23:11	Appennino umbro-marchigiano	3	-6	4.28 ±0.09
5	1998 08 11 05:22	Appennino umbro-marchigiano	4	-6	4.53 ±0.41
3-4	1999 11 29 03:20	APPENNINO CENTRALE	2	-6	4.38 ±0.13
3	2000 12 16 07:31	Ternano	28	-6	4.25 ±0.09
4	2005 12 15 13:28	Valle del Topino	61	-6	4.66 ±0.09

Cronache storiche estratte dal testo: I Terremoti d'Italia (Mario Baratta 1901), pag. 757,758.

*"Il terremoto dell'11 ottobre 1791, sì gagliardo a Foligno da pregiudicare case e*

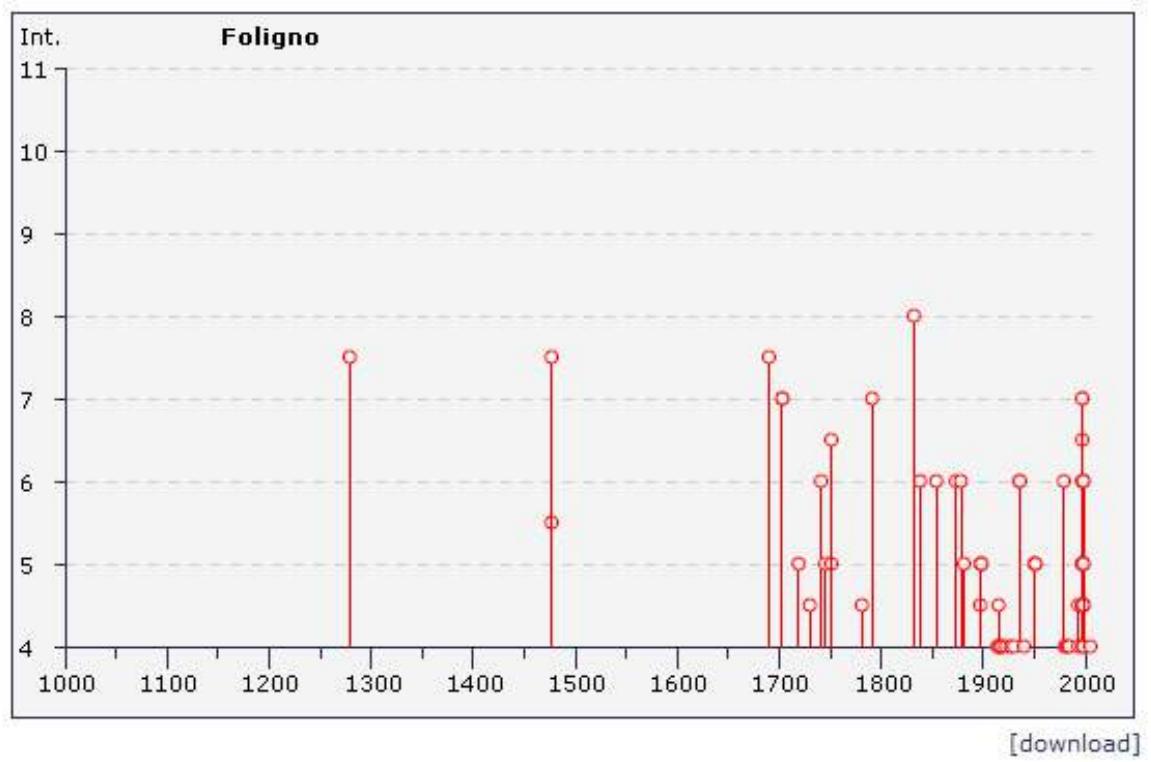
*palazzi, pare irraggiato dai pressi delle “Case nuove”, località posta a levante ed a pochi chilometri di distanza.*

*Foligno fu inoltre pregiudicata dai terremoti che urtarono la bassa valle del Topino nel 1831-32 e nel 1854, da quelli di Sellano – Cerreto del 1838, di Norcia nel 1766, di Gualdo nel 1751 e dal parossismo umbro – marchigiano del 1279...” spesse volte, come è successo nel piccolo periodo sismico del maggio 1890, furono intese scosse egocentriche e fortemente altre irraggiate dal focolare di Trevi.*

*Nel periodo sismico del 1831-32, quasi tutte le manifestazioni principali ebbero origine da un focolare con probabilità situato nei pressi di Cannara e di Bevagna: in quello iniziatosi con l’11 febbraio 1854 i danni maggiori accaddero tra Bastia e Spello. Tali due aree mesosismiche non coincidono totalmente ma solo in parte, estendendosi quella del 1854 molto più a NW dell’altra....*

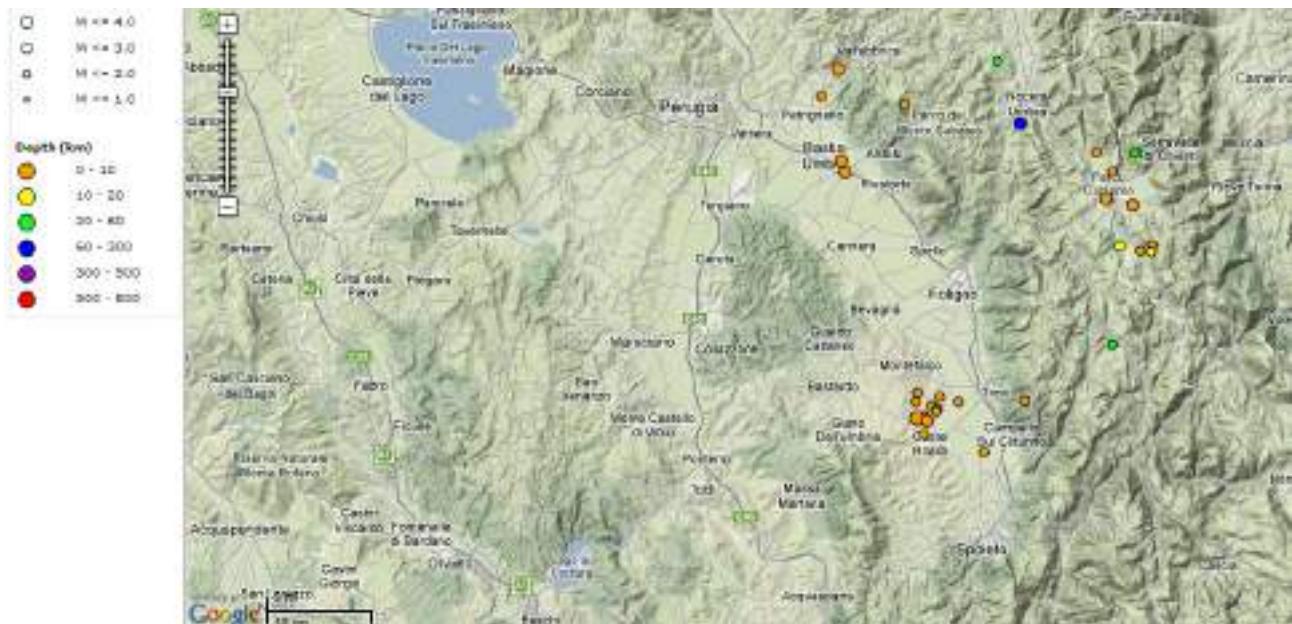
*Distretto sismico del Clitunno e della Maroggia. - Foligno, oltre essere violentemente, e con pregiudizio de’ suoi edifici scossa dai terremoti del distretto sismico del Topino, viene pure urtata, qualche volta anche con danno, da quelli che irraggiano dai centri del distretto del Clitunno e della Maroggia.*

*Il periodo sismico umbro del 1878, con i suoi tre massimi (15-16 IX), interessò in special modo i paesetti situati fra Montefalco e Castelli Ritaldi; ma ebbero una intensità molto minore. Con questi due terremoti si deve identificare lo scuotimento molto forte che sui primi di giugno del 1740 colpì Montefalco*

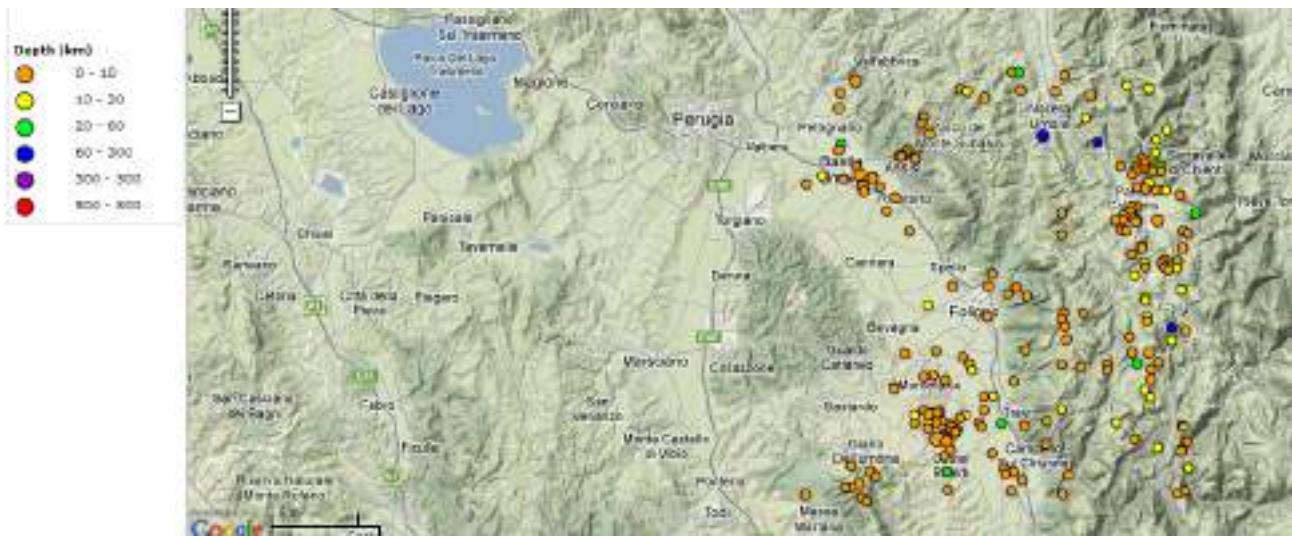


**Grafo 1 - Distribuzione temporale (scala delle ascisse) di terremoti storici e delle intensità (scala delle ordinate, scala MCS) relativa alla zona di Foligno**

#### - **Sismicità e microsismicità locale recente**



**Figura 1 - Estrazione dei terremoti con Magnitudo superiore a 2.5 (tot.30 terremoti) avvenuti entro 20 Km da Foligno dal 2005 fino a maggio 2013 (estratti dalla banca dati di ISIDE-INGV)**



**Figura 2 - Estrazione dei terremoti con Magnitudo superiore a 2.0 (tot.209 terremoti) avvenuti entro 20 Km da Foligno dal 2005 fino a maggio 2013 (estratti dalla banca dati di ISIDE-INGV).**

#### 4.3. Zonazione sismogenetica

Un quadro sintetico delle sorgenti sismogenetiche attive nell'area di interesse è stato estratto dal *Database of Individual Seismogenic Source* (DISS). In **Fig. 3** è riportata una 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; sono riportate in arancione le fasce corrispondenti alle “sorgenti sismo genetiche composite” che rappresentano le strutture la cui caratterizzazione è sconosciuta o incerta.

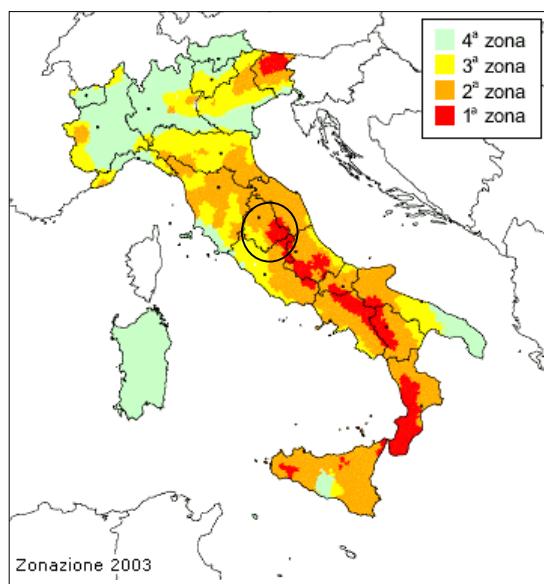
In base alla zonazione sismo genetica ZS9, finalizzata alla realizzazione della mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, risulta che l'area d'intervento rientra nella zona ZS9 n. 919, caratterizzata da una profondità “efficace” dello strato sismogenetico compreso tra 8 e 12 km, da un meccanismo focale prevalente di tipo “normale” e da magnitudo massima attesa  $M_w = 6,37$  (valore di riferimento per la determinazione dell'accelerazione massima al sito).



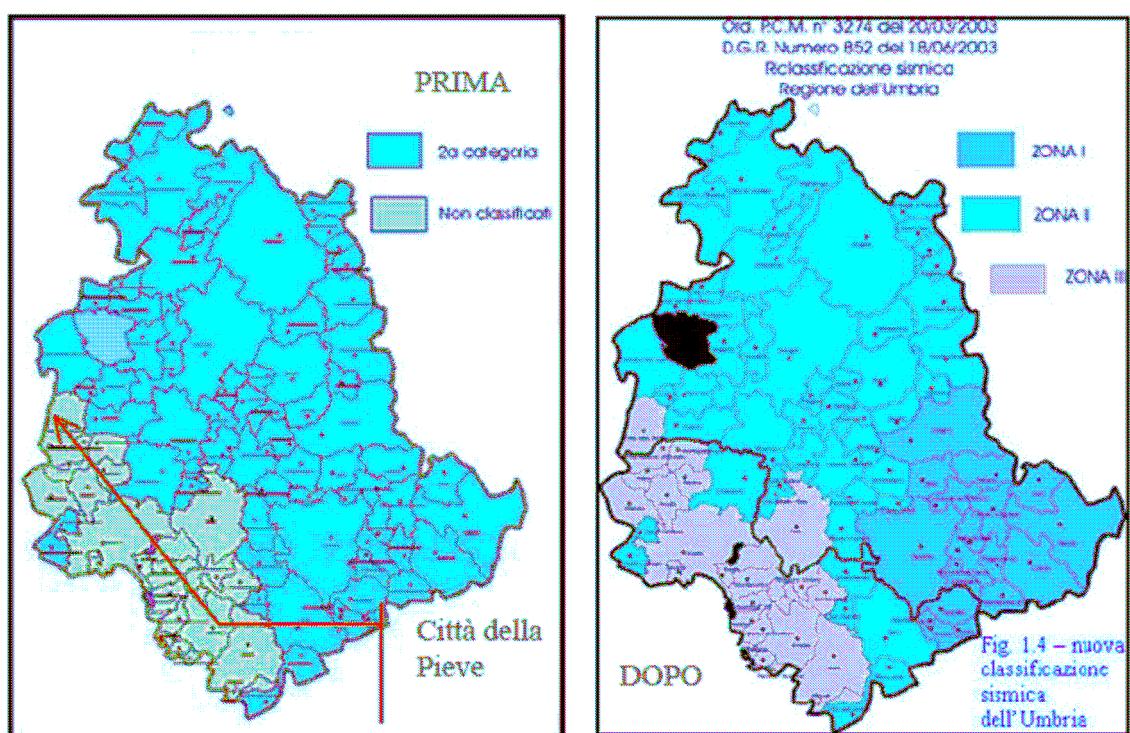
**Figura 3 –** da DISS, 2009

#### 4.4. Classificazione sismica

A seguito dei vari eventi sismici il territorio nazionale è stato riclassificato con O.P.C.M. n. 3274/2003.

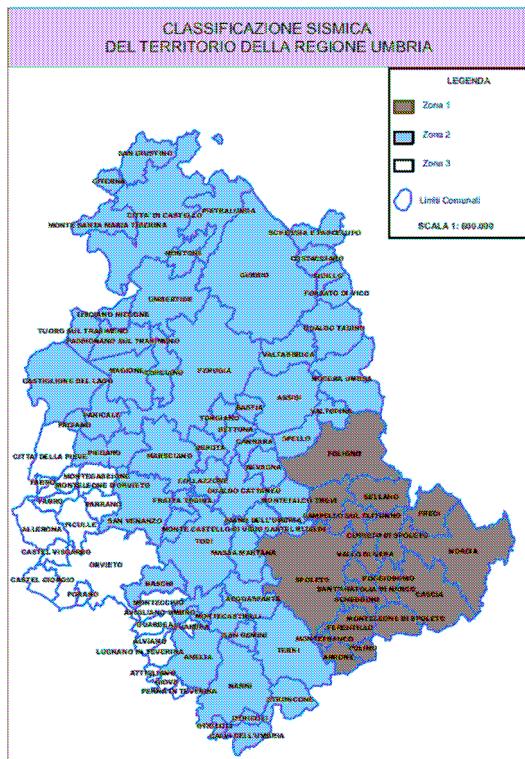


La classificazione sismica del territorio nazionale derivante dall'applicazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003 e ss.mm.ii. identifica l'area di intervento, così come tutto il territorio comunale di Foligno Zona sismica 1, recepita ed approvata dalla DGR n. 852 del 18.06.2003 della Regione Umbria.

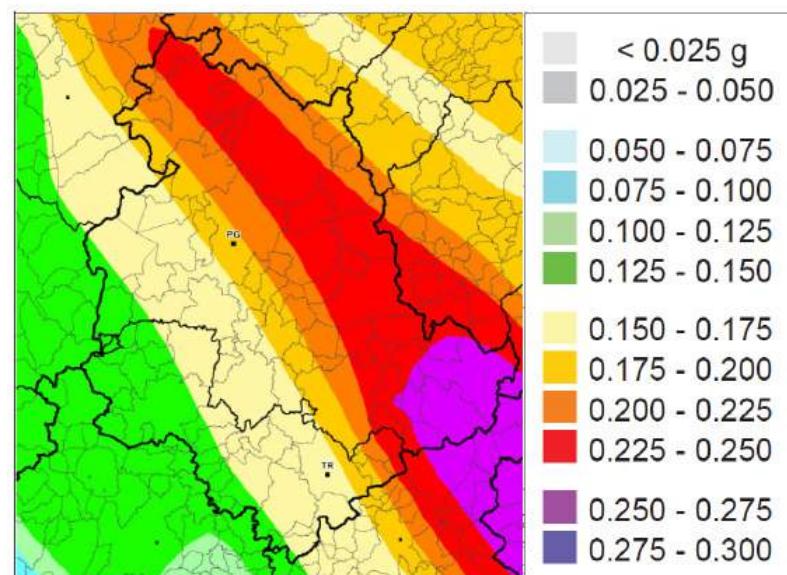


Con D.G.R. n. 1111 del 18.09.2012 la Regione Umbria ha provveduto all'approvazione dell'Aggiornamento della classificazione sismica del territorio regionale dell'Umbria", sviluppato in coerenza con gli studi dell'INGV redatti su incarico del DPCN (Dipartimento di Protezione Civile Nazionale) pubblicati nel 2004 e presi a riferimento per la definizione della pericolosità sismica nazionale e per l'individuazione dei criteri di classificazione, approvati con Ordinanza del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28.04.2006.

Con la classificazione definitiva per il Comune di Foligno si ottiene una classificazione in zona 1:



Il quadro della pericolosità sismica di base assegna alla città di Foligno un valore di accelerazione massima al suolo, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (periodo di ritorno di 475 anni), pari a circa 0,225-0,250 g come deducibile dalla seguente "Mappa della pericolosità sismica del territorio nazionale (Regione Umbria)":



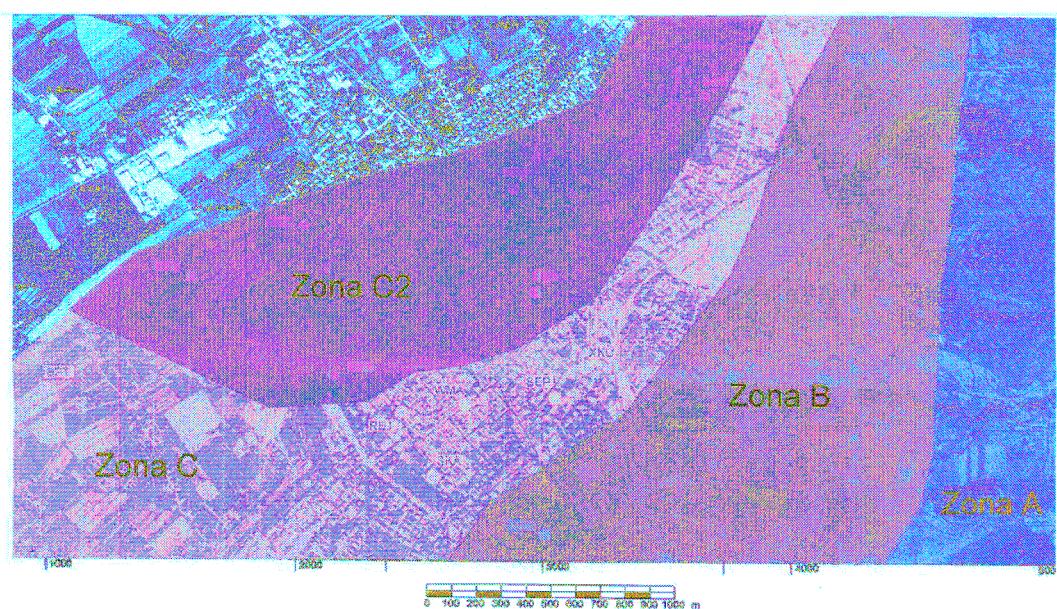
## 4.5. Caratterizzazione sismica dell'area

### 4.5.1. Microzonazione sismica e pericolosità sismica locale

La microzonazione sismica consiste nella valutazione della pericolosità sismica locale attraverso l'individuazione di zone del territorio caratterizzate da comportamento sismico omogeneo. Individua e caratterizza le zone stabili, le zone stabili suscettibili di amplificazione locale e le zone suscettibili di instabilità.

La Regione Umbria, fin dall'evento sismico del 1997, si è attivata per definire una serie di procedure per la redazione di studi di microzonazione sismica, da utilizzare in prima fase per i progetti connessi alla ricostruzione post-sismica e poi estesi agli atti di pianificazione con la note DGR 226/01 e della D.G.R. 745/01, ove si prevedono i criteri per l'esecuzione degli studi di microzonazione sismica a supporto redazione strumenti urbanistici approvati.

La D.G.R. 377/2010 nell'Allegato A riporta la corrispondenza tra le indagini di microzonazione sismica di dettaglio, effettuate o approvate dalla Regione Umbria, con i diversi livelli di approfondimento di cui agli indirizzi e criteri per la microzonazione sismica. Per la città di Foligno equipara lo studio "Area urbana di Foligno (1998)" al livello 3 di approfondimento (contratto di ricerca IRRS/CNR – Regione Umbria):



Inoltre con D.D. n. 9185 del 16.10.2002 sono state approvate la carte di pericolosità sismica locale (livello 1) in scala 1:10.000 secondo le quali l'area urbana della città di Foligno ricade nel F°324.010 derivate dagli studi delle *Indagini urgenti di Microzonazione Sismica Speditiva - MSS* della Regione Umbria, svolte a seguito degli eventi sismici del 1997-98.

Dalla carta della pericolosità sismica locale relativa all'area microzonata emerge che il sito di lavoro è riferito in parte alla classificazione E7: *Zona di fondovalle*. Dalla scheda dei fattori di amplificazione sismica locale si riscontra che il coefficiente di amplificazione, derivato da modellazione specifica, per la zona in esame è:  $F_a = 1,2^*$  (\*come da modellazione specifica) (**All. 13 – Carta di sintesi della Pericolosità Sismica Locale**).

Ai sensi del D.M. 14 gennaio 2008 “NTC08 Norme Tecniche per le Costruzioni” e della Circolare del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti n. 617 del 2 febbraio 2009 “Istruzioni per l'applicazione delle nuove Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008” per la definizione dell'azione sismica di progetto si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi.

#### **4.5.2.Risposta sismica locale**

Sulla base dei dati acquisiti dal Servizio Ambiente nell'ambito dell'Azione 1, della Delibera della Giunta Regionale 18 settembre 2012 n. 1112: *Interventi di prevenzione del rischio sismico - Approvazione del Programma per l'utilizzo delle risorse finanziarie di cui all'O.P.C.M. n. 4007 del 29 febbraio 2012 Annualità 2011*, sono state prodotte le carte dello studio di microzonazione sismica di livello 2 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)***.

L'Azione 1 prevedeva la realizzazione di indagini di microzonazione sismica e analisi delle condizioni limite per l'emergenza (CLE) degli insediamenti urbani, in accordo preventivo con i responsabili del Servizio Geologico e Sismico della Regione Umbria. La Delibera sopra citata rinviava la realizzazione di studi di microzonazione sismica agli indirizzi e criteri dettati della Commissione tecnica di cui all'articolo 5, commi 7 e 8 dell'O.P.C.M. n. 3907/10.

Le carte dello studio di microzonazione sismica di livello 2 prodotte dai tecnici del Servizio Ambiente del Comune di Foligno sono state consegnate ai responsabili della Regione Umbria ed attualmente in corso di collaudo.

Le carte realizzate sono le seguenti:

- Carta delle indagini sismiche esistenti (**All. 14**)
- Carta delle indagini sismiche eseguite ex novo (**All. 15**)
- Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (**All. 16**)
- Carta di microzonazione sismica - Livello 2 (**All. 17**)

I risultati ottenuti risultano ricavati da un'analisi del territorio fatta attraverso l'integrazione di dati esistenti e di nuove indagini (sismica a rifrazione in Onde SH, MASW, HVSR).

Gli studi condotti di MS – Livello 2 hanno rilevato che la categoria di suolo per l'area interessata dalla variante in oggetto è assimilabile alla sequenza del profilo stratigrafico della **Zona 2 (All. 16)** per il quale, attraverso l'elaborazione di indagini sismiche specifiche (Sismica a rifrazione in Onde SH, MASW, HVSR) e l'utilizzo degli abachi del manuale *Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica* ha portato all'attribuzione di un fattore di amplificazione FA pari a 1.3-1.4. L'area in oggetto è stata quindi classificata come zona stabile suscettibile di amplificazione locale, come risulta dalla **Carta di Microzonazione Sismica – Livello 2** all'uopo predisposta (**All. 17**), confermando la scelta di reputare sufficiente l'esecuzione di indagini di livello 2 nella zona sismica 1 (Comune di Foligno), come si evince dal c. 6 della citata D.G.R. 377/2010. D'altronde il livello 3 è disposto dal punto 3 del comma 5 della medesima D.G.R. nel caso di strumenti attuativi, per le zone sismiche 1, qualora fossero necessari maggiori e dettagliati studi per la complessità dei fenomeni attesi o per l'importanza dell'opera.

L'area di interesse è stata classificata come *zona stabile suscettibile di amplificazione locale* secondo la seguente descrizione:

<b>CLASSI DI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE FA</b>	<b>FA CALCOLATO</b>	<b>DESCRIZIONE</b>
<b>1.3 – 1.4</b>  ( $1.25 \leq Fa \leq 1.44$ )	1.25 ÷ 1.40	Zona contraddistinta da depositi fluvio/lacustri s.s. con caratteristiche sedimentologiche prevalentemente limo sabbiose-ghiaiose, di spessori medi di 21-30 m con valori delle velocità comprese tra 450 m/s e 600 m/s ( $450 < Vs < 600$ m/s) rappresentate dal maggior numero di indagini sismiche. Tali depositi risultano caratterizzati da una VsH di 450 - 500 m/s ed il valore di FA risulta rientrare nell'intervallo 1.3-1.4. Il corrispondente valore di FV risulta compreso tra 1.03 – 1.19 (Riferimento siti: 02, 06, 07, 09, 10, 11, 12, 16, 17, 18, 20, 24, 25, 27, 28 della MOPS - Comune di Foligno)

In base ai dati esistenti ed a quelli acquisiti ex novo, è stato possibile attribuire il valore del fattori di amplificazione sismica locale Fa per l'area d'interesse, secondo l'applicazione degli abachi del manuale *Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica* della **Conferenza delle Regioni e delle Province autonome - Commissione protezione civile - Sottocommissione 8: Attuazione della normativa sismica e della Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento della protezione civile** come di seguito riportato:

Fattore di amplificazione FA	Tipo di terreno Ghiaia	$a_g (g)$ 0.26g	Profilo di velocità								
			Lineare pendenza intermedia								
	$V_{sf} (\text{m/s})$										
	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	
5	-	1.80	1.74	1.60	1.38	1.21	1.10	1.05	1.01	1.01	
10	-	-	2.02	1.70	1.47	1.33	1.25	1.17	1.06	1.02	
15	-	-	-	1.93	1.69	1.51	1.37	1.25	1.12	1.04	
20	-	-	-	1.97	1.79	1.62	1.47	1.35	1.18	1.06	
25	-	-	-	1.87	1.79	1.64	1.51	1.39	1.21	1.08	
30	-	-	-	1.74	1.69	1.62	1.50	1.40	1.22	1.09	
35	-	-	-	1.59	1.60	1.54	1.48	1.39	1.22	1.09	
40	-	-	-	1.50	1.52	1.48	1.41	1.36	1.21	1.09	
50	-	-	-	1.42	1.39	1.32	1.31	1.27	1.17	1.07	
60	-	-	-	1.33	1.33	1.30	1.22	1.18	1.12	1.04	
70	-	-	-	-	1.27	1.26	1.22	1.15	1.06	1.00	
80	-	-	-	-	1.21	1.20	1.19	1.15	1.04	0.98	
90	-	-	-	-	1.14	1.15	1.15	1.12	1.04	0.96	
100	-	-	-	-	1.08	1.10	1.11	1.09	1.03	0.95	
110	-	-	-	-	1.02	1.06	1.06	1.05	1.01	0.95	
120	-	-	-	-	0.97	1.01	1.03	1.03	0.99	0.93	
130	-	-	-	-	0.91	0.97	0.99	0.99	0.97	0.92	
140	-	-	-	-	0.91	0.94	0.96	0.97	0.94	0.91	
150	-	-	-	-	0.87	0.91	0.93	0.94	0.93	0.89	

Figura 4 - Abaco relativo alla determinazione del fattore FA. I valori calcolati di 1.25-1.40 rientrano nell'intervallo 1.3-1.4

Fattore di amplificazione FV	Tipo di terreno Ghiaia	$a_g (g)$ 0.26g	Profilo di velocità								
			Lineare pendenza intermedia								
	$V_{sf} (\text{m/s})$										
	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	
5	-	1.05	1.04	1.02	1.02	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	
10	-	-	1.17	1.07	1.04	1.03	1.02	1.02	1.01	1.00	
15	-	-	-	1.24	1.14	1.09	1.05	1.03	1.02	1.01	
20	-	-	-	1.53	1.28	1.18	1.11	1.08	1.03	1.01	
25	-	-	-	1.81	1.47	1.29	1.19	1.12	1.07	1.02	
30	-	-	-	2.06	1.85	1.42	1.28	1.19	1.09	1.03	
35	-	-	-	2.25	1.84	1.54	1.37	1.25	1.11	1.04	
40	-	-	-	2.29	1.96	1.66	1.46	1.32	1.14	1.07	
50	-	-	-	2.12	2.02	1.80	1.59	1.43	1.21	1.09	
60	-	-	-	2.10	1.86	1.79	1.65	1.49	1.26	1.11	
70	-	-	-	-	1.88	1.68	1.61	1.51	1.29	1.12	
80	-	-	-	-	1.88	1.69	1.53	1.46	1.29	1.13	
90	-	-	-	-	1.91	1.69	1.54	1.41	1.27	1.13	
100	-	-	-	-	1.88	1.69	1.53	1.43	1.24	1.09	
110	-	-	-	-	1.84	1.68	1.53	1.41	1.22	1.09	
120	-	-	-	-	1.77	1.60	1.53	1.40	1.23	1.10	
130	-	-	-	-	1.74	1.64	1.53	1.42	1.23	1.10	
140	-	-	-	-	1.73	1.60	1.51	1.42	1.22	1.10	
150	-	-	-	-	1.74	1.57	1.48	1.40	1.23	1.09	

Figura 5 - Abaco relativo alla determinazione del fattore FV per le varie categorie del fattore di amplificazione individuate.

L'attribuzione della classe  $Fa = 1.3 - 1.4$  dove ricade l'area di interesse di cui al presente progetto, è stata interpretata sotto le direttive del responsabile di *Sezione - Caratteristiche geologiche del territorio*, del Servizio Geologico della Regione Umbria, d'altronde coincidente con i valori sperimentali pregressi a disposizione della Regione Umbria derivanti dai sismogrammi registrati dalle stazioni sismiche allestite nel territorio del Comune di Foligno al tempo degli eventi sismici del settembre 1997 e successivi.

Le carte dello studio di microzonazione sismica di livello 2 prodotte dai tecnici del Servizio Ambiente del Comune di Foligno sono state consegnate ai responsabili della Regione Umbria ed attualmente in corso di collaudo.

#### **4.6. Valutazione della liquefazione**

Per quanto riguarda la liquefazione dei terreni presenti dell'area di studio, si può escludere il fenomeno in quanto lungo la verticale indagata dalle indagini geognostiche a disposizione, non sono state rinvenute falde acquifere sino alla profondità di 19 m dal p.c., ed inoltre, dai dati raccolti durante la campagna di rilevamento effettuata, l'area non risulta essere interessata da circolazione stagionale di acque sotterranee sino alla profondità di 15 m dal p.c.

#### **4.7. Risultati indagine geofisica**

Con l'approvazione del D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni", la classificazione sismica dei terreni di fondazione avviene sulla base della raccolta di parametri di carattere litologico, stratigrafico, sismico, geotecnico, topografico, quindi da informazioni che sono state desunte dalle indagini geognostiche a disposizione dell'ufficio.

Le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (o Testo Unico sulle Costruzioni), approvate con DM 14.01.2008, pubblicato sulla G.U. del 4 febbraio 2008, al punto 3.2.2 riportano le "Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche" per la determinazione dell'azione sismica di progetto.

Per quanto concerne le categorie di sottosuolo, per la definizione dell'azione sismica di progetto la norma fa riferimento ad un approccio semplificato, basato su categorie di sottosuolo di riferimento.

Tali categorie sono illustrate nella Tab. 3.2.II e nella Tab. 3.2.III, allegate al punto 3.2.2 della normativa, di seguito riportate.

**Tab.3.2.II – Categorie di sottosuolo**

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs<sub>,30</sub> superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione della formazione in posto, con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs<sub>,30</sub> compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero N<sub>SPT,30</sub> &gt; 50 nei terreni a grana grossa e c<sub>u,30</sub> &gt; 250 kPa nei terreni a grana fina).</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs<sub>,30</sub> compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero 15 &lt; N<sub>SPT,30</sub> &lt; 50 nei terreni a grana grossa e 70 &lt; c<sub>u,30</sub> &lt; 250 kPa nei terreni a grana fina).</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche meccaniche con la profondità e da valori di Vs<sub>,30</sub> inferiori a 180 m/s (ovvero N<sub>SPT,30</sub> &lt; 15 nei terreni a grana grossa e c<sub>u,30</sub> &lt; 70 kPa nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs &gt; 800 m/s).</i>

**Tab.3.2.III – Categorie aggiuntive di sottosuolo**

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs <sub>,30</sub> inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < c <sub>u,30</sub> < 20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.

Secondo le NTC, in base a quanto indicato nelle precedenti tabelle, ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione viene effettuata sulla base dei valori della velocità equivalente Vs<sub>30</sub> di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità. Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse fondazioni, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali.

### **V<sub>s</sub> (Dati di campagna – Sismogramma)**

Per la zona in oggetto si è potuto disporre di un'indagine sismica a cura dei tecnici dell'Osservatorio A. Bina di Perugia (**All. B**), composta da una sismica a rifrazione in onde SH integrata con indagini MASW e HSVR, che ha permesso di fornire, tramite l'interpretazione del profilo sismico, il valore corrispondente delle onde **V<sub>s30</sub>** pari a **648 m/s (Profilo MASW 02)**.

Inoltre si è potuto disporre anche di un'indagine sismica di tipo MASW (**Profilo MASW 01**), eseguito nella zona della ditta N.C.M. S.p.A., all'interno dell'area di studio, dallo studio Geofisica – Geologia del geol. Ercolini Luca per conto del geologo incaricato degli studi geologici per la realizzazione di un edificio industriale, geol. Silla Nadia, che, a sua volta, ha permesso di fornire, tramite l'interpretazione del profilo sismico, il valore corrispondente delle onde **V<sub>s30</sub>** pari a **396 m/s (All. B)**.

Da quanto sopra si evince che il sito d'intervento è caratterizzato da un terreno attribuibile alla **categoria di suolo “B”** (applicando la Tab. 3.2.II riportata in relazione) e cioè da un *deposito litoide tenero o depositi detritici di terreno a grana grossa molto addensati e/o terreni a grana fina molto consistenti*, con spessore maggiore di 30 metri, caratterizzato da un graduale miglioramento delle caratteristiche meccaniche e da valori di **V<sub>s30</sub>** compreso tra **360 m/sec e 800 m/sec**.

Per quanto concerne le condizioni topografiche, si utilizza la classificazione riportata nella Tab. 3.2.IV allegata al punto 3.2.2 della normativa.

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

Sulla base della tabella suddetta (rilievo con pendenza media dei versanti minore ai  $15^\circ$ , l'area di progetto rientra nella **Categoria T1**.

La categoria di sottosuolo e la categoria topografica, definite come sopra, vengono utilizzate nei calcoli per la valutazione dell'azione sismica, secondo quanto previsto al punto 3.2.3 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14.01.2008).

## 5. CONCLUSIONI

I risultati dello studio eseguito consentono di affermare che nel sito indagato esistono condizioni favorevoli all'attuazione delle ipotesi di progetto, tenendo in considerazione che:

- l'area interessata dall'intervento in oggetto è posta in zona morfologicamente pianeggiante caratterizzata dalla presenza di *depositi detritici di terreno a grana grossa mediamente addensati e/o terreni a grana fina molto consistenti*. Le caratteristiche geotecniche sono di buona qualità;
- l'area risulta morfologicamente esente da fenomeni di instabilità sia in atto che latenti;
- l'area non è soggetta a rischio esondazione e non viene definito alcun livello di pericolosità e rischio idraulico;
- la falda freatica è presente ad una profondità superiore a 15 m dal p.c.;
- si è provveduto ad una valutazione delle possibili amplificazioni o instabilità dinamica locale in funzione della peculiarità geologica, geomorfologica ed idrogeologica locale. Tale valutazione si è concretizzata nella definizione della tipologia della microzona in prospettiva sismica (livello 2) e, nella caratterizzazione del sottosuolo. Nell'area in esame non si sono riscontrate situazioni critiche tali da dover eseguire approfondimenti di livello superiore;
- le indagini di livello 3, saranno svolte nelle fasi di progettazione per l'esecuzione delle opere previste dal presente piano;
- la caratterizzazione geotecnica di dettaglio dei terreni oggetto della realizzazione delle opere in progetto, in base alle normative nazionali vigenti, sarà effettuata sulla base di una adeguata campagna di indagini geotecniche in situ e di laboratorio.

Alla luce dei riscontri effettuati, in merito ai rischi, si attesta che non sono emerse situazioni critiche dal punto di vista della fattibilità geologica.

Foligno, ottobre 2016

**Il tecnico**  
*Dott. Geol. Mariella Mariani*

**Allegati:**

1. Ubicazione topografica, IGMI F° 131 Tav. “Spello” IV - SE
2. CTR – Sez. 324.010
3. ORTOFOTOCARTA – Sez. 324.013
4. Planimetria catastale
5. PRG’97 vigente
6. Progetto
7. Piano stralcio di assetto idrogeologico – PAI Bis: Mappa dell’allagabilità
8. Piano stralcio di assetto idrogeologico – PAI Bis: Inventario fenomeni franosi e situazioni di rischio da frana
9. Ubicazione delle indagini
10. Carta geologica
11. Carta litotecnica
12. Modello geologico
13. Carta di sintesi della Pericolosità sismica
14. MOPS – Carta delle indagini esistenti
15. MOPS – Carta delle indagini sismiche eseguite ex novo
16. MOPS – Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica
17. MOPS – Carta della microzonazione sismica di livello 2

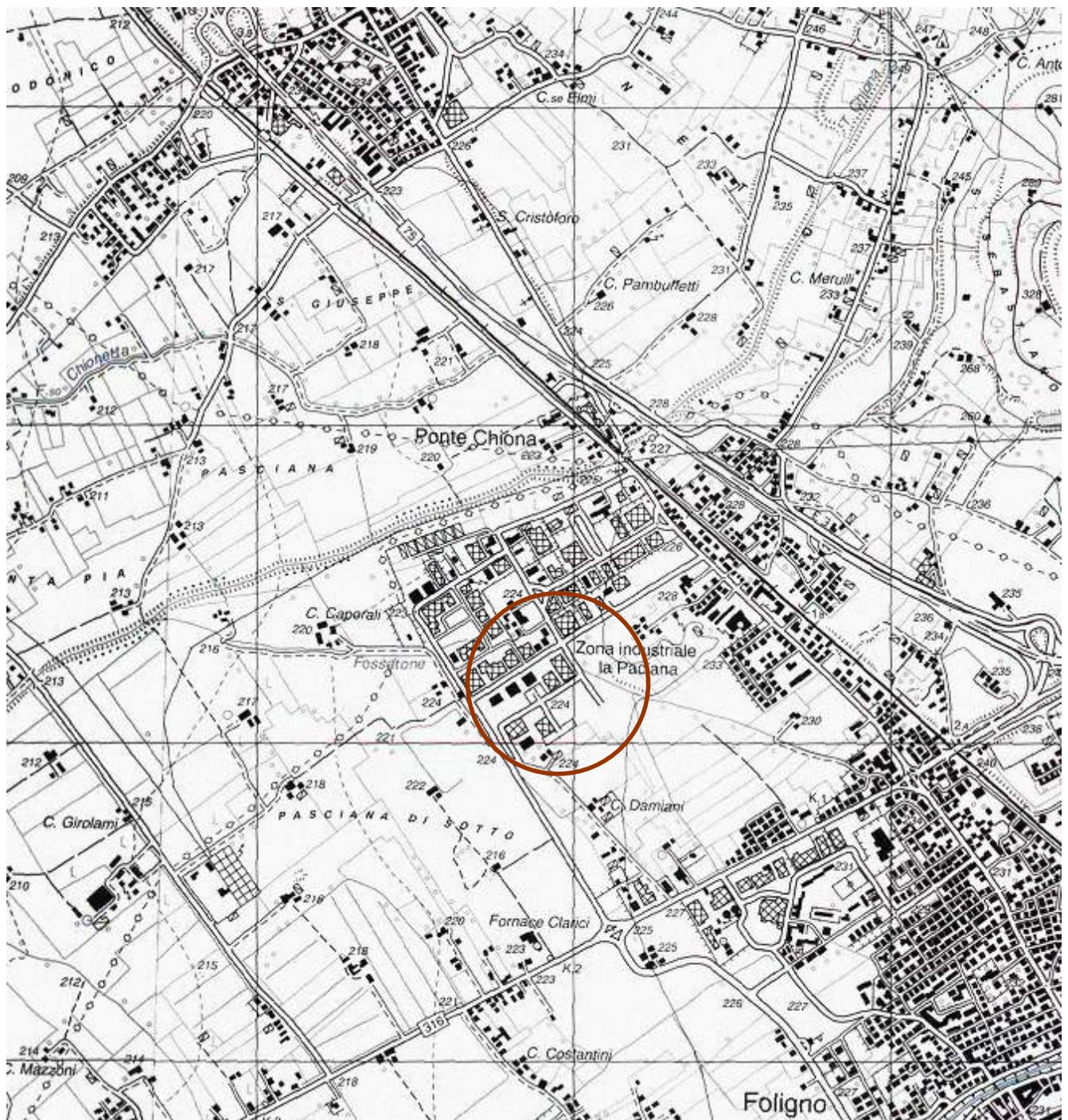
❖ indagini geognostiche (All. A)

❖ indagini sismiche (All. B)

## ALLEGATO 1

### **UBICAZIONE TOPOGRAFICA**

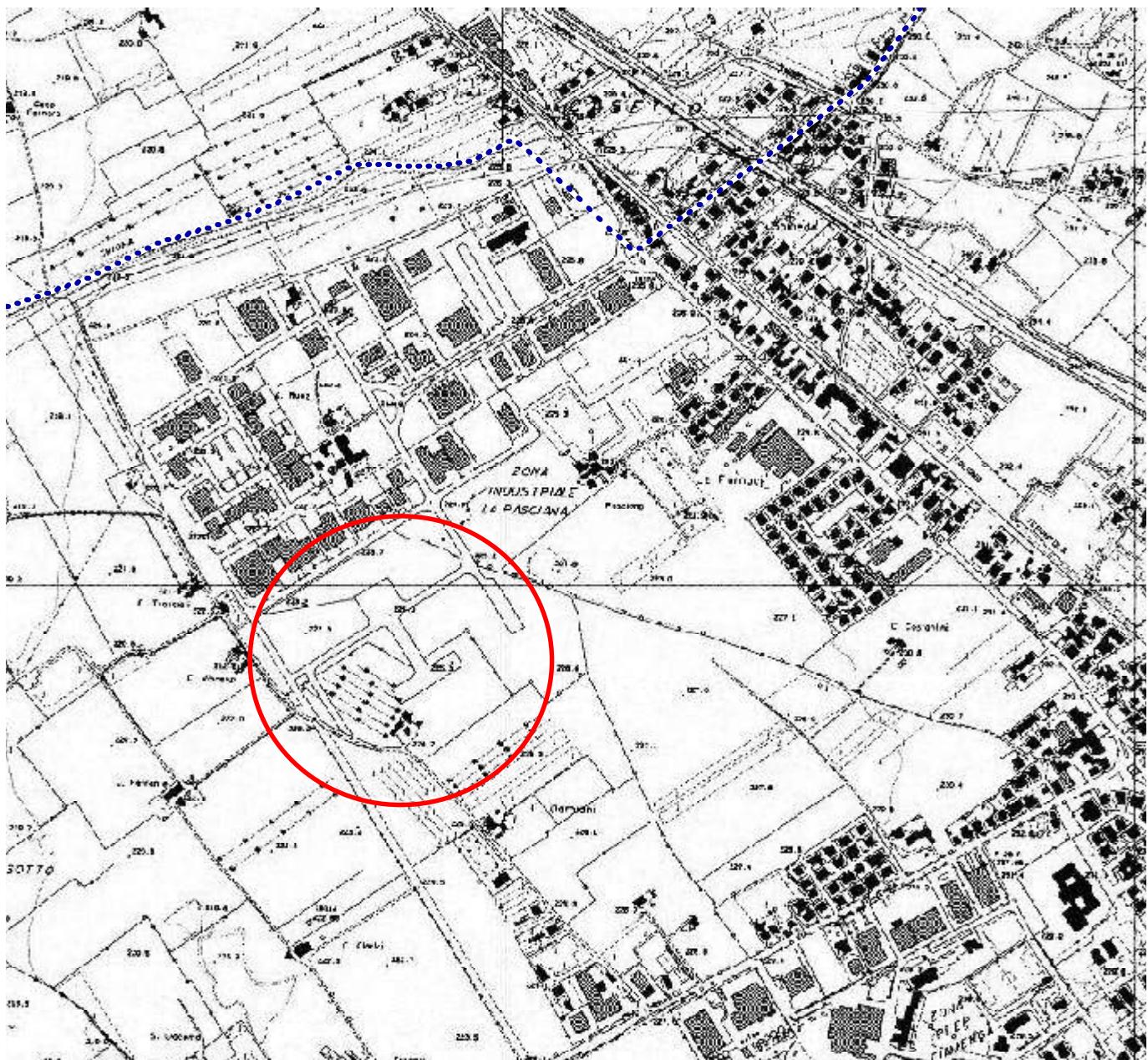
I.G.M.I. F° 131: Tav. "Spello" IV – NE



## ALLEGATO 2

### CTR – Sez. 324-010

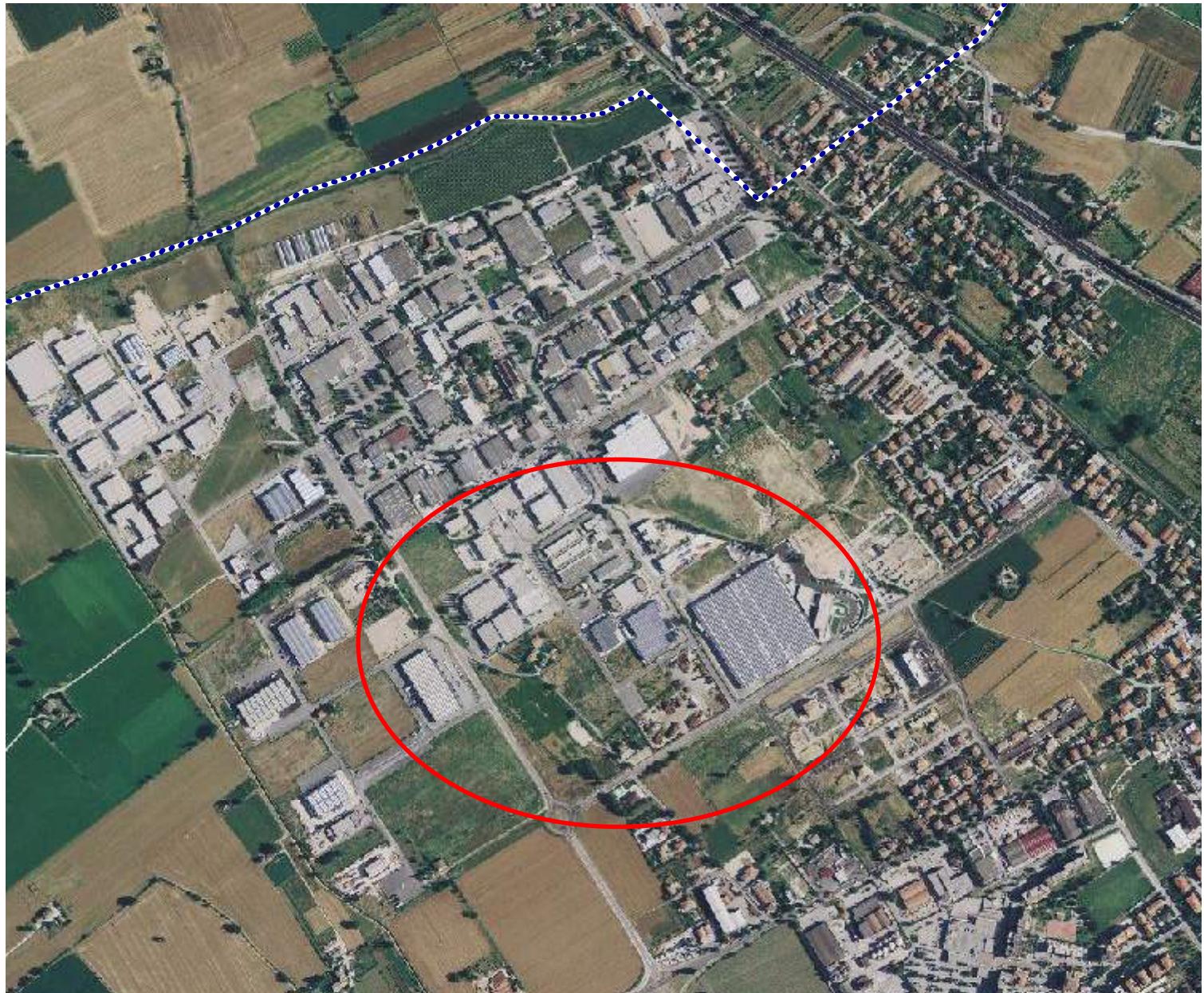
Stralcio



## **ALLEGATO 3**

### **ORTOFOTOCARTA – Sez. 324.013**

**Area di intervento**



## **ALLEGATO 4**

### **PLANIMETRIA CATASTALE**



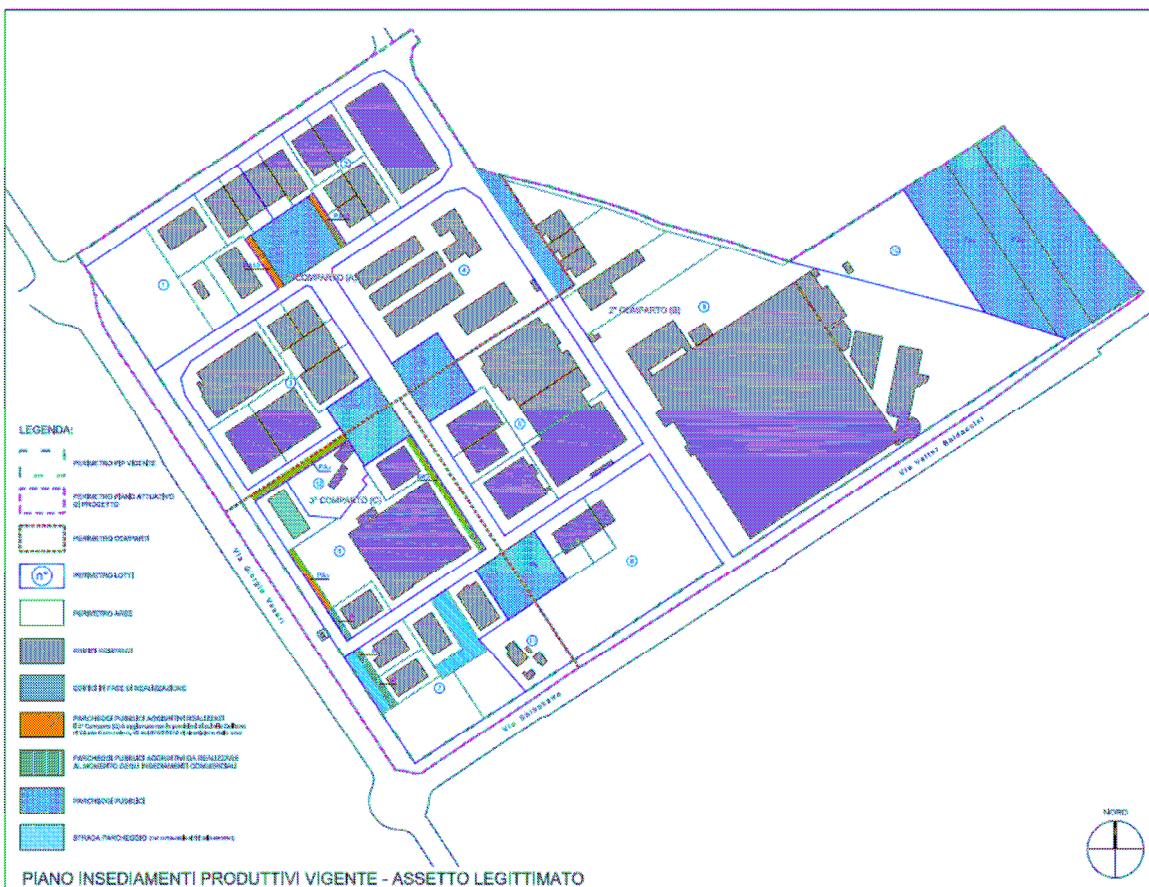
## ALLEGATO 5

### PRG'97 VIGENTE



## **ALLEGATO 6**

## Progetto



## ALLEGATO 7

### **PIANO STRALCIO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO – PAI Bis**

#### **Mappa dell>Allagabilità**



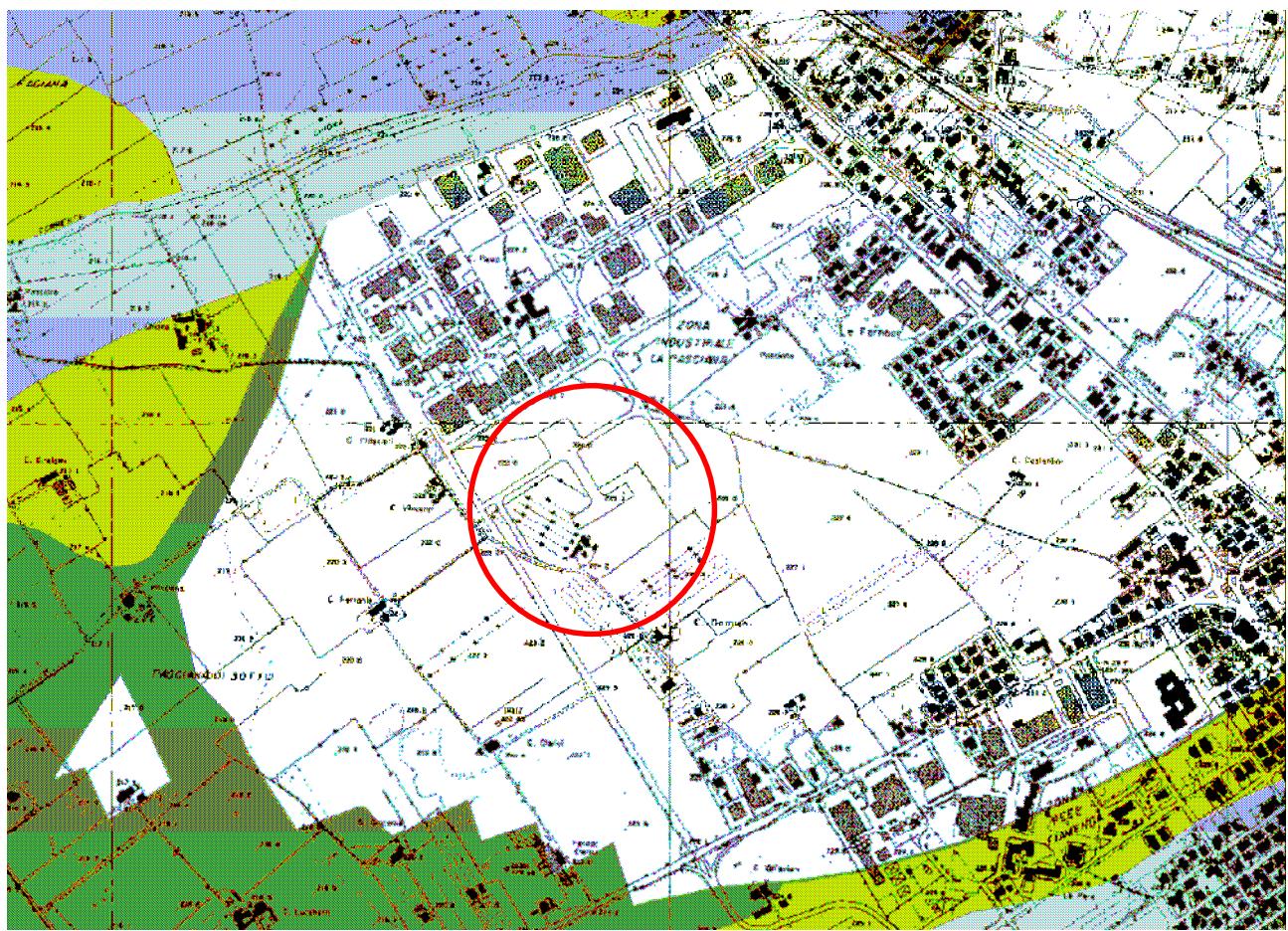
Fascia A



Fascia B



Fascia C



## ALLEGATO 8

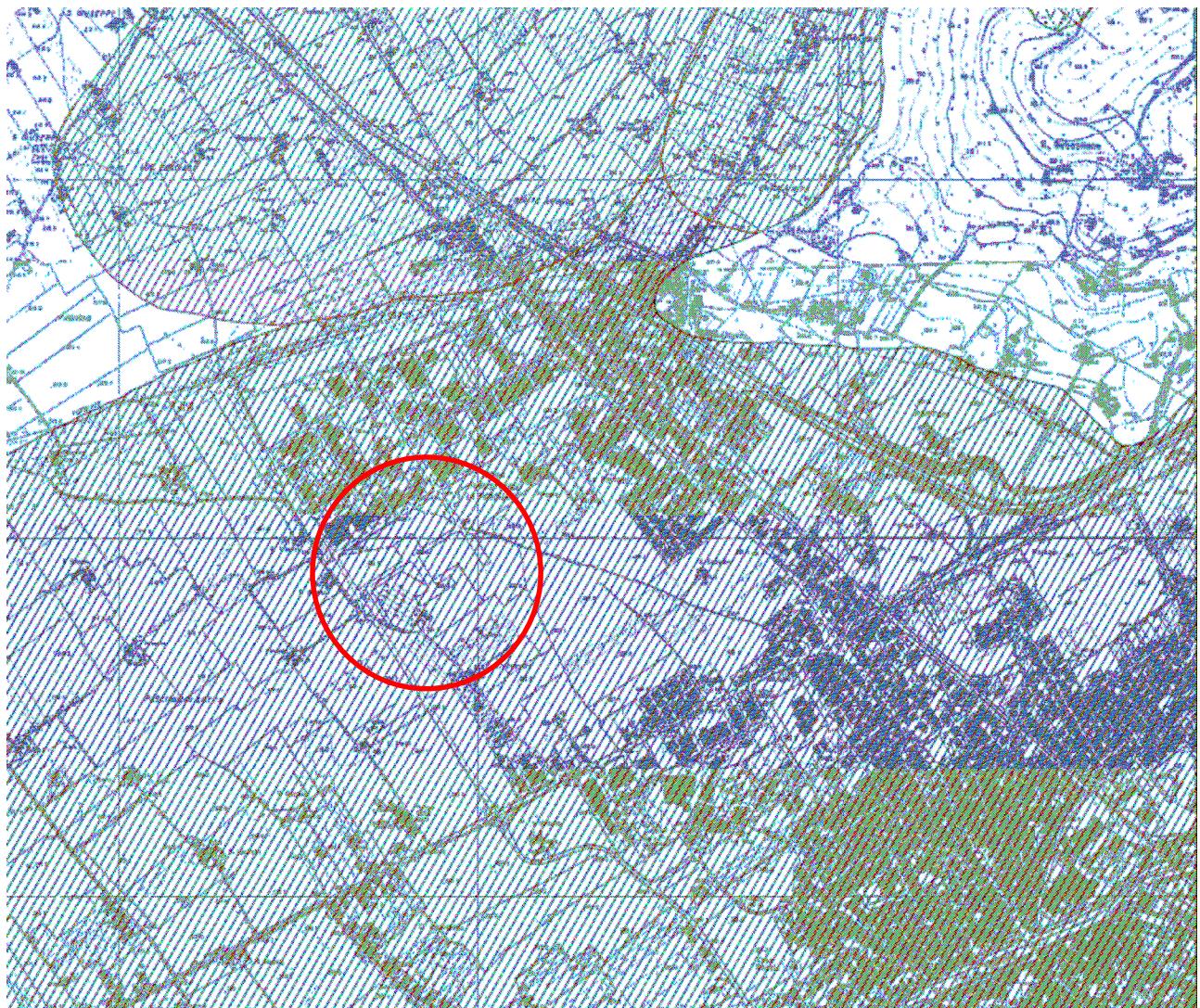
### **PIANO STRALCIO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO – PAI Bis**

#### Stralcio

Inventario dei fenomeni franosi e situazioni di rischio da frana

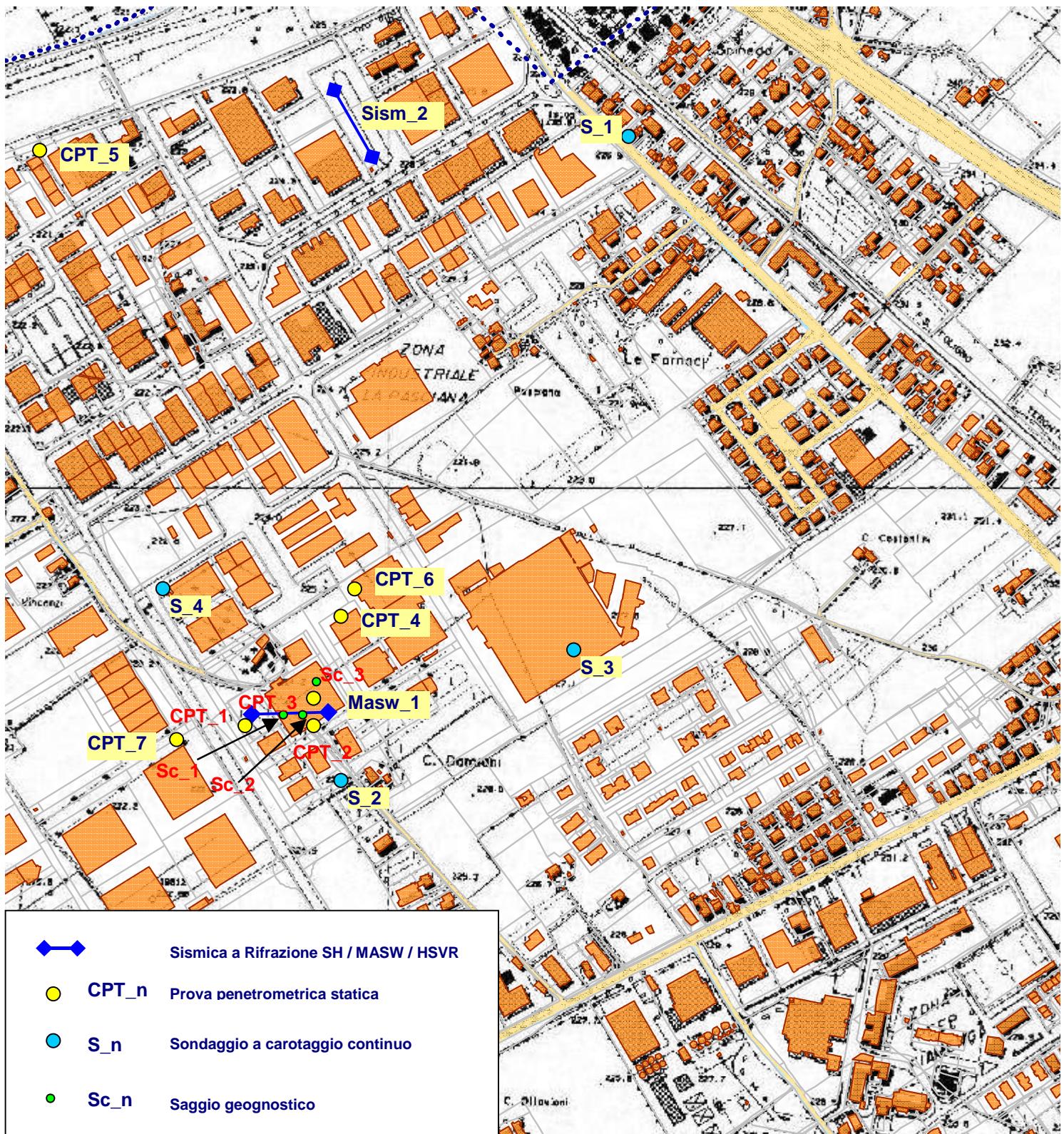
 falda e/o cono di detrito Fenomeno attivo

 falda e/o cono di detrito Fenomeno inattivo



## ALLEGATO 9

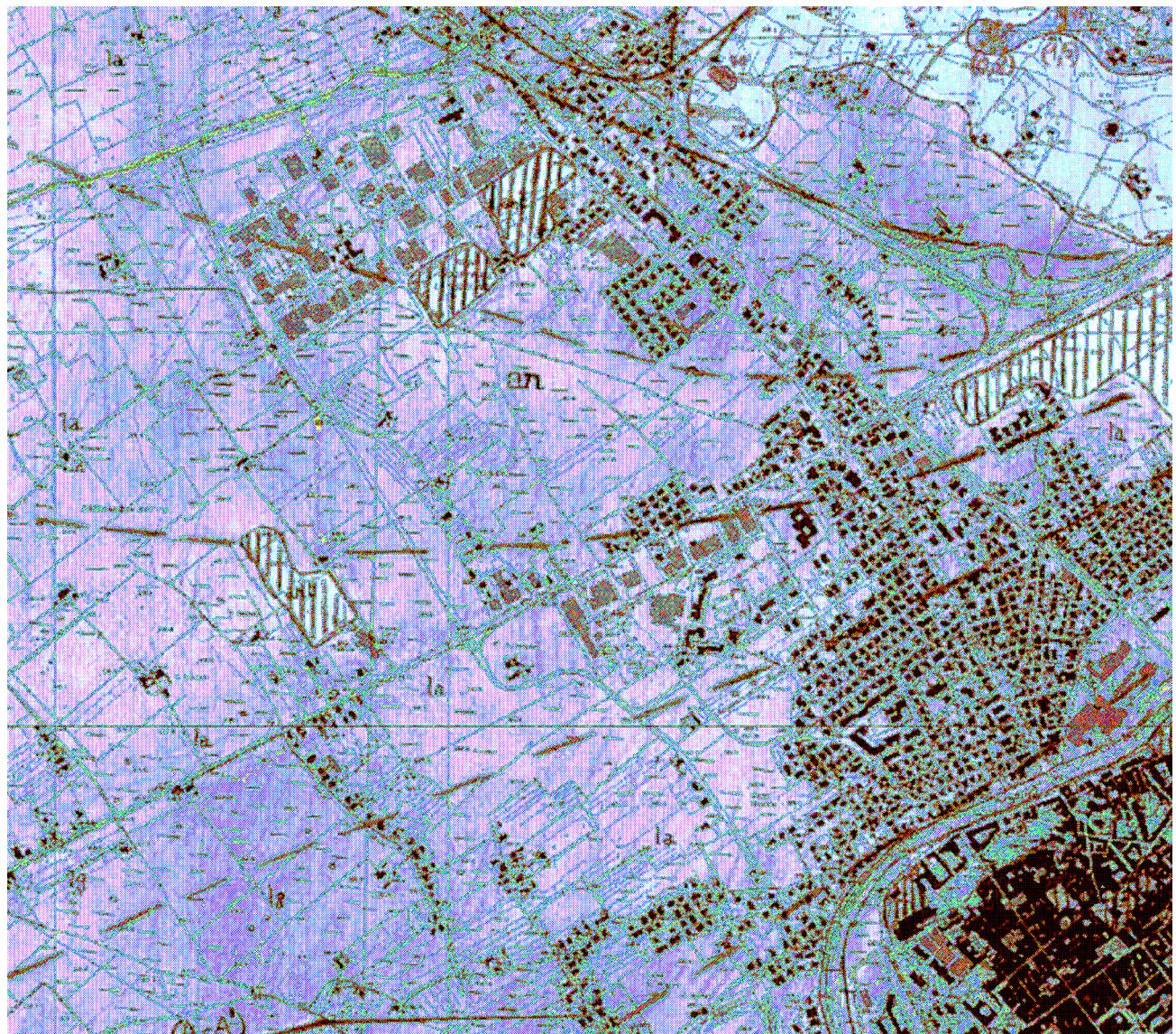
### Ubicazione delle indagini



## **ALLEGATO 10**

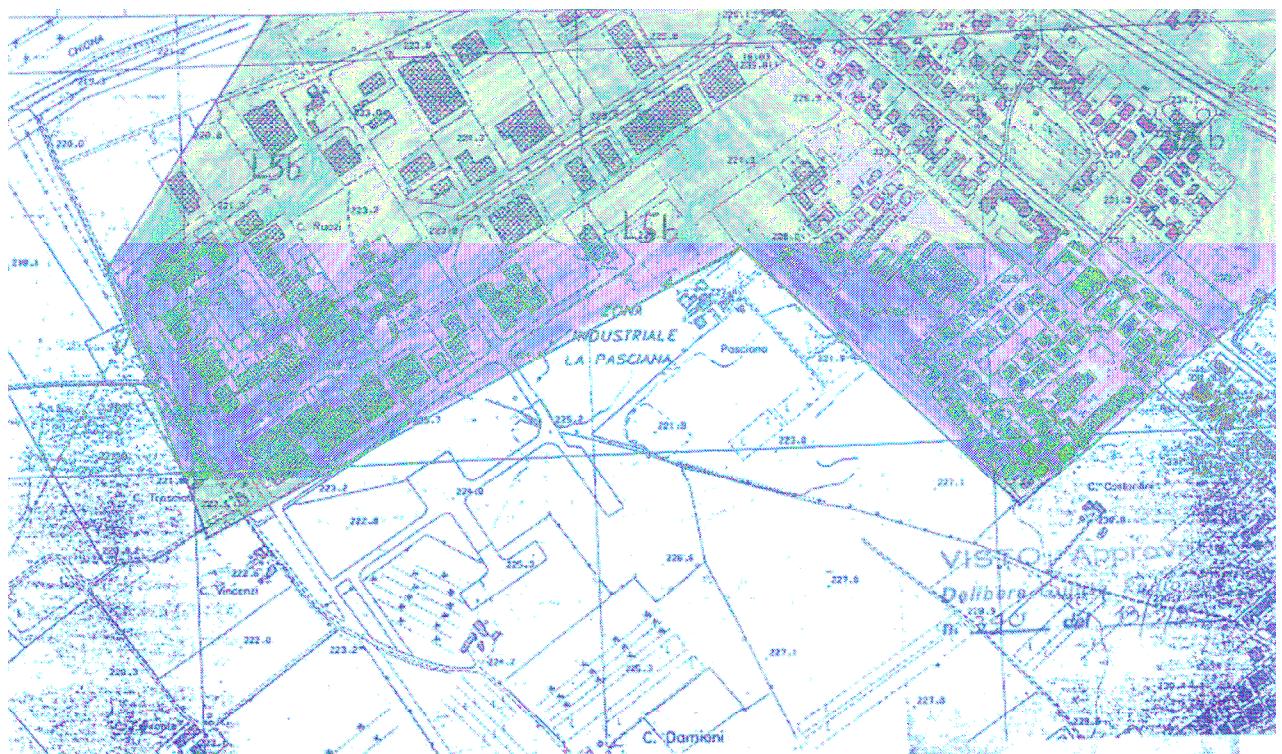
### **Carta Geologica**

**Stralcio Rilevamento geologico e geotematico delle aree terremotate a cura della Regione Umbria**



## **ALLEGATO 11**

## **Carta Litotecnica**



## **ALLEGATO 12**

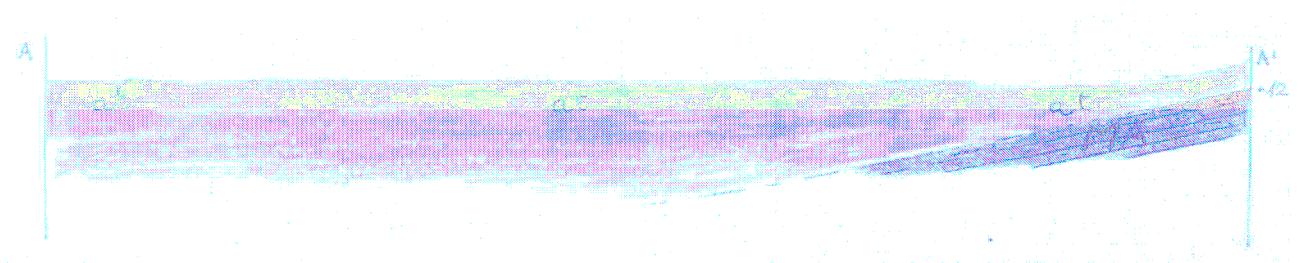
### **Modello geologico**



Alluvioni Terrazzate (at)



Formazione della Marnoso Arenacea (MA)

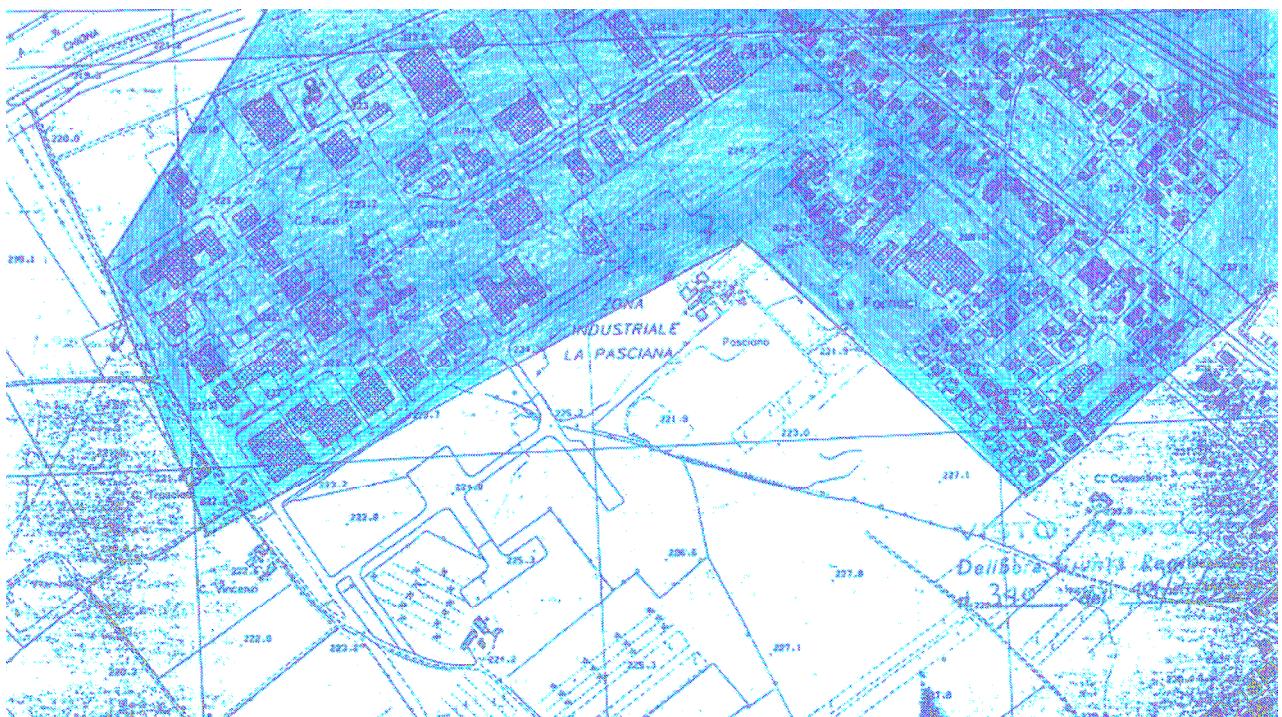


## **ALLEGATO 13**

## **Carta di sintesi della Pericolosità Sismica Locale**

1

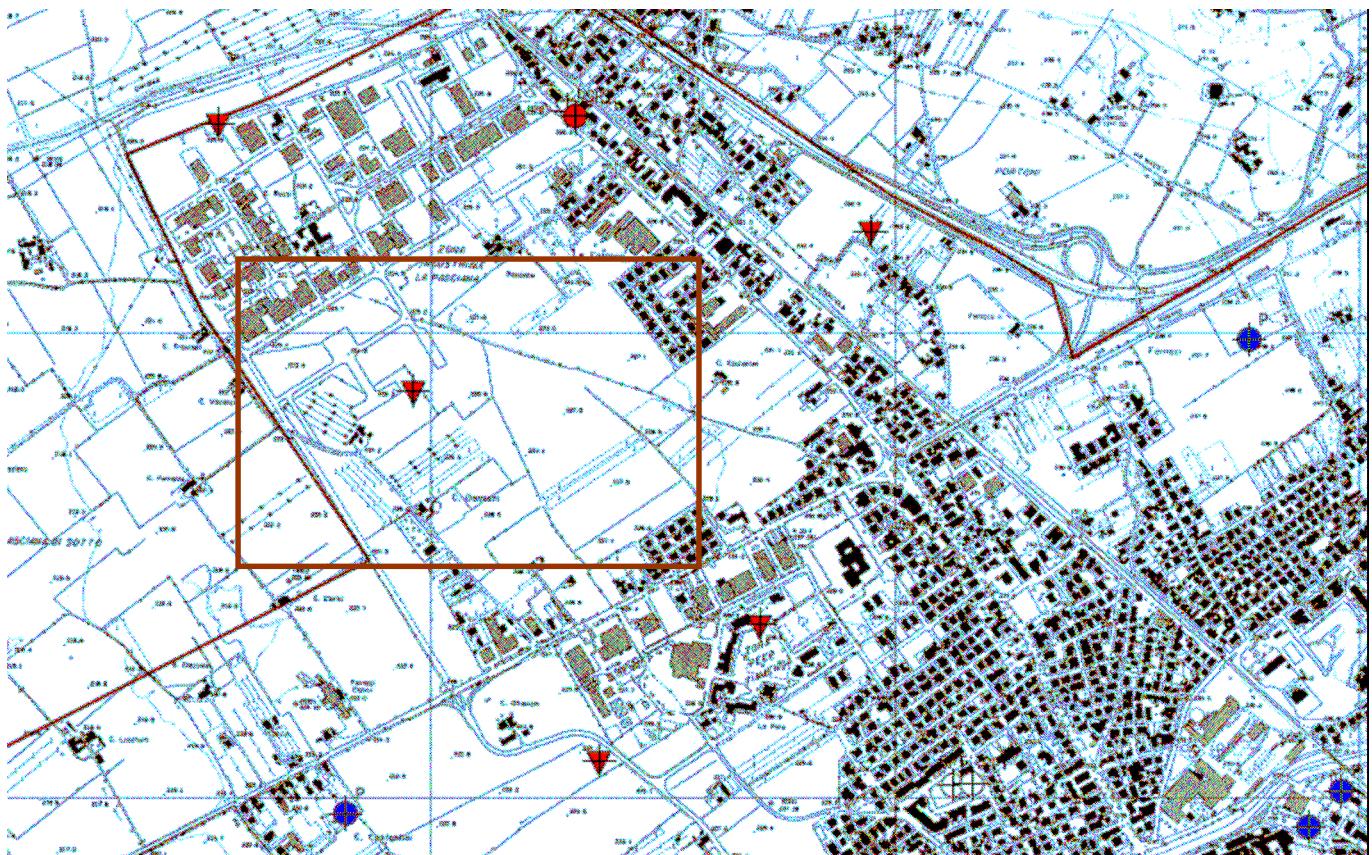
Zona di fondovalle E7 = 1,2\*\* (\*\* da modellazione specifica)



## ALLEGATO 14

### MOPS

#### Carta delle indagini esistenti



#### Legenda

■ Area indagata

#### Indagini

▼ cpt - Prova penetrometrica statica con punta meccanica

◆ dh - Prova sismica in foro tipo DownHole

▲ dl - Prova penetrometrica dinamica leggera

▼ dp - Prova penetrometrica dinamica pesante

—● masw - MASW

● pa - Pozzo per acqua

◆ s - Sondaggio a carotaggio continuo

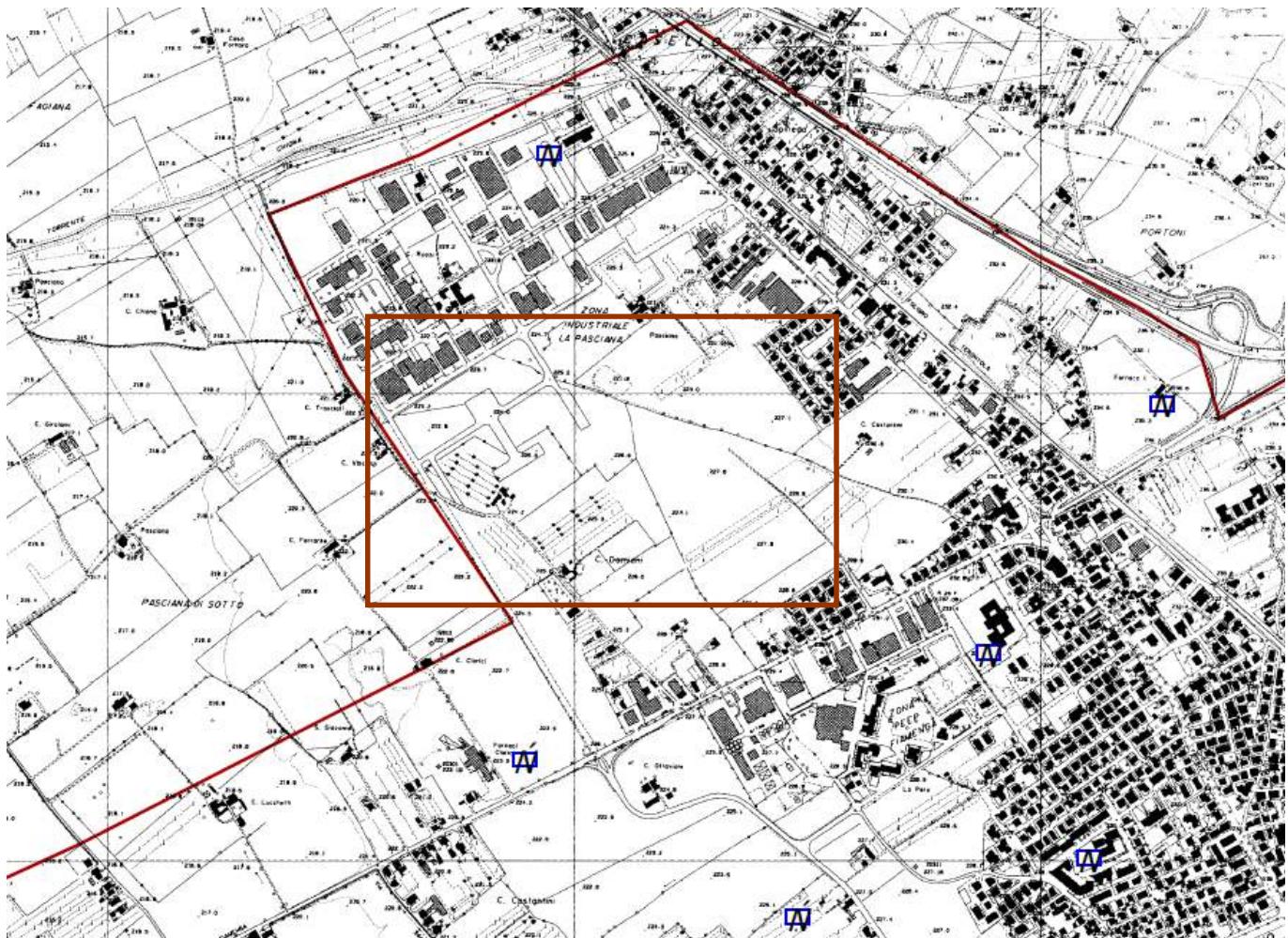
○ sc - Sondaggio da cui sono stati prelevati campioni

—● sr - Profilo sismico a rifrazione

## ALLEGATO 15

### MOPS

#### Carta delle indagini sismiche eseguite ex novo



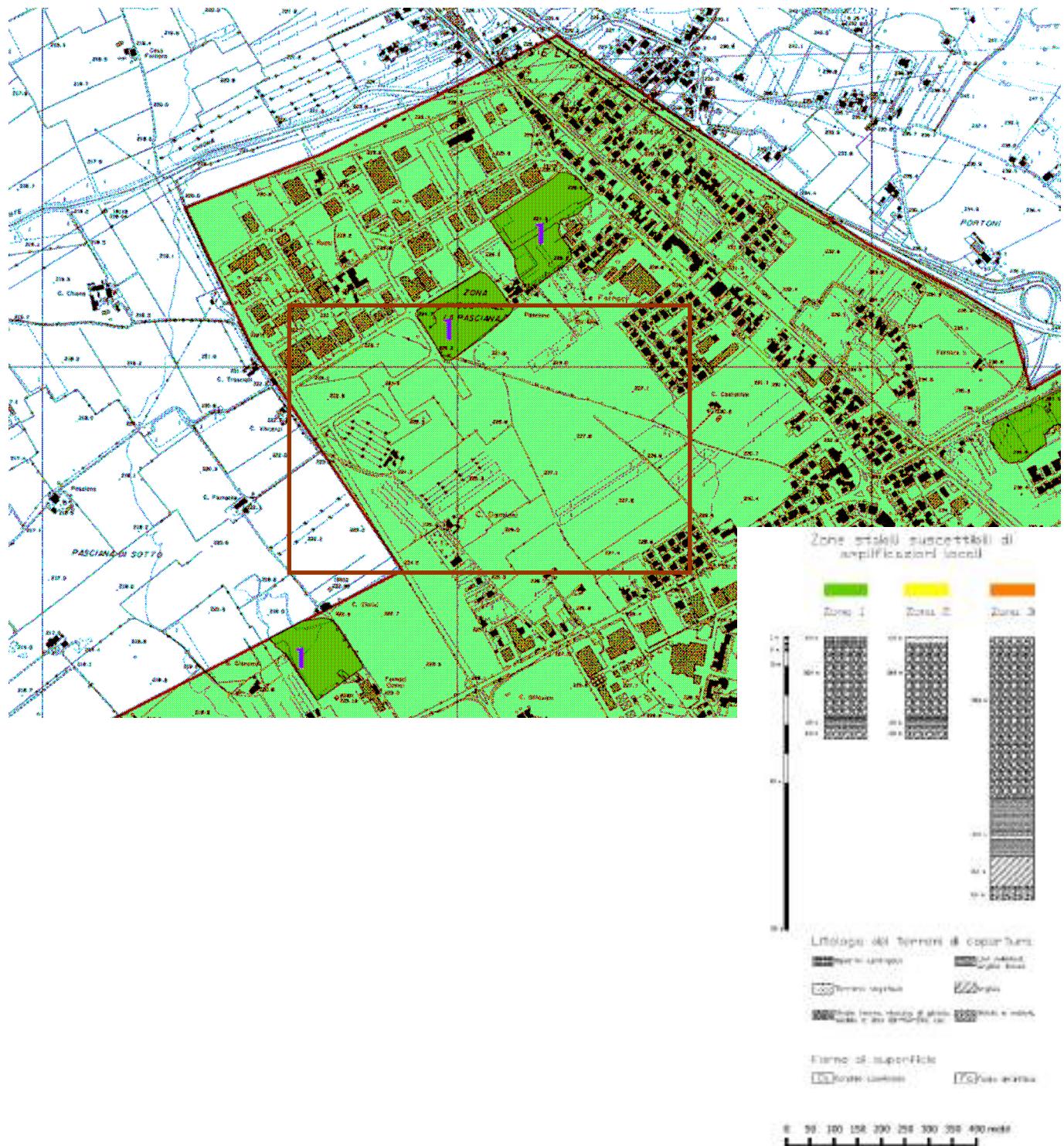
#### Legenda

Δ Indagini eseguite ex novo

## ALLEGATO 16

### MOPS

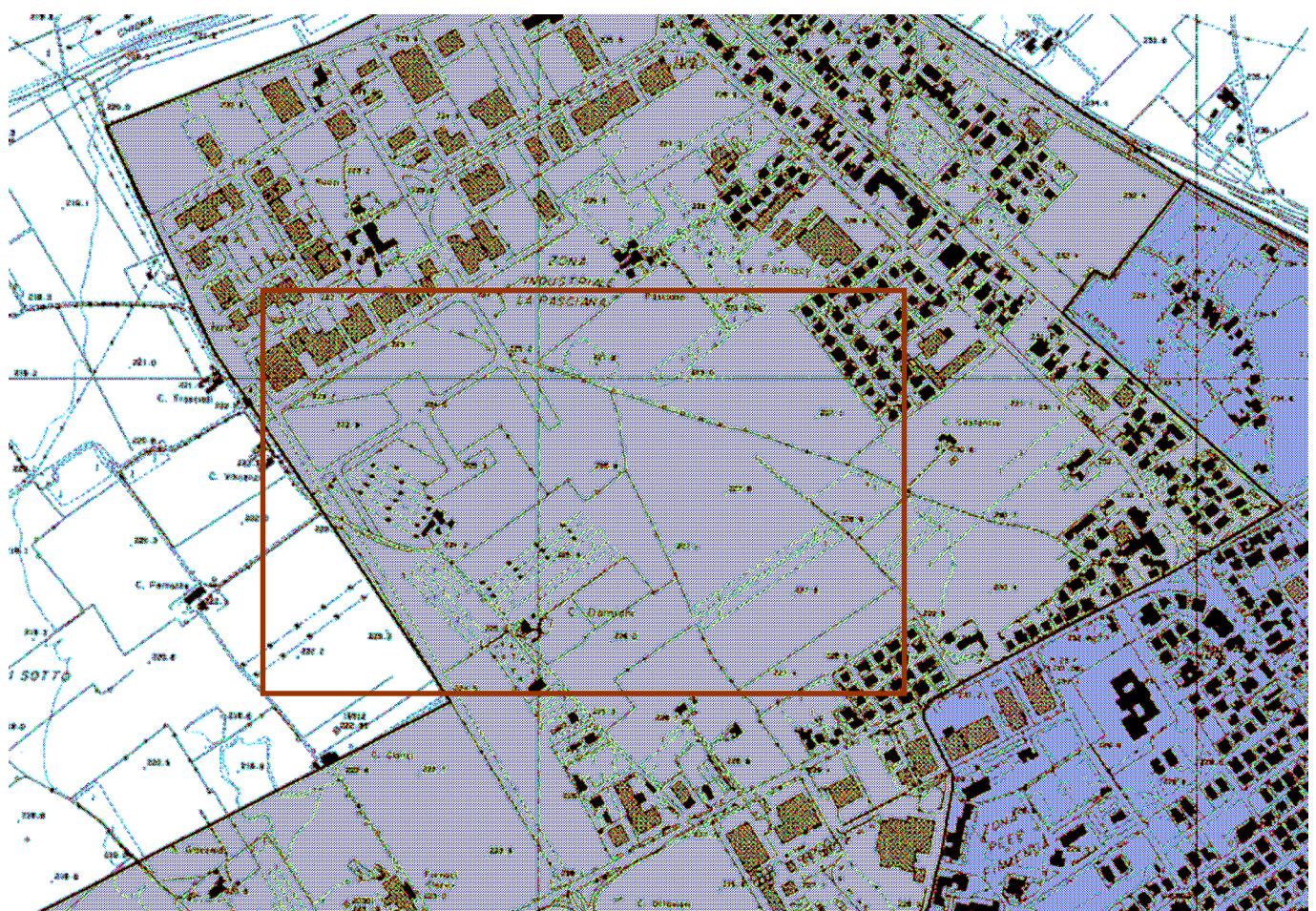
#### Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica



## ALLEGATO 17

### MOPS

#### Carta di microzonazione di livello 2



#### Legenda

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

- Fa = 1.1 - 1.2
- Fa = 1.3 - 1.4
- Fa = 1.5 - 1.6

❖ **ALLEGATO A) indagini geognostiche**

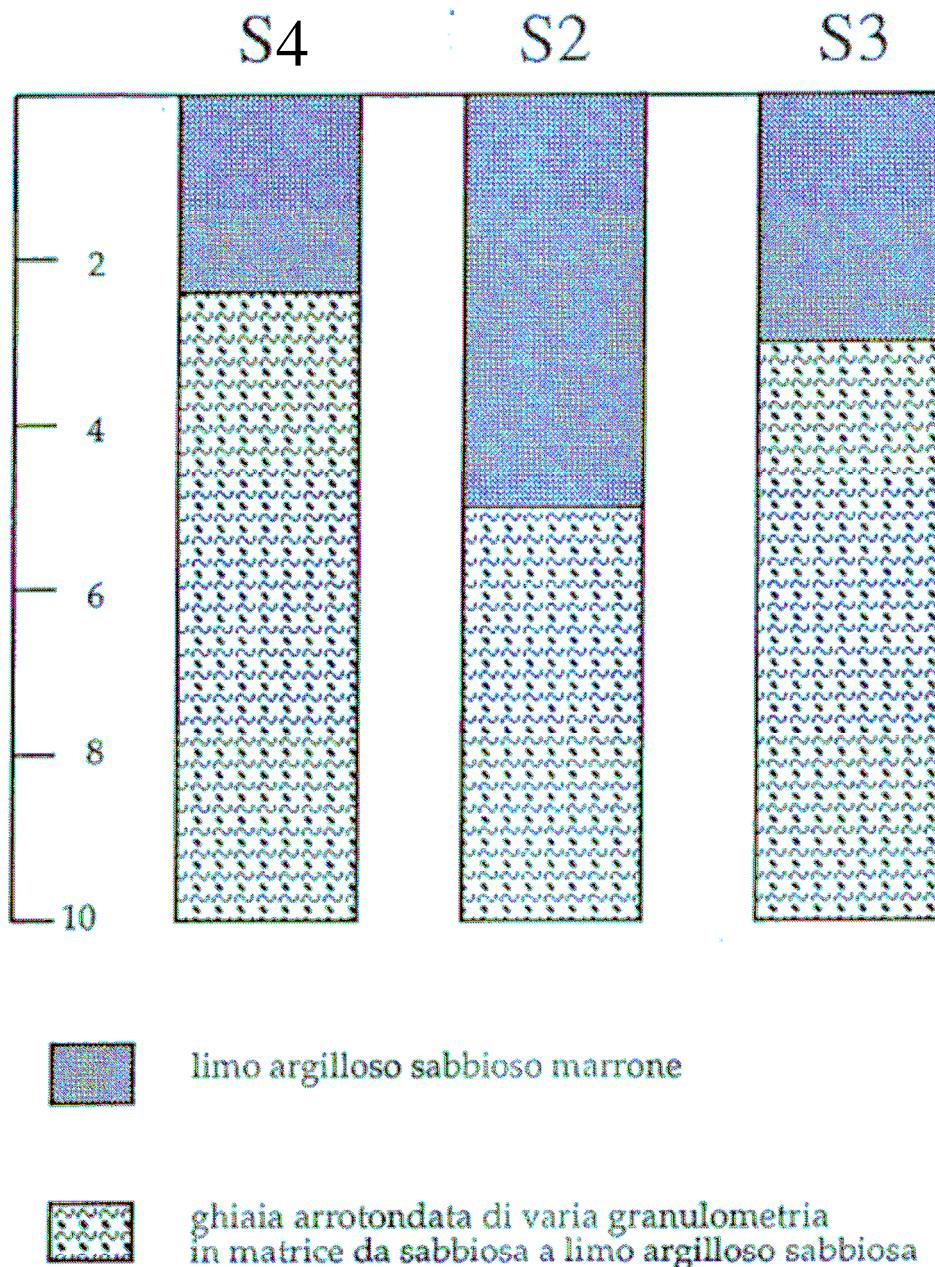
- **S\_1 Sondaggio a carotaggio continuo** – Progetto definitivo Scuola Materna di Paciana (Comune di Foligno: geol. M. Mariani)
- **S\_2; S\_3; S\_4 Sondaggi** – Piano Insediamenti Produttivi “Paciana” (Comune di Foligno: geol. V. Ottaviani, 1995)
  - **Sc\_1 Saggi geognostici** – N.C.M. S.p.A. (geol. Silla Nadia, 2014)
  - **Sc\_2 Saggi geognostici** – N.C.M. S.p.A. (geol. Silla Nadia, 2014)
  - **Sc\_3 Saggi geognostici** – N.C.M. S.p.A. (geol. Silla Nadia, 2014)
  - **CPT\_1 Prova penetrometrica dinamica pesante** - N.C.M. S.p.A. (geol. Silla Nadia, 2014)
  - **CPT\_2 Prova penetrometrica dinamica pesante** - N.C.M. S.p.A. (geol. Silla Nadia, 2014)
  - **CPT\_3 Prova penetrometrica dinamica pesante** - N.C.M. S.p.A. (geol. Silla Nadia, 2014)
  - **CPT\_4 Prova penetrometrica dinamica pesante** - Piano Insediamenti Produttivi “Paciana” (Comune di Foligno: geol. V. Ottaviani, 1995)
  - **CPT\_5 Prova penetrometrica dinamica pesante** - (Co.Geo. Umbria, 1995)
  - **CPT\_6 Prova penetrometrica dinamica pesante** - (Co.Geo. Umbria, 1995)
  - **CPT\_7 Prova penetrometrica dinamica pesante** - Piano Insediamenti Produttivi “Paciana” (Comune di Foligno: geol. V. Ottaviani, 1995)

**S\_1 Progetto definitivo Scuola Materna di Paciana (Comune di Foligno: geol. Mariella Mariani, 2006)**

COMMITTENTE : COMUNE DI FOLIGNO				SONDAGGIO N° : 1			
LOCALITÀ : Edificio Scolastico - Paciana				TIPO SONDA: 0			
IMPRESA ESECUTRICE : Geoumbria Service				PERFORAZ. : carotaggio continuo			
DATA : marzo-06				QUOTA p. s.l.m. 228 m s.l.m.			
M.	m.	m.		% carreggio	Ind.	m.	kg/cmq kg/cmq
Profondità	Spessore	Cavallino	Riferimento	Indice	Indice	Indice	Indice
0,00	0,20						
0,20	0,20						
0,40							
0,60							
0,80							
1,00							
1,20							
1,40							
1,60							
1,75	1,75						
2,00							
2,25							
2,50							
2,75							
3,00	3,00						
3,25							
3,50							
3,75							
4,00							
4,25							
4,50							
4,75							
5,00							
5,25							
5,50							
5,75							
6,00							
6,25							
6,50							
6,75							
7,00	6,20						
7,25							
7,50							
7,75							
8,00							
8,25							
8,50							
8,75							
9,00							
9,25							
9,50							
9,75							
10,00	10,00						

- S\_2 – S\_3 – S\_4

**PIANO INSEDIAMENTI PRODUTTIVI – loc. Paciana**  
 (Comune di Foligno: geol. Vincent Ottaviani, 1995)



- **SAGGI GEOGNOSTICI**      **N.C.M. S.p.A. – Progetto per la realizzazione di un edificio industriale** (geol. Silla Nadia, 2014)

### Sc\_1 – N.C.M. S.p.A. (geol. Silla Nadia, 2014)

Progetto per la realizzazione di un edificio industriale  
Committente: NCM S.p.a.  
Località: Zona industriale Paciana - Foligno (PG)  
**SAGGIO S1**

Profondità (m)	Colonna stratigrafica	DESCRIZIONE
D.40		Materiale ghiaioso di riporto (inerie di cava)
3.50		Lino sabbioso debolmente argilloso, med. addensato
4.00		Sabbia limosa
5.00		Ghiaia sabbiosa addensata

FOTO SAGGIO S1



**Sc\_2 – N.C.M. S.p.A.** (geol. Silla Nadia, 2014)

FOTO SAGGIO S2



Progetto per la realizzazione di un edificio industriale		
Committente: NCM S.p.a.		
Località: Zona industriale Pasiana - Foligno (PG)		
<b>SAGGIO S2</b>		
Profondità (m)	Colonna stratigrafica	DESCRIZIONE
0.40		Materiale ghiesizio di riporto (imeto di cava)
3.70		Limo sabbioso debolmente argilloso, medi. addensato
4.10		Sabbia limosa



## Sc\_3 – N.C.M. S.p.A. (geol. Silla Nadia, 2014)

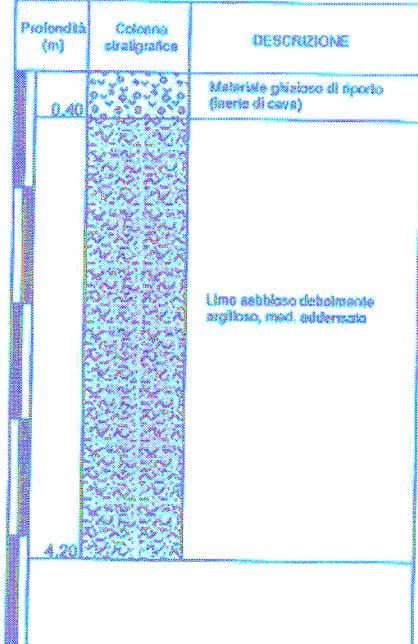
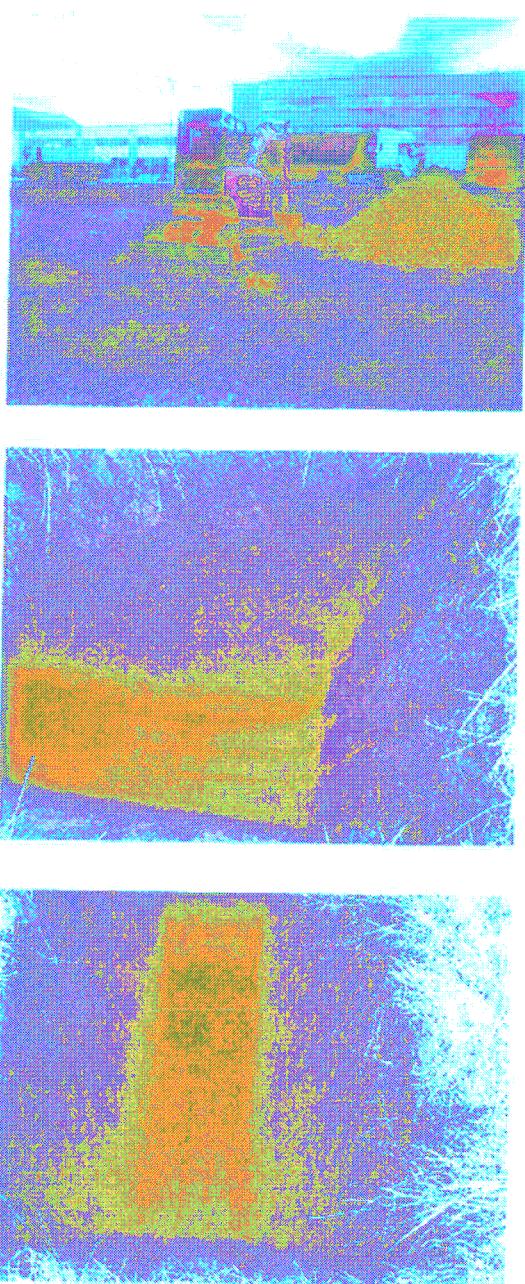
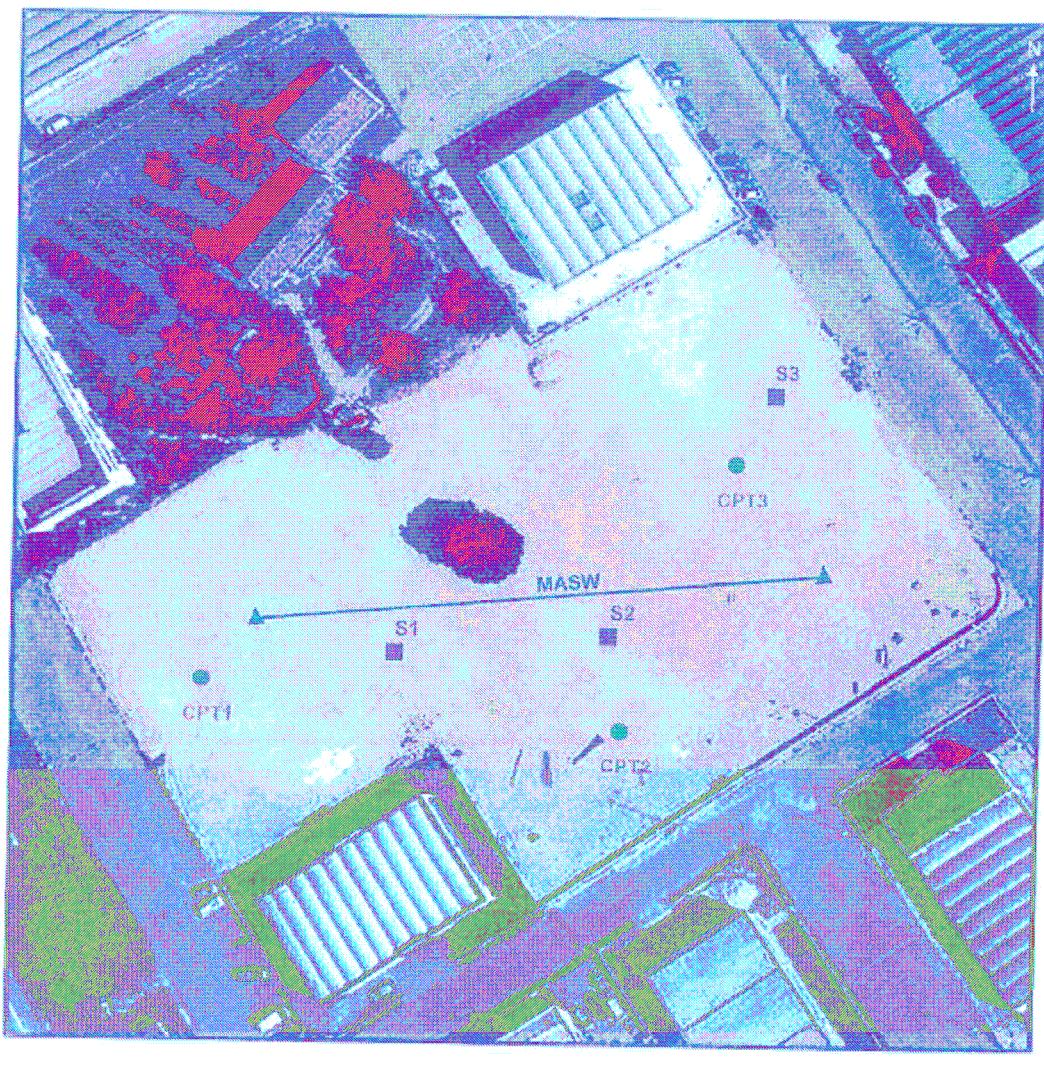
Progetto per la realizzazione di un edificio industriale		
Committente: NCM S.p.a.		
Località: Zona Industriale Paciana - Foligno (PG)		
SAGGIO S3		
Profondità (m)	Colonna stratigrafica	DESCRIZIONE
0.00		
0.40		Materiale ghiaioso di riporto (inerie di caos)
4.20		Limo sabbioso debolmente angoloso, med. indurita

FOTO SAGGIO S3



- UBICAZIONE PROVE PENETROMETRICHE STATICHE – N.C.M.  
S.p.A. – Progetto per la realizzazione di un edificio  
industriale (geol. Silla Nadia, 2014)

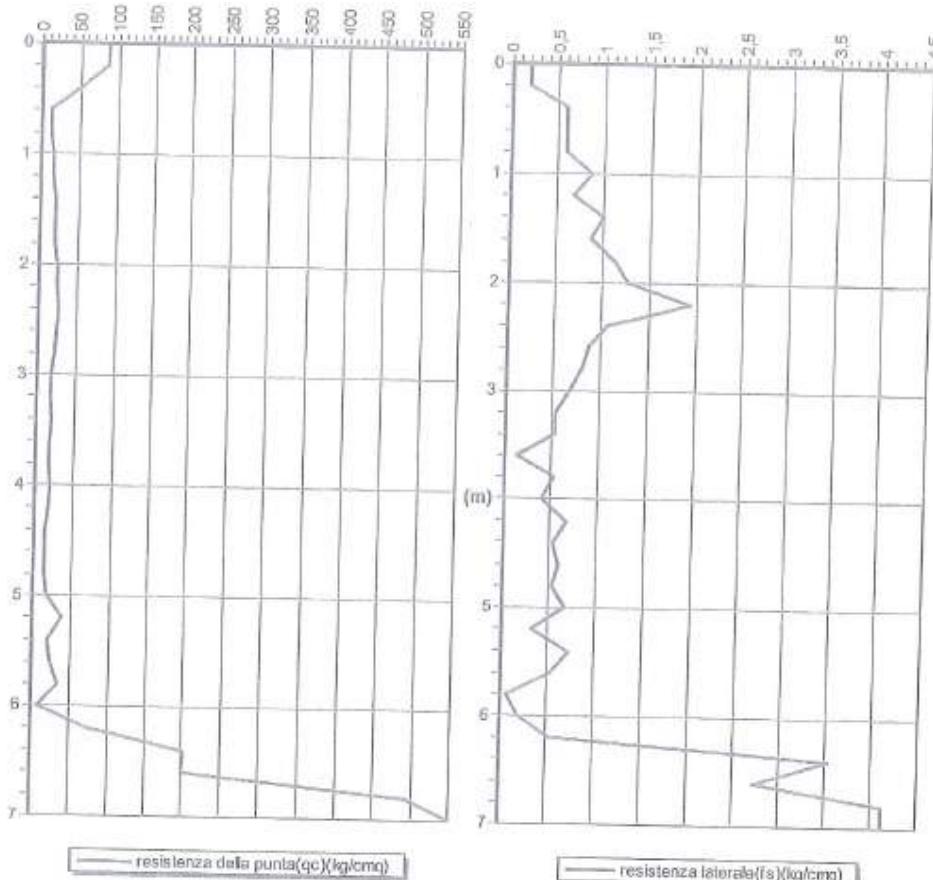
CPT\_1; CPT\_2; CPT\_3



- CPTn PROVA PENETROMETRICA STATICHA
- S<sub>n</sub> SAGGIO GEOGNOSTICO CON PALEA MECCANICA
- ▲ MASW PROFILO SISMICO CON TECNICA MASW

**CPT\_1 – N.C.M. S.p.A.** (geol. Silla Nadia, 2014)

Profondità [m]	Rp(kg)	Rp+Rf (kg)	qc(kg/cm²)	f (kg/cm²)	σ (kg/cm²)	f/qc%
0,2	860	1010	86	0,2		0,23
0,4	490	520	49	0,6		1,22
0,6	110	200	11	0,6		5,45
0,8	120	210	12	0,6		5
1	160	250	16	0,87		5,44
1,2	160	290	16	0,67		4,19
1,4	200	300	20	1		5
1,6	190	340	19	0,87		4,88
1,8	200	330	20	1,13		5,65
2	230	400	23	1,27		5,62
2,2	240	430	28	1,93		8,04
2,4	250	540	25	1,07		4,28
2,6	240	400	24	0,87		3,63
2,8	210	340	21	0,8		3,81
3	170	280	17	0,67		3,94
3,2	170	270	17	0,63		3,12
3,4	180	270	19	0,63		2,79
3,6	170	250	17	0,13		0,76
3,8	180	200	18	0,53		2,94
4	190	270	19	0,4		2,11
4,2	170	230	17	0,67		3,94
4,4	130	230	13	0,63		4,06
4,6	140	220	14	0,6		4,29
4,8	140	230	14	0,63		3,79
5	170	250	17	0,67		3,94
5,2	370	470	37	0,33		0,89
5,4	190	240	19	0,73		3,84
5,6	230	340	23	0,63		2,3
5,8	340	420	34	0,07		0,21
6	70	80	7	0,2		2,86
6,2	700	730	70	0,53		0,76
6,4	2020	2100	202	3,53		1,76
6,6	1960	2520	199	2,73		1,37
6,8	4930	5340	493	4,13		0,84
7	5520	6140	552	4,13		0,75

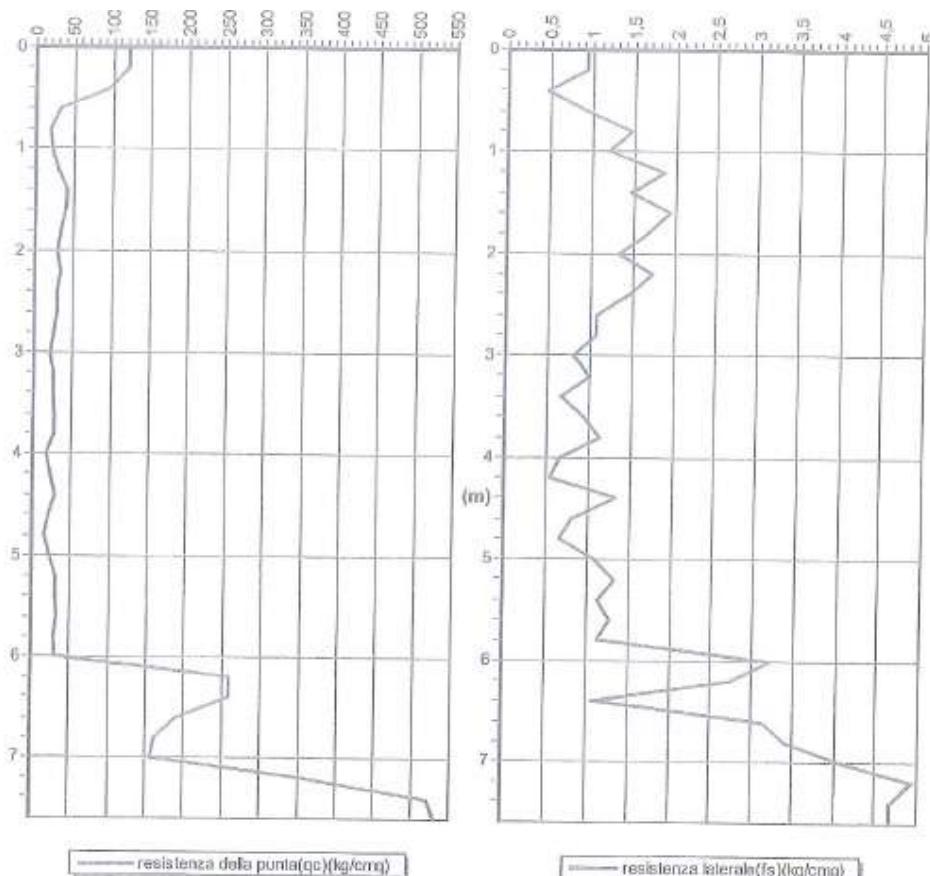


— resistenza della punta(qc)(kg/cm²)

— resistenza laterale(fs)(kg/cm²)

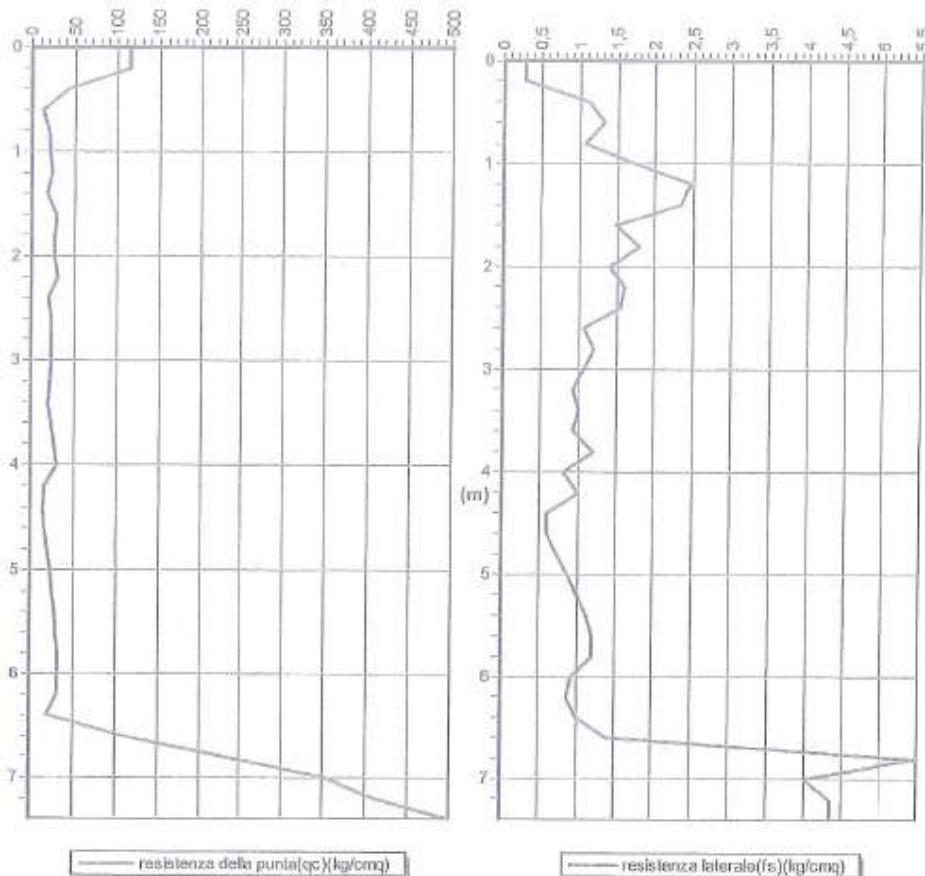
**CPT\_2 – N.C.M. S.p.A. (geol. Silla Nadia, 2014)**

Profondità (m)	R <sub>p</sub> (kg)	R <sub>p+N</sub> (kg)	q <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	f(kg/cm <sup>2</sup> )	a(kg/cm <sup>2</sup> )	t(s)%
0,2	1210	1230	121	0,93		0,77
0,4	540	1080	54	0,47		0,5
0,6	310	380	31	0,93		3
0,8	200	340	20	1,47		7,35
1	220	440	22	1,2		5,45
1,2	300	480	30	1,87		6,23
1,4	410	630	41	1,67		5,59
1,6	400	620	40	1,93		4,62
1,8	340	630	34	1,67		4,91
2	300	550	30	1,33		4,43
2,2	310	540	34	1,73		5,09
2,4	290	550	29	1,47		5,07
2,6	290	510	29	1,67		3,69
2,8	260	420	28	1,07		4,12
3	220	380	22	0,8		3,64
3,2	260	380	26	1		3,85
3,4	250	400	28	0,87		2,66
3,6	270	370	27	0,93		3,44
3,8	270	410	27	1,13		4,19
4	170	340	17	0,67		3,94
4,2	230	330	23	0,53		2,3
4,4	290	370	29	1,33		4,59
4,6	220	420	22	0,8		3,64
4,8	160	280	16	0,67		4,18
5	240	340	24	1,07		4,46
5,2	310	470	31	1,33		4,29
5,4	310	510	31	1,13		3,65
5,6	340	510	34	1,27		3,74
5,8	300	400	30	1,13		3,77
6	310	480	31	3,2		10,32
6,2	2580	3660	268	2,73		1,06
6,4	2580	2890	258	1,07		0,41
6,6	1890	2050	169	3,13		1,66
6,8	1610	2080	161	3,4		2,11
7	1560	2080	158	4,07		2,63
7,2	3500	4110	350	4,93		1,41
7,4	5200	5940	520	4,67		0,9
7,6	5310	6010	531	4,67		0,88



CPT\_3 – N.C.M. S.p.A. (geol. Silla Nadia, 2014)

Profondità (m)	R <sub>p</sub> (kgf)	R <sub>p+R<sub>f</sub></sub> (kgf)	qc(kg/cm <sup>2</sup> )	f <sub>s</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	a(kg/cm <sup>2</sup> )	f <sub>s</sub> /qc%
0,2	1150	1200	115	0,27	—	0,23
0,4	430	470	43	1,13	—	2,63
0,6	130	300	13	1,39	—	10,23
0,8	200	400	20	1,07	—	5,35
1	210	370	21	1,73	—	8,24
1,2	230	490	23	2,47	—	10,74
1,4	180	550	18	2,33	—	12,94
1,6	280	630	28	1,47	—	5,25
1,8	270	490	27	1,6	—	6,67
2	270	540	27	1,4	—	5,19
2,2	300	510	30	1,6	—	5,33
2,4	200	440	20	1,53	—	7,65
2,6	240	470	24	1,07	—	4,46
2,8	230	390	23	1,2	—	5,22
3	230	410	23	1,07	—	4,68
3,2	220	380	22	0,93	—	4,23
3,4	200	340	20	1	—	5
3,6	240	390	24	0,93	—	3,88
3,8	260	400	26	1,2	—	4,62
4	300	480	30	0,8	—	2,67
4,2	170	290	17	1	—	0,68
4,4	180	300	15	0,6	—	4
4,6	160	260	16	0,6	—	3,75
4,8	190	260	19	0,73	—	3,84
5	230	340	23	0,87	—	3,76
5,2	250	380	25	1	—	4
5,4	290	440	28	1,13	—	3,8
5,6	310	480	31	1,2	—	3,87
5,8	330	510	33	1,2	—	3,64
6	330	510	33	0,93	—	2,82
6,2	330	470	33	0,87	—	2,64
6,4	190	320	19	1	—	5,26
6,6	1110	1260	111	1,4	—	1,26
6,8	2260	2490	226	5,47	—	2,4
7	3520	4340	352	4	—	1,14
7,2	4070	4670	407	4,33	—	1,06
7,4	4980	5630	498	4,33	—	0,87



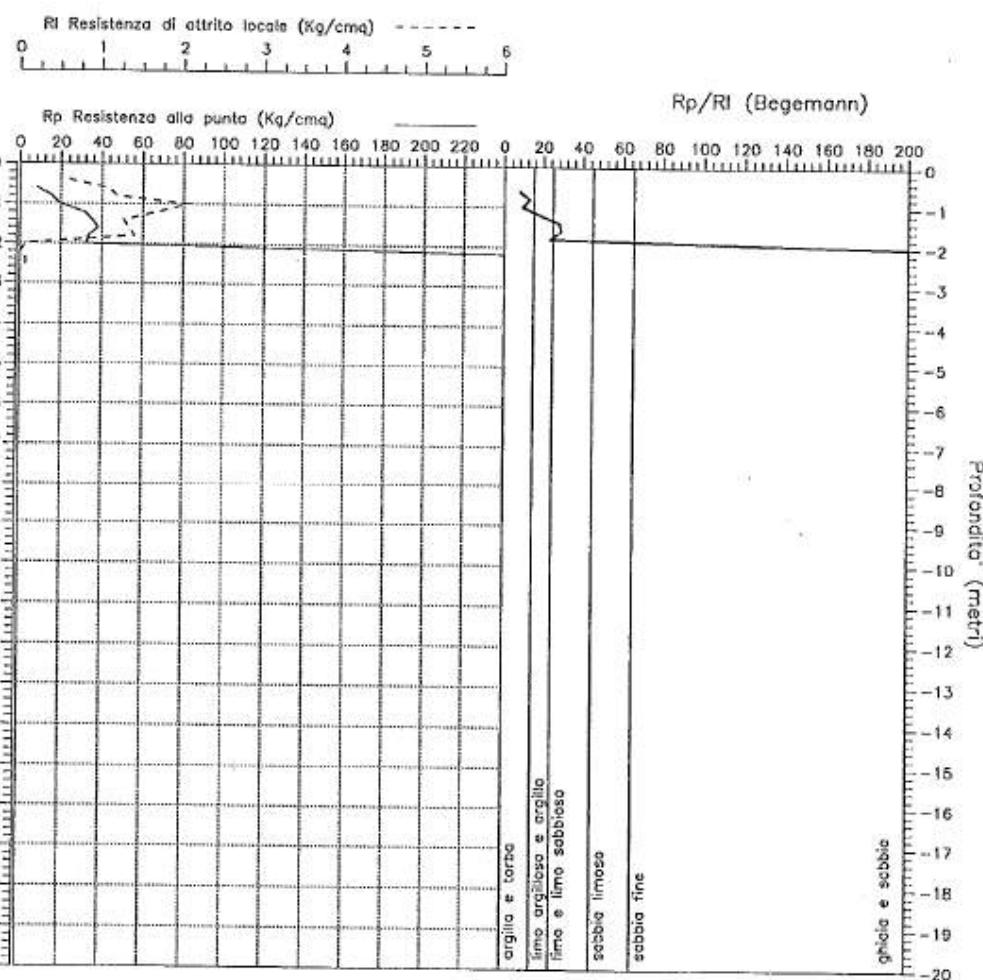
CPT\_4 – PIP Paciana (Comune di Foligno: geol. Vincent Ottaviani, 1995)

Prof. m.l.	Resistenza di punta						Resistenza laterale		Rapporto qc/qa			
	25	50	75	100	125		1.00	2.00	A	L	S	SG
0.20	19.1						2.13		9.0			
0.40	19.1						2.13		9.0			
0.60	19.1						2.13		9.0			
0.80	24.3						2.40		10.1			
1.00	31.3						2.27		13.8			
1.20	39.3						1.93		20.4			
1.40	37.3						1.33		28.0			
1.60	36.3						1.40		25.9			
1.80	28.4						1.07		26.5			
2.00	34.4						1.13		30.4			
2.20	28.4						1.33		21.4			
2.40	37.4						0.60		62.3			
2.60	20.5						1.53		18.6			
2.80	22.5						0.80		28.1			
3.00	26.5						0.93		28.5			
3.20	28.5						1.13		25.2			
3.40	19.5						1.73		11.3			
3.60	23.5						1.00		23.5			
3.80	19.3						0.87		22.2			
4.00	19.6						0.60		32.7			
4.20	17.6						0.60		29.3			
4.40	14.6						0.47		31.1			
4.60	16.6						0.17		35.3			
4.80	16.8						0.60		28.0			
5.00	19.8						0.73		27.1			
5.20	14.8						0.47		31.5			
5.40	16.8						0.53		31.7			
5.60	23.8						1.00		23.8			
5.80	29.9						1.40		21.4			
6.00	28.9						1.20		24.1			
6.20	26.9						1.13		23.8			
6.40	26.9						1.13		29.8			
6.60	27.9						0.93		30.0			
6.80	21.0						2.10		8.8			
7.00	297.0						2.00		148.5			
7.20	130.0						7.07		18.4			
7.40	276.0						2.00		138.0			

Prof. m.l.	Strati	Tipologia	Gamm kg/mc	Gamm kg/mc	Sigma' U kg/cmq	CU kg/cmq	FI %	DR %	Koriz Kg/cmc
		Argilla molto compatta	1892	1892	0.227	1.268	0	0	2.54
1.20		Argilla sabbiosa e limosa	1931	1931	0.420	1.648	0	0	2.20
2.20	2.40	Sabbia	1800	1800	0.456	0.000	35	48	1.87
3.20	3.40	Argilla sabbiosa e limosa	1899	1899	0.608	1.325	0	0	1.77
		Argilla organica/torbe	1853	1853	0.645	0.975	0	0	3.90
		Argilla limosa	1840	1840	1.013	0.897	0	0	1.79
5.40		Argilla sabbiosa e limosa	1904	1904	1.242	1.369	0	0	1.83
6.60	6.80	Argilla organica/torbe	1861	1861	1.279	1.050	0	0	4.20
7.40		Sabbia densa o compatta	1900	1900	1.393	0.000	39	91	11.72

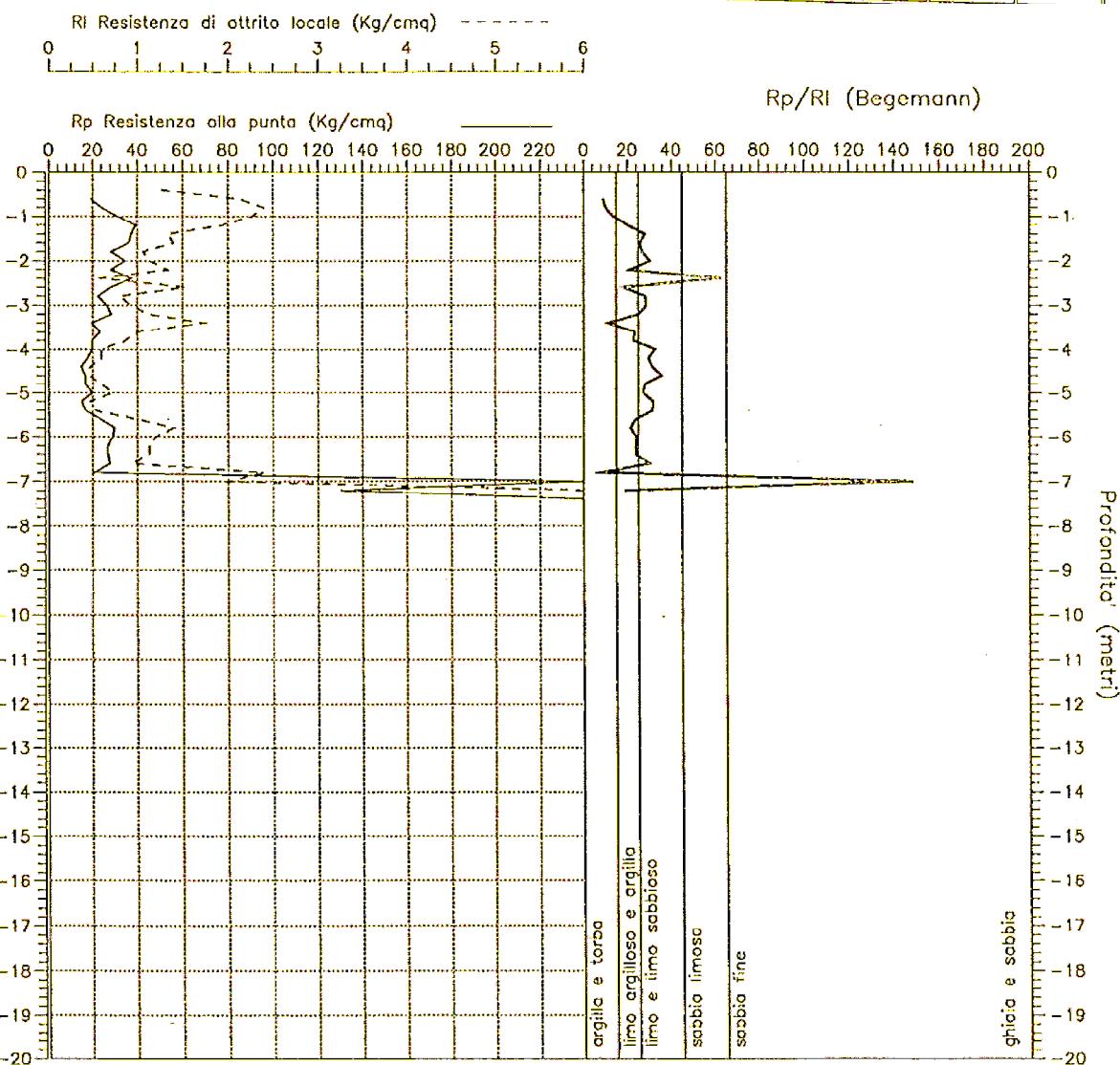
CPT\_5 – (Co.Geo. Umbria, 1995)

profond. metri	Rp Kg/cm <sup>2</sup>	RI Kg/cm <sup>2</sup>	Rp/Rl	Rf
-0.4	0.0	0.60	0.0	0.00
-0.6	8.1	1.07	7.6	13.12
-0.8	15.3	1.20	12.7	7.86
-1.0	19.3	2.07	9.3	10.73
-1.2	31.3	1.67	18.8	5.33
-1.4	35.3	1.27	27.8	3.59
-1.6	38.3	1.33	28.7	3.48
-1.8	33.4	1.40	23.9	4.19
-2.0	32.4	0.07	485.8	0.21
-2.2	243.4	0.01	24339.0	0.00
-2.4	253.4	0.07	3800.8	0.03
-2.6	242.5	0.07	3637.8	0.03
-2.8	268.5	0.00	0.0	0.00



CPT\_6 – (Co.Geo. Umbria, 1995)

profond. metri	Rp Kg/cmq	RI Kg/cmq	Rp/Ri	Rf
-0.4	0.0	1.27	0.0	0.00
-0.6	19.1	2.13	9.0	11.15
-0.8	24.3	2.40	10.1	9.89
-1.0	31.3	2.27	13.8	7.25
-1.2	39.3	1.93	20.3	4.92
-1.4	37.3	1.33	27.9	3.58
-1.6	36.3	1.40	25.9	3.86
-1.8	28.4	1.07	26.6	3.76
-2.0	34.4	1.13	30.3	3.30
-2.2	28.4	1.33	21.3	4.70
-2.4	37.4	0.60	62.3	1.60
-2.6	28.5	1.53	18.6	5.38
-2.8	22.5	0.80	28.1	3.55
-3.0	26.5	0.93	28.4	3.52
-3.2	28.5	1.13	25.2	3.97
-3.4	19.5	1.73	11.3	8.88
-3.6	23.5	1.00	23.5	4.25
-3.8	19.6	0.87	22.7	4.41
-4.0	19.6	0.60	32.7	3.05
-4.2	17.6	0.60	29.4	3.40
-4.4	14.6	0.47	31.4	3.19
-4.6	16.6	0.47	35.7	2.80
-4.8	16.8	0.60	28.0	3.58
-5.0	19.8	0.73	27.0	3.71
-5.2	14.8	0.47	31.7	3.16
-5.4	16.8	0.53	31.5	3.18
-5.6	23.8	1.00	23.8	4.21
-5.8	29.9	1.40	21.4	4.68
-6.0	28.9	1.20	24.1	4.15
-6.2	26.9	1.13	23.7	4.21
-6.4	26.9	1.13	23.7	4.21
-6.6	27.9	0.93	29.9	3.34
-6.8	21.0	2.40	8.8	11.41
-7.0	297.0	2.00	148.5	0.67
-7.2	130.0	7.07	18.4	5.43
-7.4	276.0	0.00	0.0	0.00



CPT\_7 – PIP Paciana (Comune di Foligno: geol. Vincent Ottaviani, 1995)

Prof. el.	Resistenza di punto					Resistenza laterale		Rapporto Rp/Rl			
	20	40	60	80	100	1.00	2.00	R	L	S	SG
0.20	0.0	0.0				0.00	0.00				
0.40	0.0	0.0				0.00	0.00				
0.60	39.1					2.93					
0.80	39.3					3.47					
1.00	45.3					3.60					
1.20	37.3					2.47					
1.40	37.3					1.73					
1.60	38.3	37.2				1.53	2.57				
1.80	37.4					1.60					
2.00	37.4					1.67					
2.20	35.4					1.60					
2.40	31.4					1.33					
2.60	34.5					1.13					
2.80	33.5					1.73					
3.00	25.5					1.13					
3.20	25.5	29.5				1.00	1.97				
3.40	24.5					1.07					
3.60	22.5					0.87					
3.80	33.7					1.17					
4.00	40.7	21.9				1.27	1.51				
4.20	28.6					1.20					
4.40	15.6					0.80	0.72				
4.60	18.6	17.1				0.73					
4.80	24.8	26.3				0.60	0.75				
5.00	27.8					0.87	0.99				
5.20	19.8	19.8				0.87	0.91				
5.40	34.8	33.8				0.93	1.73				
5.60	36.8					1.13					
5.80	21.9	21.9				1.40	1.40				
6.00	21.9					0.13	0.13				
6.20	39.9	29.5				1.93	1.93				
6.40	21.9	21.9				0.93	0.93				
6.60	15.9	15.8				6.60	6.60				
6.80	19.0	19.0				2.67	2.67				
7.00	282.0					2.33					
7.20	169.0	169.0				2.47	2.47				
7.40	169.0					2.47					

Prof. el.	Strati	Tipologia	Gesso kg/sec	Gesso' kg/sec	Sigill. kg/cm²	CU kg/cm²	FI %	DR %	Koriz Kg/sec
0.40		Sabbia sciolta	1650	1650	0.066	0.000	15	15	0.00
		Argilla solita compatto	1949	1949	0.534	1.859	0	0	3.72
2.80		Argilla sabbiosa e limosa	1887	1887	0.685	1.225	0	0	1.63
3.60		Argilla sabbiosa e limosa	1937	1937	0.801	1.717	0	0	2.29
4.20		Argilla compatto	1833	1833	0.874	0.855	0	0	1.71
4.60		Sabbia e limo argilloso	1500	1500	0.934	0.000	31	22	1.75
5.00		Argilla compatto	1855	1855	0.971	0.990	0	0	1.98
5.60		Sabbia e limo argilloso	1500	1500	1.031	0.000	32	31	2.39
5.80		Argilla solita compatto	1870	1870	1.069	1.095	0	0	2.19
6.00		Sabbia sciolta	1650	1650	1.102	0.000	29	15	1.10
6.20		Argilla sabbiosa e limosa	1960	1960	1.111	1.095	0	0	2.66
6.40		Argilla limosa	1870	1870	1.170	1.095	0	0	2.19
6.60		Argilla organica/torba	1822	1822	1.215	0.795	0	0	3.18
6.80		Argilla organica/torba	1849	1849	1.252	0.950	0	0	3.80
7.40		Sabbia densa o compatto	1900	1900	1.366	0.000	38	87	10.33

❖ **ALLEGATO B) indagini sismiche**

- **PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE IN ONDE SH**
  - **Profilo 02 Foligno (Zona Bingo)**
- **MASW**
  - **Profilo 01 (Zona N.C.M. S.p.A.)**
  - **Profilo 02 Foligno (Zona Bingo)**
- **HSVR**
  - **Indagine HSVR 02 (Zona Bingo)**

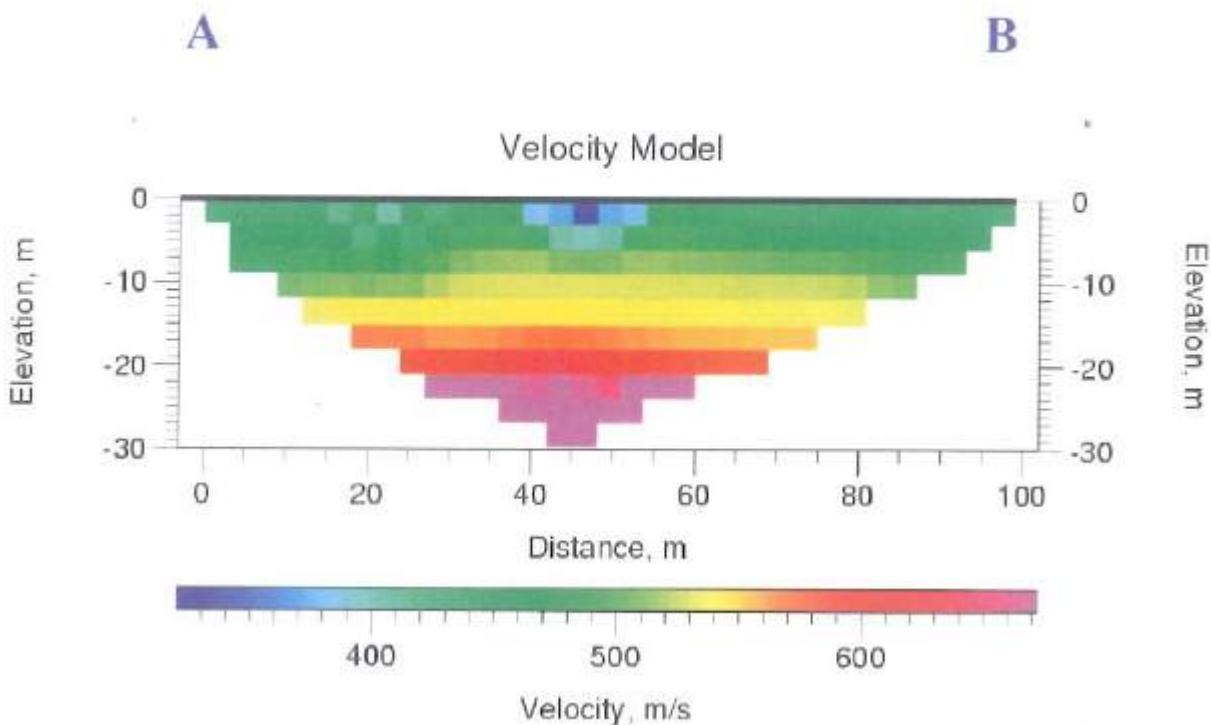
- **PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE IN ONDE SH**

**MOPS – Comune di Foligno**



Profilo sismico 02 (96 m, zona Bingo). Sismica a rifrazione SH e profilo MASW (a traccia coincidente). Punto di indagine HVSR 02.

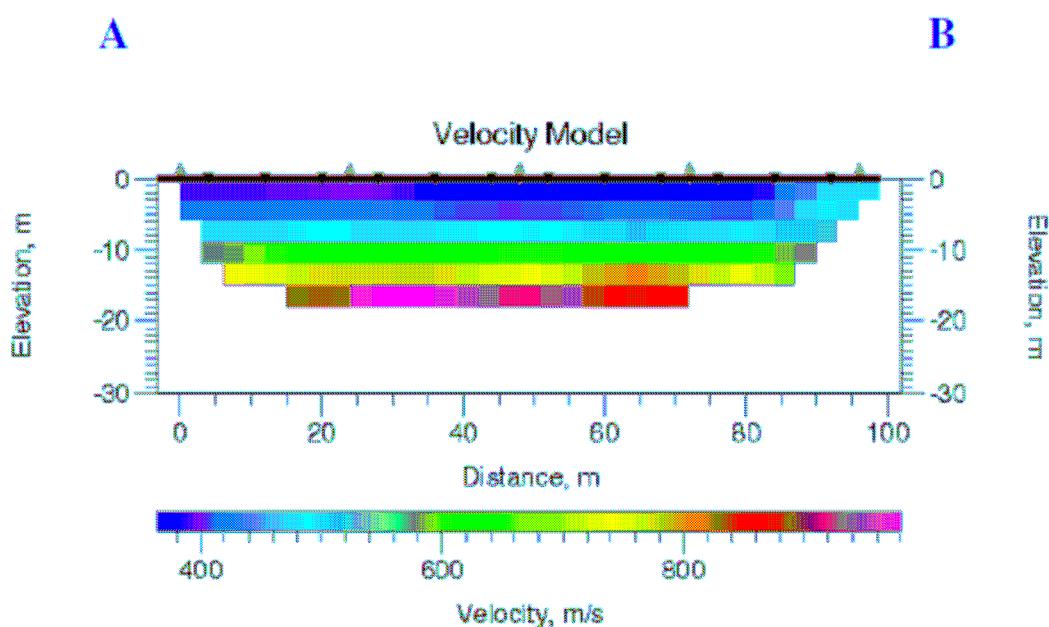
### **PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE onde SH: TOMOGRAFIA** Sezione A – B onde SH: Modello di velocità (modello multistrato)



## MOPS – Comune di Foligno

### PROFILO 02 FOLIGNO (Zona Bingo)

PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE onde SH: TOMOGRAFIA  
Sezione A – B onde SH: Modello di velocità (modello multistrato)



#### Profilo 02

Andamento delle Vs dal p.c. al centro dello stendimento.

Dist da A	Prof (m)	Vs (m/s)
48.000000	0.000000	365.682495
48.000000	-3.000000	407.424957
48.000000	-6.000000	485.874664
48.000000	-9.000000	605.965271
48.000000	-12.000000	743.708313
48.000000	-15.000000	912.914856

- MASW

### Dati MASW Profilo 01

N.C.M. S.p.A. (geol. Silla Nadia, 2014)

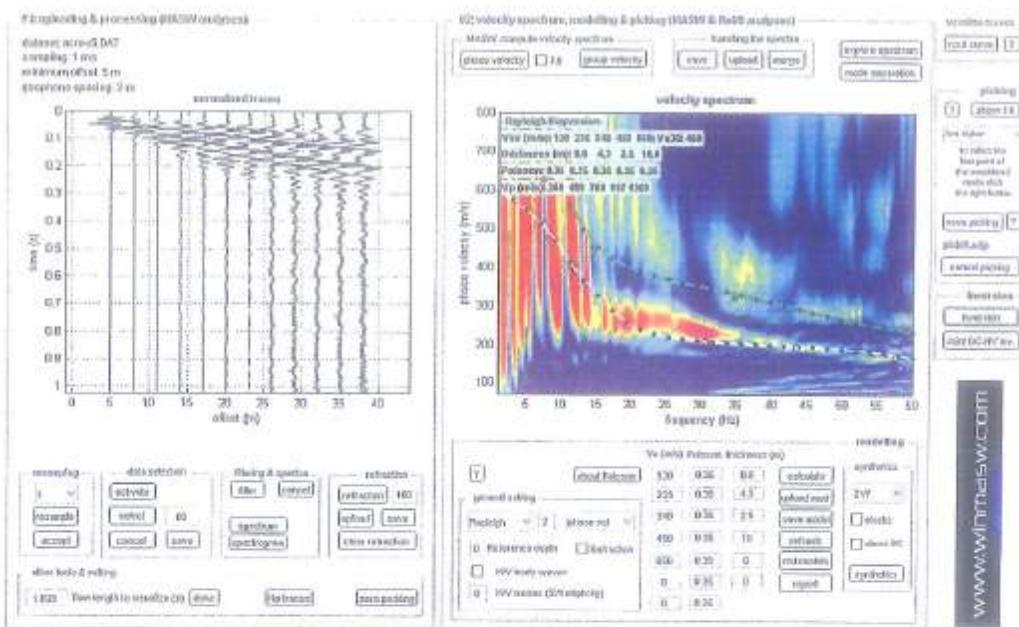
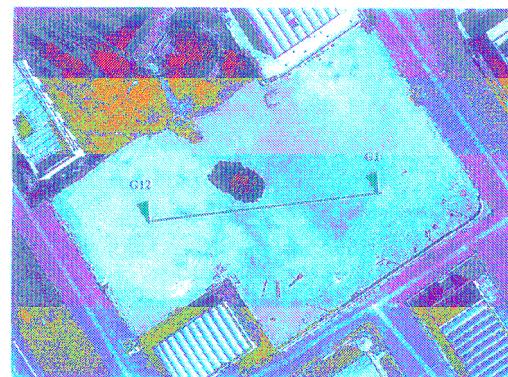


TAVOLA N°2 - SISMOGRAMMI ACQUISITI ED ANALISI SPETTRALE

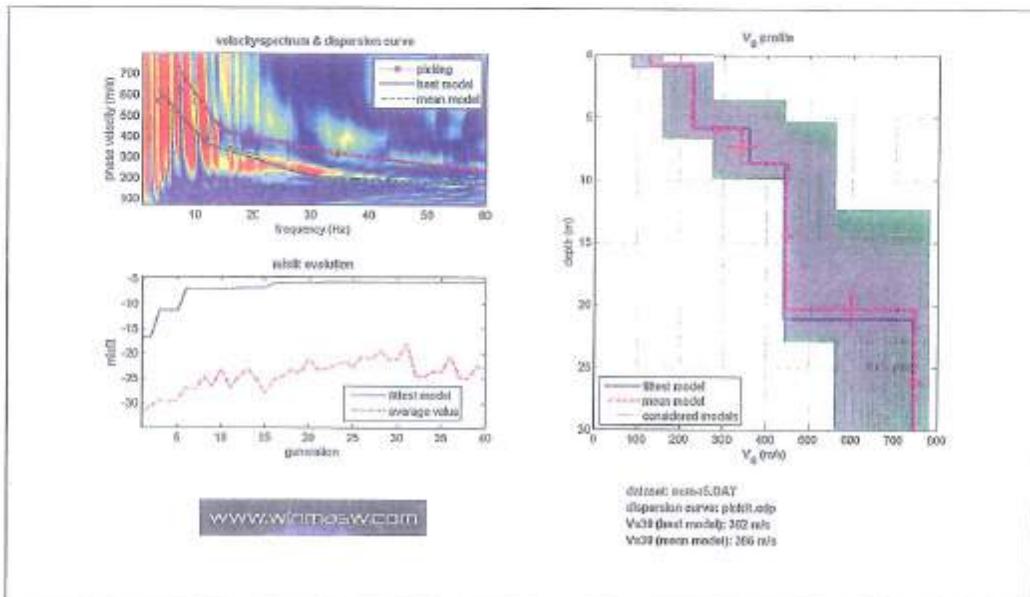
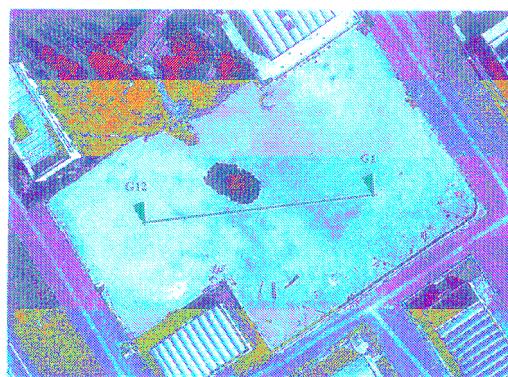


TAVOLA N°3 - CURVE DI DISPERSIONE E MODELLO INVERTITO

- **MASW**

### Dati MASW Profilo 01

N.C.M. S.p.A. (geol. Silla Nadia, 2014)



Nelle tabelle seguenti sono riportati tutti i valori di input e output del modello:

**Modello ricavato**

	Vsv (m/s)	Spessore	Densità (gr/cm³)	Modulo di taglio (Mpa)
STRATO 1	131	0.80	1.74	30
STRATO 2	227	5.00	1.89	97
STRATO 3	340	2.70	1.99	230
STRATO 4	446	11.70	2.04	406
STRATO 5	747	-	2.13	1190

	Vp (m/s)	Poisson
STRATO 1	271	0.35
STRATO 2	505	0.37
STRATO 3	778	0.38
STRATO 4	941	0.36
STRATO 5	1387	0.30

Il modello restituisce un valore della Vs30 equivalente, tramite il fitting effettuato sulla base della relazione

$$Vs_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{v_i}}$$

dove:

Vs30 = velocità media di propagazione delle onde S entro 30 metri di profondità

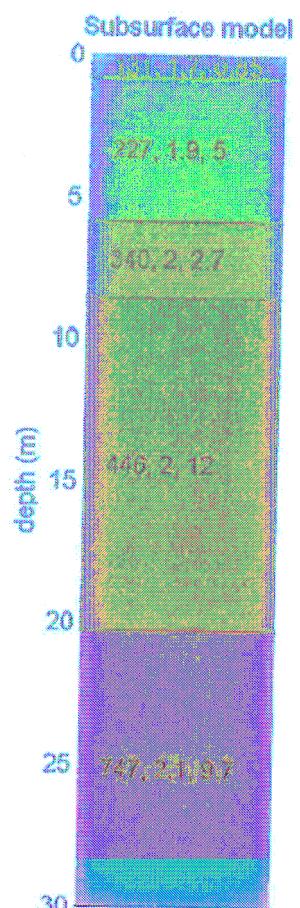
hi = spessore dello strato i-esimo

vi = velocità delle onde S dello strato i-esimo

N = numero di strati presenti entro i primi 30 metri

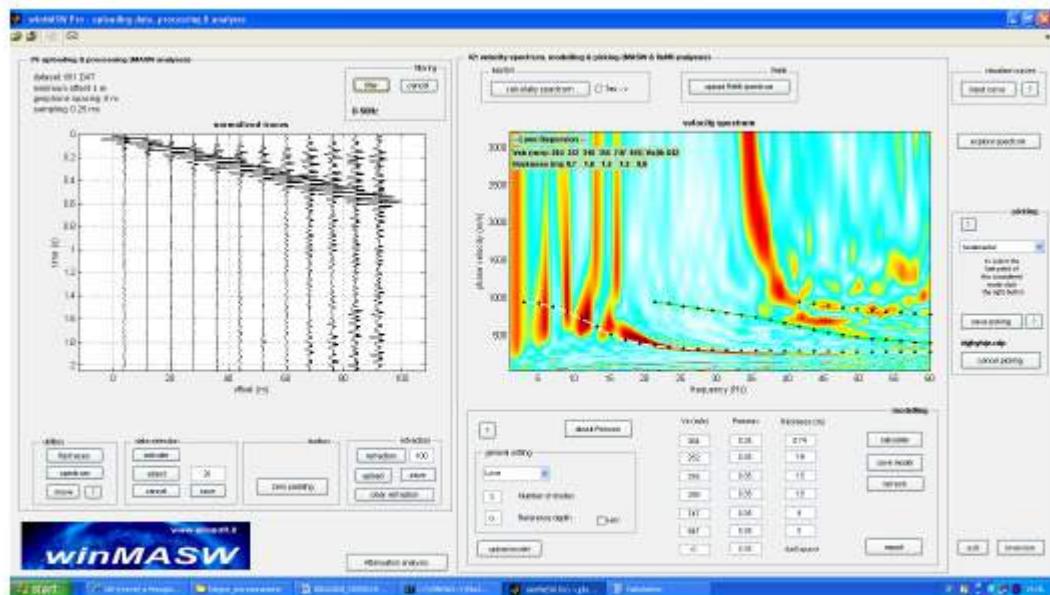
Nel caso specifico tale valore risulta pari a 396 m/s. In base alle normative vigenti O.P.C.M. 3274/2003 e alla normativa "NTC" 14 Gennaio 2008 deve essere definita l'azione sismica di progetto sulla base della zona sismica di appartenenza del sito e la categoria di suolo su cui sarà realizzata l'opera.

Il valore di Vs30 equivalente restituito dal modello di calcolo, pari a 396 m/s, fa ricadere il sottosuolo di interesse progettuale nella categoria B.



## MOPS - Comune di Foligno

### Dati Masw Profilo 02



Elaborazione. I dati masw (assunti a carattere puramente qualitativo) si allineano ai dati della tomografia sismica in onde Sh.

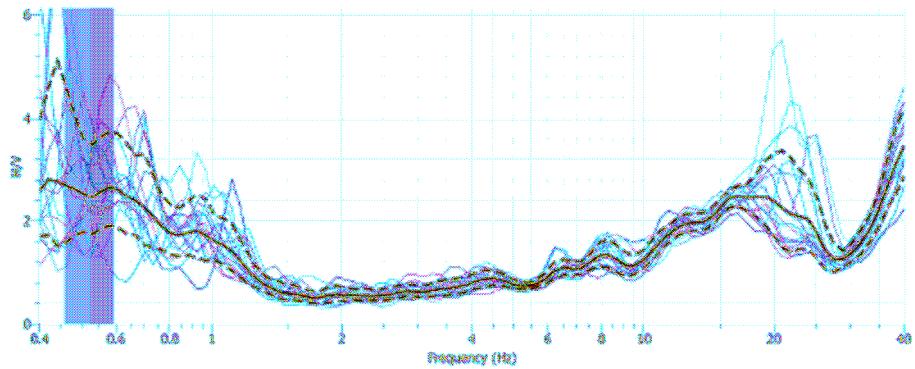


Profilo sismico 02 (96 m, zona Bingo). Sismica a rifrazione SH e profilo MASW (a traccia coincidente). Punto di indagine HVSR 02.

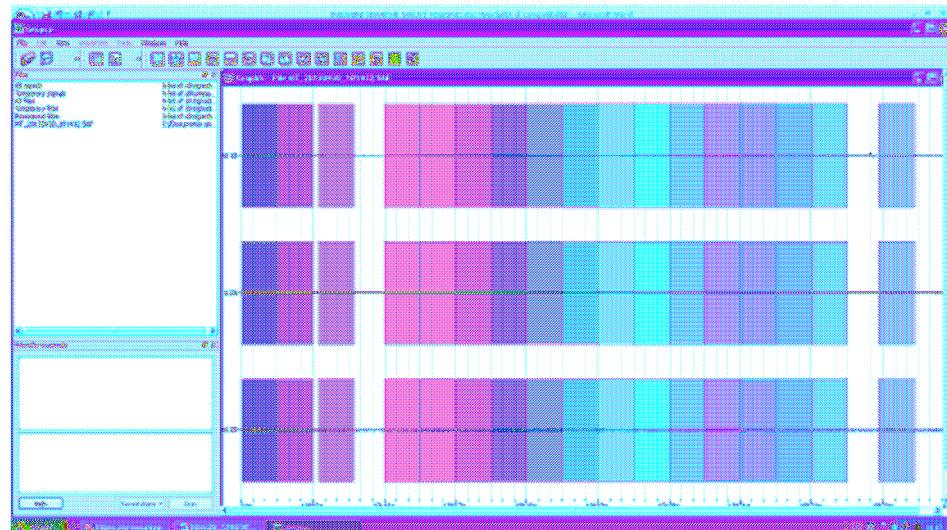
## MOPS – Comune di Foligno

- HSVR

### INDAGINE HVSR 02

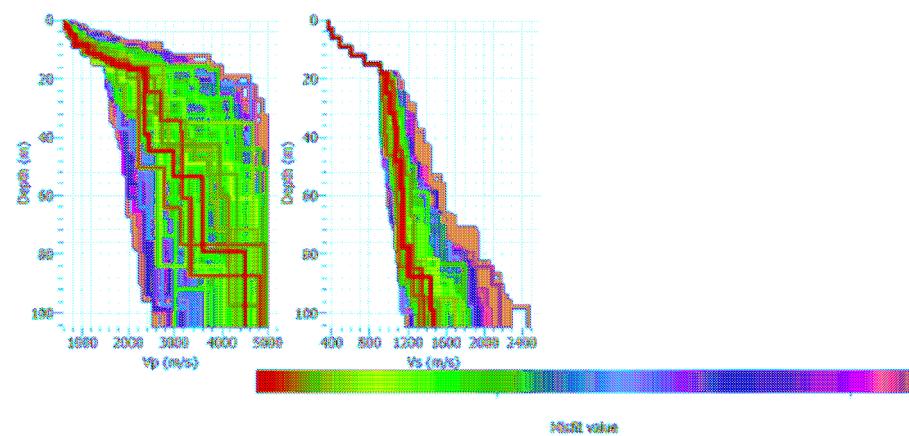


Gra0fico F-H/V punti di indagine HVSR 02



Sismogramma e finestre prese in esame per il calcolo HVSR

### PROCESSO DI INVERSIONE “VINCOLATO”



## MOPS – Comune di Foligno

### PROFILO SISMICO 02 (AL CENTRO DEL PROFILO). MODELLAZIONE SISMOSTRATIGRAFICA DAL P.C. FINO AL BEDROCK SISMICO

vs	spessore	h/vs	H substrato	VsH
366	3	0,008197		15
407	3	0,007371		
486	3	0,006173		
606	3	0,00495		
744	3	0,004032		
913	Oltre 15			

vs	spessore	h/vs	H	Vs30
366	3	0,008197		30
407	3	0,007371		
486	3	0,006173		
606	3	0,00495		
744	3	0,004032		
913	3	0,003286		
963	7	0,007269		
998	5	0,00501		

#### Valori riassuntivi profilo 02

Profondità bedrock sismico (assunto come Vs uguale o superiore a 800 m/s): 15 m

VsH: 488 m/s

Vs30: 648 m/s

MOPS – Comune di Foligno

Profilo 02 Zona Scuola – Bingo

