

# REGIONE UMBRIA

PROGRAMMA PAR FSC 2007-2013 AZIONE III.1.1.

A.T.I. nn 1 e 2  
dell'Umbria



PROGETTO  
Project

ADEGUAMENTO NORMATIVO E POTENZIAMENTO IMPIANTO  
DI DEPURAZIONE IN LOC. SAN MARTINO IN CAMPO  
NEL COMUNE DI PERUGIA

LIVELLO  
Level

PROGETTO PRELIMINARE

TIMBRO  
Stamp

A	PROGETTO PRELIMINARE						A.GRAZI	GEN 2015					
REV.	EMESSO PER		issued to	RED.	comp.	CONTR.	chk'd	REV.	rev.	APPR.	appr'd	DATA	date

PROGETTAZIONE  
Design

**EUTECNE** S.r.l.  
architettura | ingegneria

Via Romana, 30  
06126 Perugia  
T +39 075 32 761  
F +39 075 34 470

Via Roma, 20/a  
57034 Campo nell'Elba (LI)  
Isola d'Elba  
T/F +39 0565 977 589

office@eutecne.it www.eutecne.it

PROGETTISTI  
Planners

Dott.Ing. Francesco ARDINO  
Dott.Ing. Federico FRAPPI  
Dott.Arch. Luca FRAPPI

COLLABORATORI  
CONTRIBUTORS

Dott.Arch. Olimpia LORENZINI  
Dott.Arch. Vania MARGUTTI  
Ing. Sonia ANTONELLI  
Dott.Ing. Noemi BRIGANTI  
Dott.Ing. Luca DELL'AVERSANO  
Dott.Ing. Nicola GANOVELLI  
Dott.Ing. Fabio PENNAZZI

UMBRA ACQUE S.P.A.

Il Responsabile del Procedimento: Dott.Ing. Marino Burini

RELAZIONE

GEOLOGICA - GEOTECNICA

SCALA  
Scale

--

COMM.  
Comm.

B81

LIVELLO  
Level

P

REV. COMM.

A

N° ELAB.

OR1A

SETTORE  
Sector

O

NUMERO  
Number

R1

REV.

A

La società si riserva la proprietà di questo elaborato con la proibizione di riprodurlo o trasferirlo a terzi senza autorizzazione scritta  
This document is property of group. Reproduction and divulgation forbidden without written permission

**RELAZIONE GEOLOGICA SISMICA  
E MODELLAZIONE GEOTECNICA  
PRELIMINARE**

**PROGETTO PER IL RIORDINO DEL SISTEMA DI RACCOLTA E DEPURAZIONE  
DELL'AGGLOMERATO DI PERUGIA SAN MARTINO IN CAMPO:  
ADEGUAMENTO NORMATIVO E POTENZIAMENTO IMPIANTO DI  
DEPURAZIONE**

**COMMITTENTE. UMBRA ACQUE**

## INDICE

1. Premessa e conclusioni.....	3
2. Normativa di riferimento .....	5
3. Caratteristiche geologiche di area vasta.....	7
4. Studio e modellazione geomorfologica e geologica .....	10
4.1 Terreni e rocce da scavo .....	11
5. Studio di valutazione idrogeologica ed idraulica .....	15
6. Valutazione sul modello geotecnico .....	19
7. Modellazione sismica .....	29
7.1 Verifica alla liquefazione .....	32

### Tavole di inserimento intervento

- Rilevamento Topografico d'Italia F° 122 stralcio Iffi regione Umbria
- Rilevamento ortofotografico dell'Umbria in scala 1:5000
- Carta geologica e geomorfologica carta geologica d'italia f 122
- Estratto PTCP Perugia
  - Elaborato A.1.4. Sensibilità al rischio di inquinamento e Vulnerabilità degli acquiferi
- Estratto PRG Perugia
  - Carta geologica Carta
  - Carta pericolosità idraulica

### Allegati

- Indagine sismica tipo MASW
- Sondaggi a carotaggio continuo

## **1. Premessa e conclusioni**

Per conto di Umbra Acque, è stata condotta un'indagine geologica sismica e una modellazione geotecnica preliminare e sul terreno del Comune di Perugia, sito in loc. San Martino in Campo, per la caratterizzazione e modellazione del sito per il progetto per il riordino del sistema di raccolta e depurazione dell'agglomerato di Perugia San Martino in Campo: adeguamento normativo e potenziamento impianto di depurazione.

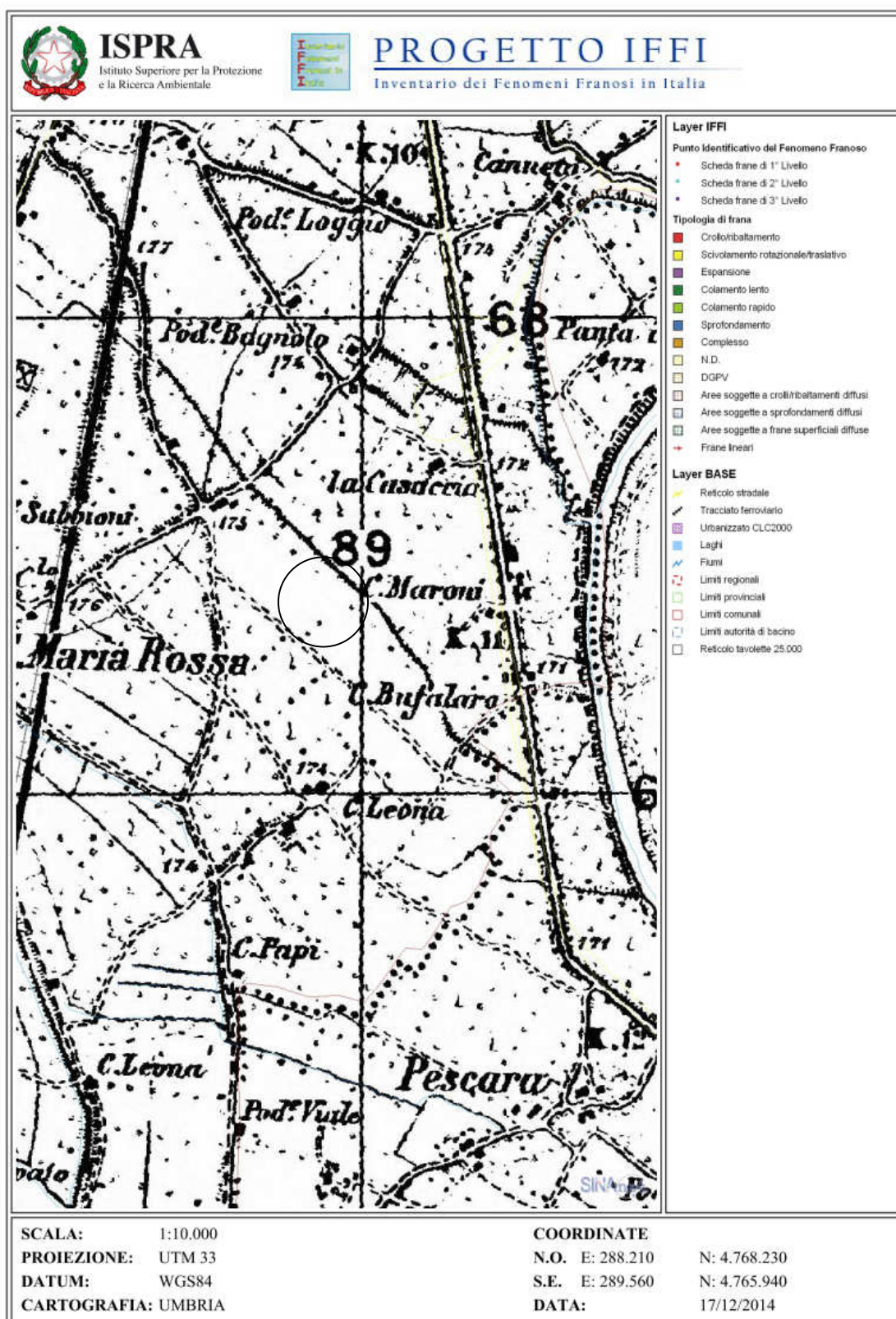
Il presente elaborato è stato redatto in ottemperanza al D.M. 14/01/2008 e in base alla delibera del Consiglio dell'Ordine dei Geologi della Regione Umbria n° 36 del 28 del settembre 2012.

Il rilevamento geologico di campagna e l'osservazione diretta dei sedimenti affioranti, la stratigrafia ottenuta da due sondaggi a carotaggio continuo con 10 SPT durante le fasi di avanzamento della perforazione sui vari strati caratteristici e compresi in una porzione significativa all'intervento previsto e da una MASW sulla zona di progetto hanno permesso di giungere alle seguenti conclusioni:

- 1) I terreni sono costituiti da un'alternanza di limi sabbiosi con aumento di consolidazione con la profondità intervallati da sedimenti a maggior granulometria di forma lenticolare tipici di depositi alluvionali sovrastanti le argille grigio azzurre fluvio lacustri..
- 2) L'analisi dei lineamenti morfologici e delle caratteristiche geologiche non evidenzia, nella zona di progetto, fenomeni d'instabilità o erosione in atto o latenti.

Gli interventi non produrranno rilevanti cambiamenti morfologici, ambientali e/o paesaggistici.

In relazione al fatto che non si evidenziano particolari situazioni di instabilità o pericolo relativamente alle situazioni idrauliche idrogeologiche e geologiche e che dalle cartografie tematiche del PRG – PAI – IFFI – PTCP, per quanto di competenza geologica, non si evidenziano particolari situazioni di instabilità o pericolo non si allegano tutte le cartografie tematiche.



Solo nella cartografia del progetto PAI dell'AB Tevere -Valutazione della pericolosità e del rischio idraulico - in base al D.G.R. n°447 del 28 aprile 2008 PAI PS6 redatto ai sensi e per gli effetti della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n. 180/1998, la zona è inserita nella fascia C e comprende le porzioni di territorio inondabili comprese tra le piene con Tr 200 e Tr 500 e le aree marginali della piena con Tr 200. Il PAI dà come obiettivi le linee guida per le amministrazioni locali per assicurare un sufficiente livello di sicurezza alle popolazioni insediate, ai beni ed ai luoghi attraverso la predisposizione dei relativi Piani di emergenza di cui alla L. 225/92.

Questo inoltre è evidenziato e ripreso nella cartografia del PRG che include la zona nelle "aree a potenziale pericolosità idraulica".

Le indagini ed i relativi approfondimenti saranno proporzionati all'importanza dell'opera in progetto ed alla complessità della situazione geologica locale tale da coprire l'intera zona di possibile influenza degli interventi previsti e dovranno caratterizzare la zona di interesse escludendo una pericolosità geologica intrinseca sia per processi geodinamici interni che esterni e una compatibilità di destinazioni d'uso del territorio in esame.

In base alle conoscenze acquisite, in considerazione del fatto che il modello geologico risulta omogeneo con assenza di disomogeneità, discontinuità, stati di alterazione e fattori che possano indurre anisotropia delle proprietà fisiche dei materiali in relazione all'importanza dell'opera, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto lo studio potrà essere affrontato tramite l'approccio semplificato determinando prima la risposta sismica di base corretta poi con l'amplificazione topografica, geomorfologica, litostratigrafica e di dettaglio.

La procedura di calcolo per la determinazione delle azioni di progetto e dei parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV è stata eseguita con il programma sperimentale adottato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici "azioni Sismiche – spettri di risposta versione 1.03". In merito alle condizioni di liquefazione di terreni sia il criterio storico, sia la verifica sulla valutazione del potenziale di liquefazione (Youd e Idriss 2001) con fattori di sicurezza superiori a quelli richiesti dalla normativa attuale, garantiscono la stabilità della zona.

## ***2. Normativa di riferimento***

La stesura della relazione esecutiva sarà eseguita in ottemperanza alle disposizioni contenute nelle normative di riferimento elencate di seguito:

- Legge n. 64 del 02/02/1974 Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche. (G.U. 21/03/74 n. 76)

- Decreto Ministeriale 11/03/1988 Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.(G.U. 01/06/1988 n. 127 Up. Od.);
- Istruzioni relative alle "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione". Circ. Min. LL.PP. n° 30483, 24 Settembre 1988;
- "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche". D.M. 16 gennaio 1996, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale il 5 febbraio 1996, N. 29. - "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (O.P.C.M.) n° 3274 del 20/03/2003.
- "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni". D.M. 14 gennaio 2008 (pubblicate sulla Gazzetta Ufficiale n. 29 del 4 febbraio 2008, Supplemento ordinario n. 30).
- Circolare n. 617 del 02/02/2009 Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- L.R. n. 1 del 18/02/04 Norme per l'attività edilizia (B.U. Regione Umbria. 25/01/04 n. 8)
- DGR n. 852 del 18/06/2003 Approvazione classificazione sismica del territorio regionale dell'Umbria B.U. Regione Umbria 30/06/2003 n. 31

### **3. Caratteristiche geologiche di area vasta**

In base alle conoscenze dedotte dalla bibliografia delle carte geologiche per tutta l'area a carattere generale, e con le conoscenze acquisite dalle indagini su zone limitrofe e simili è stato possibile elaborare le seguenti informazioni per la caratterizzazione geologico stratigrafica dell'area vasta.

Le caratteristiche morfologiche sono decisamente legate all'assetto litologico-strutturale e ne caratterizzano le forme dei rilievi e delle valli. La distinzione più netta si riscontra in queste tre diverse situazioni, legate al tipo di sedimenti presente:

a) depositi flisciodi miocenici

b) depositi fluvio-lacustri villafranchiani

c) depositi fluviali pleistocenici e recenti

a) I depositi flyschoidi miocenici contornano la zona presa in considerazione e sono formati da un'alternanza di arenarie, marne, peliti, ruditi argilliti. Esse, per l'elevata resistenza meccanica riescono a raggiungere delle altitudini che possono variare dai 500m. ai 700m.; inoltre essendo dei sedimenti impermeabili, impediscono all'acqua di infiltrarsi costringendola a defluire superficialmente.

Questo ruscellamento, che a causa dell'abbondanza della pioggia, può essere di notevole entità, modella la superficie creando dei reticoli idrografici molto sviluppati e gerarchizzati. La conseguenza di ciò è, quindi, la formazione di torrenti che, specie in inverno ed a primavera, hanno delle portate consistenti, con una energia cinetica a volte tanto elevata da essere capace di trasportare notevoli quantità di detrito di varia granulometria.

b) depositi lacustri villafranchiani bordano gran parte della piana alluvionale e, con un aspetto collinare, raggiungono i 400m. sul livello del mare. Essi, grazie alla loro dolce pendenza e alla presenza di conoidi, risultano coalescenti con le pianure vallive. Pur essendo estremamente soggetti a dissesti poche volte si riconoscono dalle paleofrane, poiché, soprattutto il modellamento antropico, ne ha alienato molte delle caratteristiche principali.

Infatti queste sono ben riconoscibili da carte aereofotogrammetriche antecedenti l'urbanizzazione e lo sviluppo intensivo dell'agricoltura.

c) depositi fluviali pleistocenici e recenti, sono stati caratterizzati da una deposizione fluviale, che ha creato zone uniformi e pianeggianti (pianure alluvionali), sfalsate, solamente da una serie di terrazzi alluvionali posti a varie quote che si raccordano con i rilievi di bordo.

La continuità della pianura alluvionale è interrotta solamente da conoidi di deiezioni, che hanno interessato ed interessano entrambi i versanti della Valle del Tevere.

Esse vengono alimentate dal continuo trasporto solido verso valle dei vari affluenti del Tevere che, arrivano in pianura, perdendo l'energia necessaria per il trasporto depositando così le particelle in sospensione. Attraverso ciò si accumulano grossi quantitativi di materiale proveniente dalle colline sovrastanti ed ovviamente, in base alla capacità di trasporto ed erosione del torrente ed alle caratteristiche strutturali del terreno si avranno vari quantitativi di roccia sedimentata.

Come già detto in precedenza, il modellamento attuale della zona è anche da imputarsi alla situazione idrografica esistente.

Quest'ultima è composta da vari corsi d'acqua, e ne comprende uno principale che scorre lungo tutta la valle (fiume Tevere), ed altri secondari che vanno ad immettersi nel principale.

Per poter capire meglio l'attuale situazione geografica geomorfologica litologica e strutturale delle zone si ricostruisce in sintesi il quadro evolutivo dell'intera regione, ponendo principalmente in evidenza gli eventi che hanno caratterizzato la nostra area

Nel Trias inferiore, si manifestano i primi segni di distensione continentale (rift), con la creazione della crosta oceanica. La fase distensiva continua fino all'inizio del cretaceo, periodo in cui si innesca un processo di subduzione, con la conseguente chiusura del bacino oceanico e l'inizio dei fenomeni di compressione. Parallelamente a ciò, si ha una deposizione di sedimenti, che rispecchia fedelmente l'evoluzione avuta dal bacino, sia temporalmente sia spazialmente.

La successione inizia passando, da una sedimentazione evaporitica (ambiente di transizione), a carbonatica (piattaforma carbonatica), ad una pelagica ed emipelagica fino a terrigena e/o evaporitica, in cui si ha il passaggio da condizioni marine a continentali. E' proprio in questo ultimo intervallo di tempo, che si depositano i litotipi, che tutt'oggi affiorano nell'area presa in considerazione, composti essenzialmente da depositi flyschoidi e successivamente di origine fluvio lacustre e fluviale.

Per quanto riguarda le fasi tettoniche, se ne possono riconoscere diverse: dalla già citata fase distensiva, che porta alla formazione di un oceano, si passa ad una fase compressiva, che procedendo da ovest verso est porta come già detto prima alla scomparsa della crosta oceanica e quindi all'impilamento di falde di copertura, che formano una serie di cunei listrici embriciati con vergenza orientale. E' proprio questo evento che, provocando l'innalzamento della crosta continentale, crea la catena appenninica. Terminata la fase compressiva, comincia ad instaurarsi un regime distensivo (pleistocene), che procedendo sempre da ovest verso est, porta alla formazione di strette e lunghe valli sempre con vergenza appenninica (horst e graben).

Soffermandoci in particolare sull'evoluzione della zona presa in esame, si può affermare che essa rispecchia fedelmente i motivi che hanno caratterizzato l'andamento regionale.

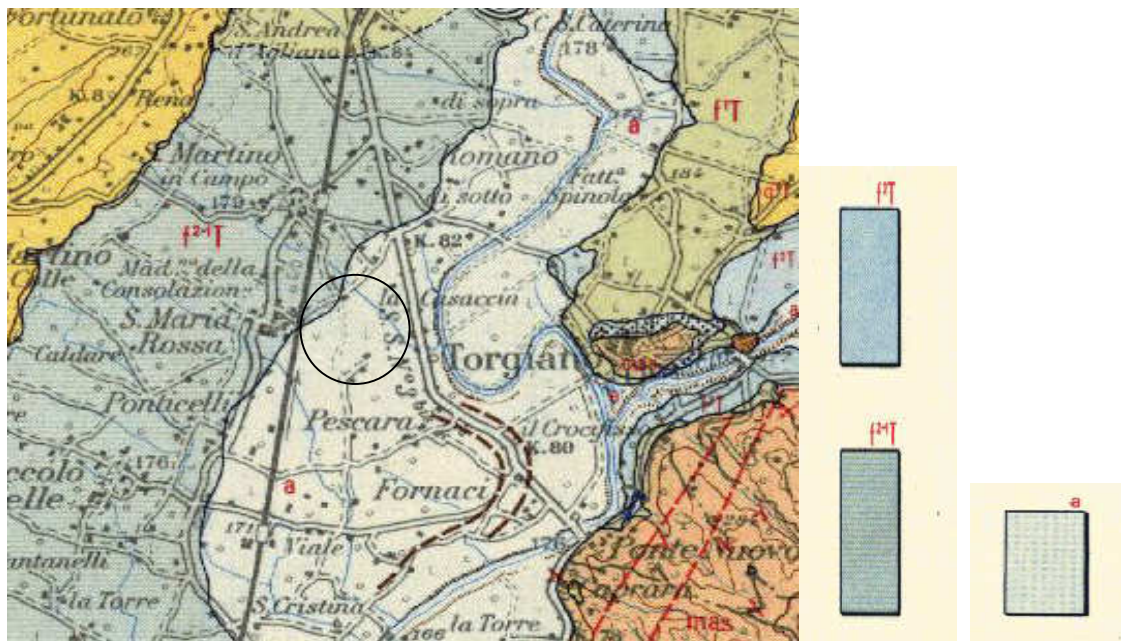
Infatti la sedimentazione flyschoidale del miocene medio inferiore, testimonia, l'avvenuto corrugamento della zona. dovuto ad una fase compressiva che, spostandosi progressivamente, da ovest verso est, produce sia sedimenti di età diversa (vedi sponda sinistra e destra del Tevere), sia la formazione di thrust, anticlinali e sinclinali (pliocene). E' proprio in questo momento che si ha la definitiva scomparsa del mare e l'instaurarsi di un ambiente continentale. Ciò si sviluppa prevalentemente attraverso un ambiente palustre e fluviale, che va ad occupare in maggior modo le valli sinclinali, prodotte dallo evento compressivo.

Si ha, quindi, la formazione del grosso bacino Tiberino impostato sul graben del Tevere che si è formato grazie al propagarsi della tettonica distensiva. Questo lago si estende in una vasta porzione dell'Italia centrale, partendo da Sansepolcro a nord e proseguendo verso sud, fino a Perugia, punto in cui si scinde in due rami divisi dai Monti Martani.

Quello verso est prosegue fino a Spoleto, mentre l'altro giunge alla città di Terni. La lunghezza di tale lago è di circa 130 km., mentre la larghezza massima raggiunge i 30 km e fa risentire la propria influenza per tutto il Villafranchiano.

La fine di questo lago è, quasi sicuramente, da imputarsi all'approfondirsi del solco degli emissari (Tevere), con il conseguente aumento di portata, e al grosso trasporto solido degli emissari che piano piano colmano il grande bacino lacustre. Quest'ultima conclusione è dimostrata dal consistente spessore di sedimenti prodotti dal lago, rinvenuti lungo la valle del Tevere.

Nel pleistocene superiore, con la fine del lago tiberino, si ha l'instaurarsi di un regime prettamente fluviale, in cui un fiume principale (Tevere), che scorre tutt'oggi lungo la depressione del lago Tiberino, è alimentato da tanti immissari che raccolgono le acque dai monti circostanti. Il perdurare di questa situazione, ovviamente, produce l'impilamento di facies fluviali sopra i sedimenti lacustri che, a causa delle variazioni del livello di base, vengono lentamente incisi con la creazione di terrazzi fluviali a varie quote tutt'oggi ben evidenti..



Estratto Carta geologica d'Italia Foglio 122

#### 4. Studio e modellazione geomorfologica e geologica

L'area oggetto di studio si trova nei pressi di una lineazione secondaria di scorrimento superficiale che risulta affluente di destra del fiume Tevere alla quota topografica di circa 176.6 m s.l.m.. La morfologia dell'area è caratterizzata da pendenze pressoché nulle e l'analisi dei lineamenti non ha evidenziato fenomeni d'instabilità o erosione in atto o latenti.. **La pendenza e le caratteristiche della superficie topografica determinano una categoria di T1.**

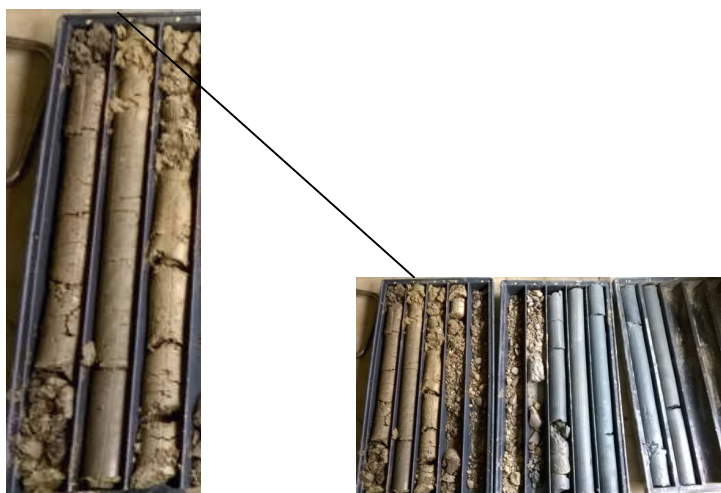
Il rilevamento condotto in campagna e la correlazione con stratigrafie dedotte da l'escavazione di pozzi in zone limitrofe ha permesso di osservare che i litotipi affioranti appartengono ai sedimenti alluvionali del fiume Tevere e sono costituiti da limi sabbiosi superficiali in eteropia a lenti sabbio ghiaiose addensate sovrastanti a sedimenti fluvio lacustri villfranchiani composti da argille grigio azzurre.

PROFONDITA' mt.	LITOLOGIA	
	S1	S2
0.00-1.00	Coltre di alterazione composta da limi debolmente sabbiosi	Coltre di alterazione composta da limi debolmente sabbiosi

<b>1.00-5,5/7,00</b>	<b>limi sabbiosi con intercalati strati lenticolari sabbio ghiaiosi consistenti</b>	<b>Limi sabbiosi</b>
<b>5,50/7,00</b>	<b>Argille grigio azzurre fluvio lacustri</b>	<b>Argille grigio azzurre fluvio lacustri</b>

#### **4.1 Terreni e rocce da scavo**

La qualità di terreni movimentati è stata individuata dal D.G.R. 1734 del 30/10/2007 della L.R. 2/2000 alla DGR 1064 del 27/07/2009 e DGR 1247 del 24/10/2011 e DGR 461/2013 in ordine ai materiali provenienti da scavi di opere private di piccole dimensioni (se inferiore ai 6000 metri cubi escavati).



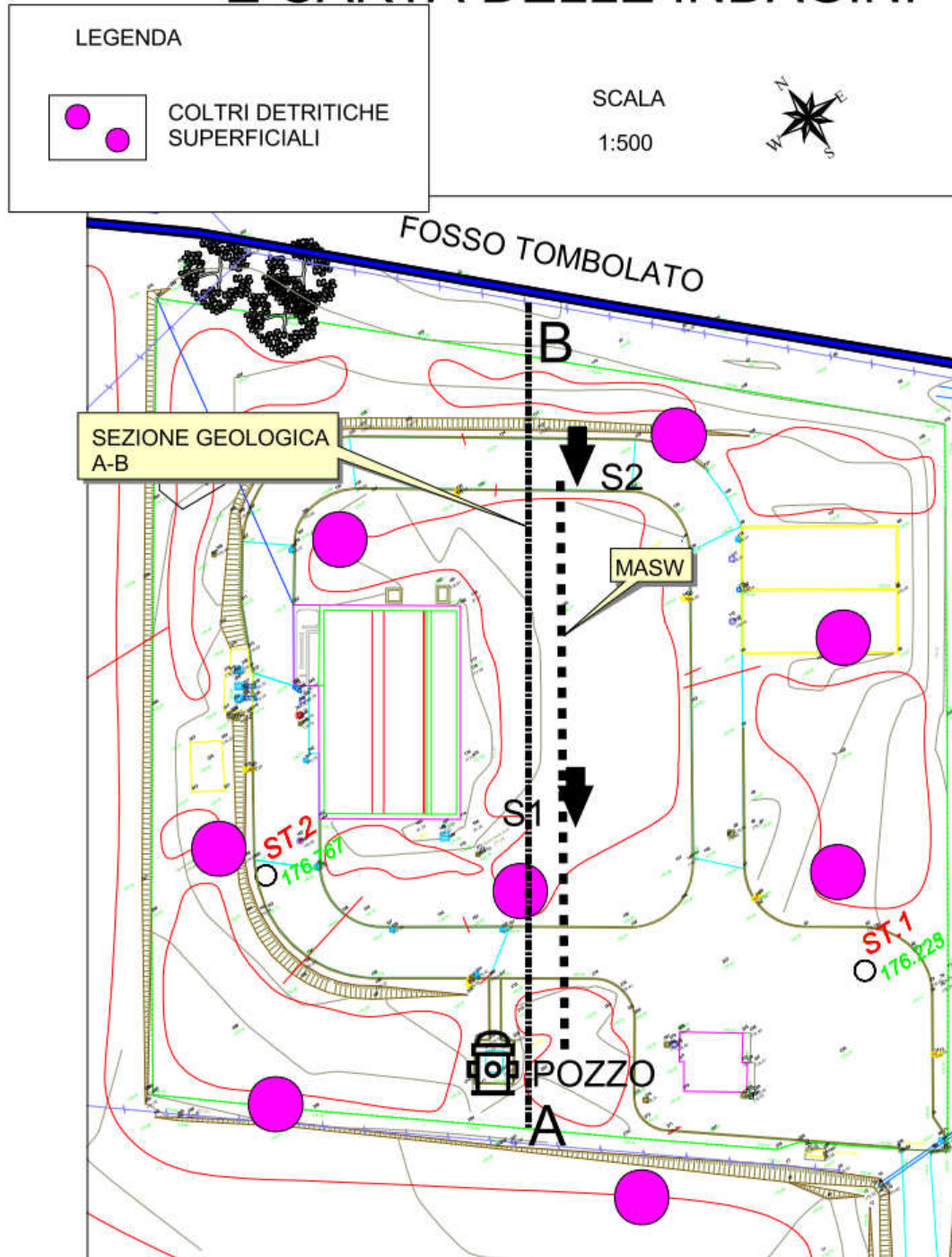
**Sondaggio 1**

**Sondaggio 2**

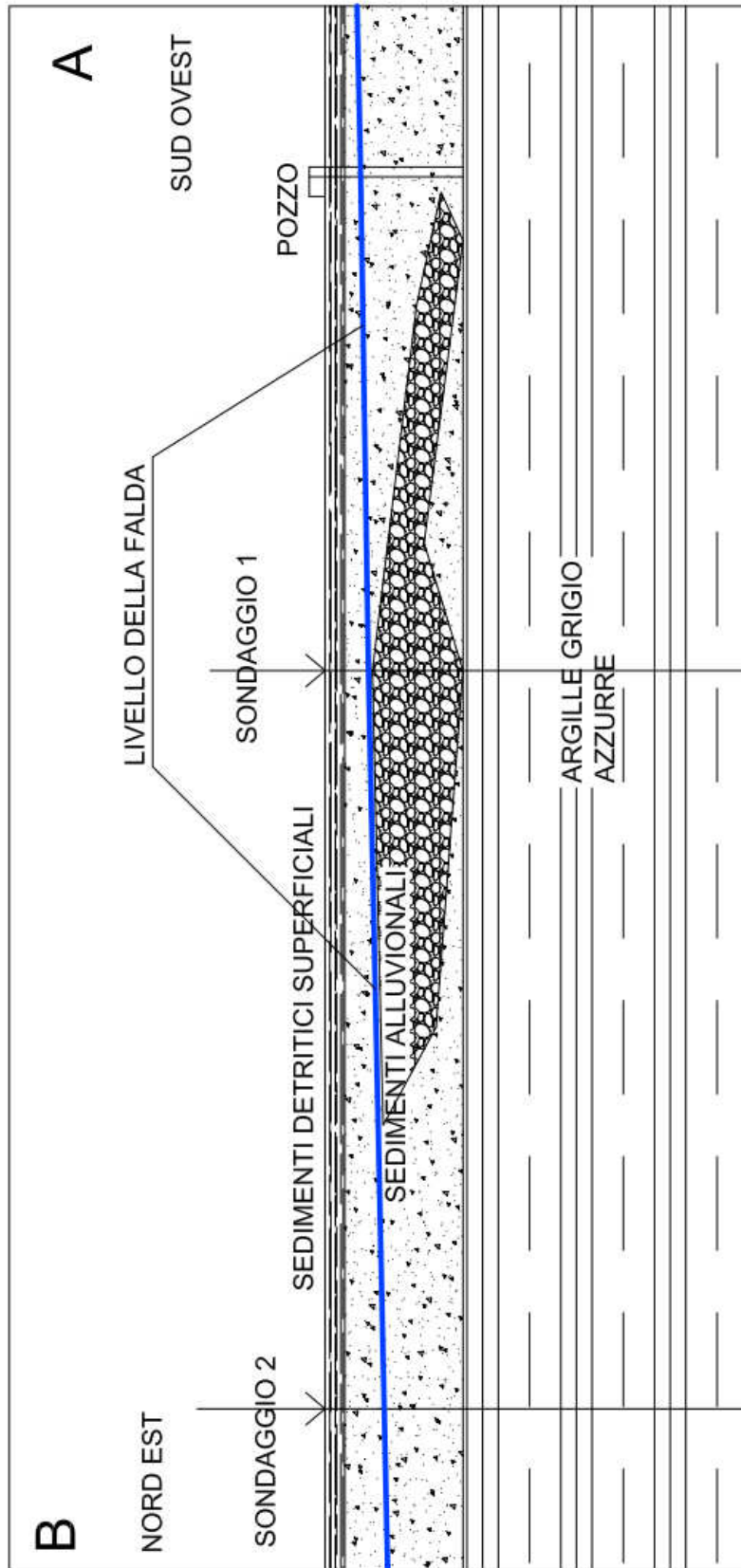
Per qualità, tali sedimenti, potrebbero essere riconducibili a terre e rocce da scavo provenienti da terreni naturali “in situ” (costituiti da suolo o terreno vegetale e rocce coerenti o incoerenti nella loro disposizione geologica naturale o originaria) ascrivibile alla tipologia ghiaie e sabbie e argille dalla stessa normativa

Tutta la terra e il terreno vegetale superficiale dovrà essere usato per la risistemazione e il rinverdimento dell'area interessata. Quindi se tutto il materiale scavato nel corso di attività di costruzione verrà riutilizzato nello stesso sito, come disposto dall'art. 185 del D.L. n° 152 del 03/04/2006, non si rientra nel campo di applicazione del D.M. 161 del 10/08/2012 nè della DGR 461/2013.


# RILEVAMENTO GEOLOGICO E CARTA DELLE INDAGINI



# SEZIONE GEOLOGICA RICOSTRUITA A-B





 Depositi alluvionali

**Estratto PRG Perugia parte  
strutturale – CARTA  
GEOLOGICA**

### ***5. Studio di valutazione idrogeologica ed idraulica***

Il rilevamento di campagna ha mostrato la presenza di un reticolo idrografico superficiale regolato dalla presenza di 1 lineazione secondaria completamente tombolata nella zona a fianco a quella di interesse che si getta dopo poco nella riva destra del fiume Tevere.

Questa situazione idrografica superficiale è riconducibile alla natura giacitura e litologia dei terreni affioranti.



Dall'indagine condotta sul luogo di interesse, dal rilievo piano altimetrico, dai sondaggi eseguiti e dalle caratteristiche idriche del pozzo presente all'interno dell'area di interesse, la presenza di acque di circolazione sotterranea è individuabile a profondità compresa tra 1.80 e i 3.00 mt dal p.c. determinando un gradiente idraulico di 0.018 % (vedi carta idrogeologica).

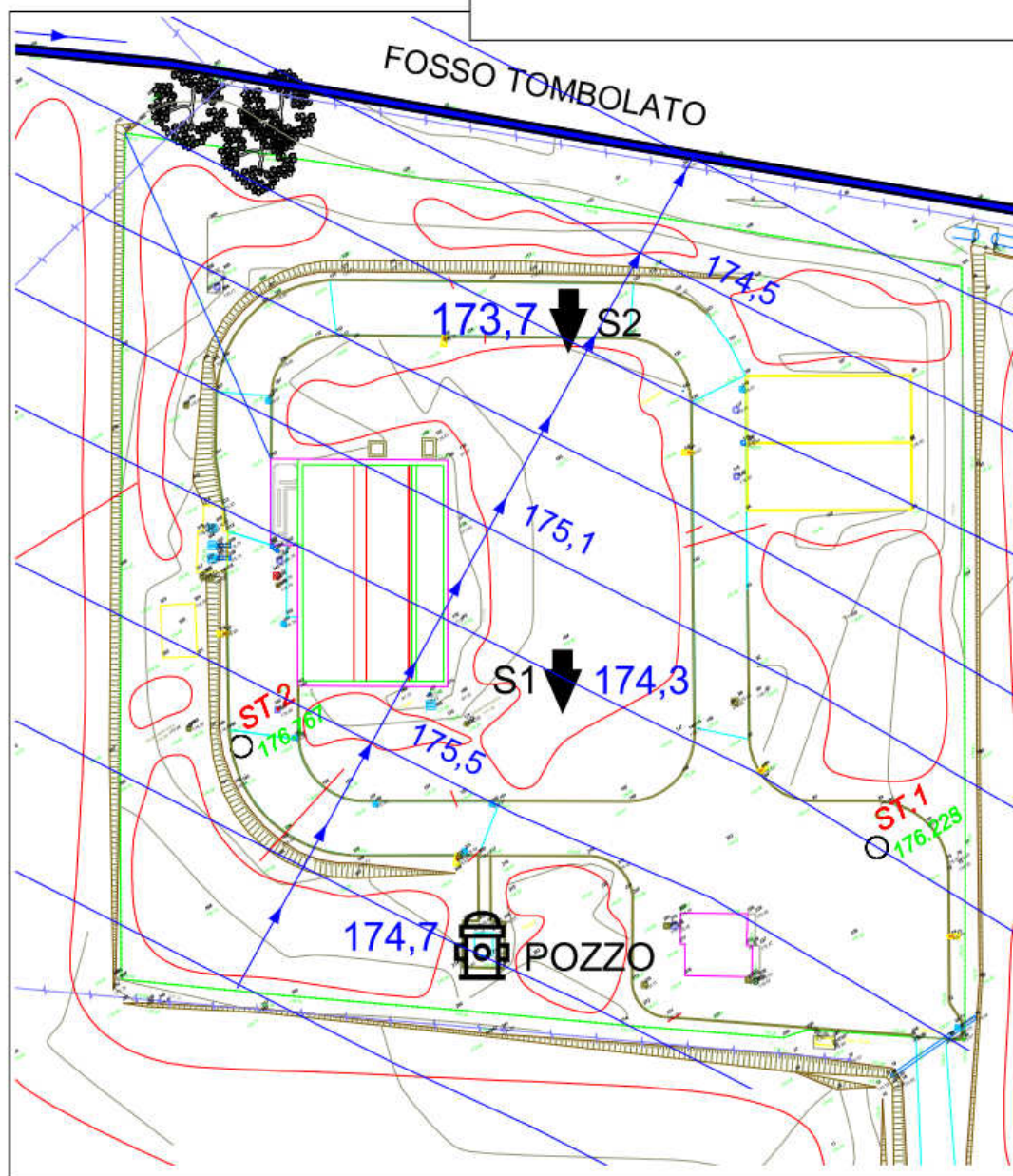
## CARTA IDROGEOLOGICA

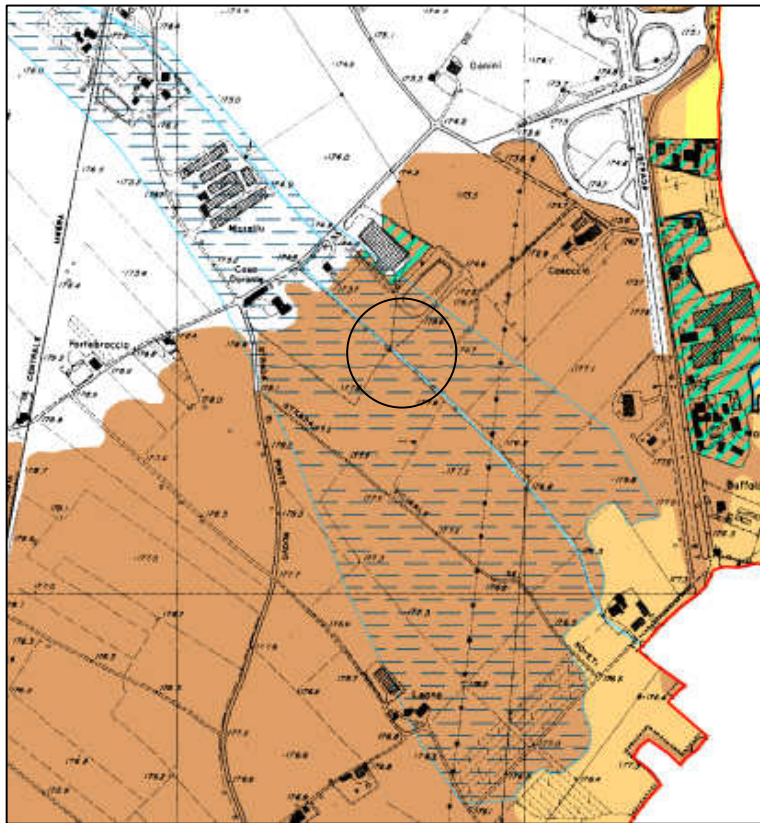


SCALA  
1:500

## LEGENDA

-  linea di flusso
-  linee isofreatiche





**Estratto PRG Perugia parte  
strutturale – CARTA DI  
PERICOLOSITA'  
IDRAULICA**

**PERICOLOSITA' E RISCHIO**

Fasce		Tempi di ritorno	
A		50 anni	
B		200 anni	
C		500 anni	

**PERICOLOSITA' ALTRI CORSI D'ACQUA  
-STUDIO REGIONE UMBRIA  
-STUDIO DEL COMUNE DI PERUGIA**



Aree a potenziale pericolosità idraulica  
( Art. 141 TUNA )

In relazione al fatto che il luogo di perforazione si trova in area contraddistinta da area non classificata con litotipo alluvioni con una vulnerabilità da alta a molto elevata in base al PTCP Perugia, si precisa che tale opera non dovrà pregiudicare la risorsa idrica sotterranea in accordo agli indirizzi di pianificazione stabiliti dallo stesso piano garantendo situazioni di salvaguardia della falda, il corretto isolamento degli orizzonti più superficiali e la protezione dall'afflusso di

agenti inquinanti e non si evince nessuna attività esterna che possa recare pregiudizio alle risorse acquifere sotterranee così come previsto dall'art. 21 comma 5 del D. Lgs 152/99 sia dall'art. 15 della L.R. 27/2000.


## **Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale**

ADEGUAMENTO AL PUT ( Lr. 27/ 2000 )

### **SENSIBILITA' AL RISCHIO DI INQUINAMENTO E VULNERABILITA' DEGLI ACQUIFERI**



#### **Aree non classificate**

 aree alluvionali non classificate ( vulnerabilità da alta a molto elevata )

La zona di interesse presenta una circolazione idrica superficiale ben strutturata e gerarchizzata grazie anche alla presenza di una serie di fossi anche tombolati e canalette di scolo, che permettono lo smaltimento e la regolazione del deflusso delle acque meteoriche, e che per tale motivo dovranno essere integrate anche per la zona oggetto di interesse.

Per quanto riguarda il Tevere nella cartografia del progetto PAI dell'AB Tevere 6° stralcio - Valutazione della pericolosità e del rischio idraulico - in base al D.G.R. n°447 del 28 aprile 2008

PAI PS6 redatto ai sensi e per gli effetti della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n. 180/1998, la zona è inserita nella fascia C che comprende le porzioni di territorio inondabili comprese tra le piene con Tr 200 e Tr 500 e le aree marginali della piena con Tr 200. Il PAI dà come obiettivi le linee guida per le amministrazioni locali per assicurare un sufficiente livello di sicurezza alle popolazioni insediate, ai beni ed ai luoghi attraverso la predisposizione dei relativi Piani di emergenza di cui alla L. 225/92.

Inoltre tale perimetrazione è ripresa nel PRG parte strutturale includendo inoltre la zona di progetto in "aree a potenziale pericolosità idraulica" normata all'art. 141 del TUNA e che consente interventi necessari alla realizzazione o adeguamento di impianti per la realizzazione di infrastrutture a rete e puntuali di rilevante interesse pubblico, quando il proponente dimostri la impossibilità di soluzioni alternative.

## ***6. Valutazione sul modello geotecnico***

La valutazione dei parametri meccanici e sismici delle terre di fondazione è il risultato del rilevamento geologico di campagna e della indagini geognostiche.

I dati ricavati da indagini geofisiche tipo MASW e 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo e 10 prove SPT durante le fasi di avanzamento della perforazione sui vari strati caratteristici e compresi in una porzione significativa all'intervento previsto hanno permesso di determinare i seguenti valori da confermare e/o approfondire in fase esecutiva in base alle esigenze progettuali particolari:

Le azioni di resistenza del terreno dovranno essere confrontate con l'effetto delle azioni di progetto.

### ***Dal sondaggio S1***

loc. San Martino C.
Sondaggio 1
2,00 mt
limi sabbiosi

**PARAMETRI CARATTERISTICI****UN SOLO DATO - TERRENI COESIVI****Valore caratteristico dati da SPT****UN SINGOLO DATO**

Per penetrometri di 30 kg dividere per 1.32 la media dei dati della zona di interesse.

**Nspt corretto**

13

**Esecuzione**

b

**b** per buona, **d** per discreta, **s** per scadente**COV %**

20

**SPT caratteristico**

9

**Φ caratteristico secondo Hatanaka e Uchida (1996)**

31

**Φ ridotto al 5° percentile**

26,06

Arrotondato

26

**Indice di consistenza**

Stato di consistenza

Compatto

IC

0,5-0,75

**Valori di Cu in kPa****Correlazione**

da Cestelli Guidi

50 - 75

**Valori di c' in kPa****Correlazione**

da Cherubini

massima &gt; 10,8

media &gt; 10,5

bassa &gt; 10,5

cautelativa

Nspt	Stato di consistenza	Cu (kPa)
< 2	Molto soffice	< 10
2 - 4	Soffice	10 - 25
4 - 8	Plastico	25 - 50
8 - 15	Compatto	50 - 100
15 - 30	Molto compatto	100 - 200
> 30	Estrem. compatto	> 200

**VALORI  
CARATTERISTICI****COEFFICIENTE  
PARZIALE****VALORI DI PROGETTO**

	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>
$\gamma=1.88 \text{ T/m}^3$	<b>1.0</b>	<b>1.0</b>	$\gamma=1.88 \text{ T/m}^3$	$\gamma=1.88 \text{ T/m}^3$

Alla profondità di 4.00 e 6.00 mt dal p.c. all'interno di ghiaie poco sabbiose consistenti la prova SPT ha dato rifiuto per cui per i parametri geotecnici, dalla bibliografie, si è estrapolato il seguente dato medio caratteristico:

<b>VALORI CARATTERISTICI</b>	<b>COEFFICIENTE PARZIALE</b>		<b>VALORI DI PROGETTO</b>	
	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>
$\gamma=1.88 \text{ T/m}^3$	<b>1.0</b>	<b>1.0</b>	$\gamma=1.88 \text{ T/m}^3$	$\gamma=1.88 \text{ T/m}^3$
$C=0.0 \text{ T/m}^2$	<b>1.0</b>	<b>1.25</b>	$C=0.0 \text{ T/m}^2$	$C=0.0 \text{ T/m}^2$
$\tan \varphi = \tan 34.0^\circ$	<b>1.0</b>	<b>1.25</b>	$\tan \varphi = \tan 34.0^\circ$	$\tan \varphi = \tan 28.0^\circ$

loc. San Martino C.
Sondaggio 1
8,00 mt
sabbie ghiaiose

<b>PARAMETRI CARATTERISTICI</b>
<b>UN SOLO DATO - TERRENI COESIVI</b>

### Valore caratteristico dati da SPT

#### UN SINGOLO DATO

Per penetrometri di 30 kg dividere per 1.32 la media dei dati della zona di interesse.

Nspt corretto 36

Esecuzione b

**b** per buona, **d** per discreta, **s** per scadente

COV % 20

SPT caratteristico

24

$\Phi$  caratteristico secondo Hatanaka e Uchida (1996)

39

$\Phi$  ridotto al 5° percentile 32,97 33 Arrotondato

Indice di consistenza Molto compatto 0,75-1,0 IC

Valori di Cu in kPa Correlazione da Cestelli Guidi 75 - 100

Valori di c' in kPa Correlazione da Cherubini massima > 4,3 media > 7,7 bassa > 9,3 cautelativa

Nspt	Stato di consistenza	Cu (kPa)
< 2	Molto soffice	< 10
2 - 4	Soffice	10 - 25
4 - 8	Plastico	25 - 50
8 - 15	Compatto	50 - 100
15 - 30	Molto compatto	100 - 200
> 30	Estrem. compatto	> 200

VALORI CARATTERISTICI	COEFFICIENTE PARZIALE		VALORI DI PROGETTO	
	M1	M2	M1	M2
$\gamma = 1.88 \text{ T/m}^3$	1.0	1.0	$\gamma = 1.88 \text{ T/m}^3$	$\gamma = 1.88 \text{ T/m}^3$

loc. San Martino C.
Sondaggio 1
10,00 mt
argille

<b>PARAMETRI CARATTERISTICI</b>
<b>UN SOLO DATO - TERRENI COESIVI</b>

**Valore caratteristico dati da SPT****UN SINGOLO DATO**

Per penetrometri di 30 kg dividere per 1.32 la media dei dati della zona di interesse.

**Nspt corretto** 44

**Esecuzione** b

**b** per buona, **d** per discreta, **s** per scadente

**COV %** 20

**SPT caratteristico** 30

**Φ caratteristico secondo Hatanaka e Uchida (1996)** 41

**Φ ridotto al 5° percentile** 34,86 Arrotondato  
35

**Indice di consistenza** Stato di consistenza  
Molto compatto IC  
0,75-1,0

**Valori di Cu in kPa** Correlazione  
da Cestelli Guidi 75 - 100

**Valori di c' in kPa** Correlazione  
da Cherubini massima > 2,5 media > 6,9 bassa > 9,0 cautelativa

Nspt	Stato di consistenza	Cu (kPa)
< 2	Molto soffice	< 10
2 - 4	Soffice	10 - 25
4 - 8	Plastico	25 - 50
8 - 15	Compatto	50 - 100
15 - 30	Molto compatto	100 - 200
> 30	Estrem. compatto	> 200

VALORI CARATTERISTICI	COEFFICIENTE PARZIALE		VALORI DI PROGETTO	
	M1	M2	M1	M2
$\gamma = 1.88 \text{ T/m}^3$	1.0	1.0	$\gamma = 1.88 \text{ T/m}^3$	$\gamma = 1.88 \text{ T/m}^3$

loc. San Martino C.
Sondaggio 1
12,00 mt
argille

**PARAMETRI CARATTERISTICI****UN SOLO DATO - TERRENI COESIVI****Valore caratteristico dati da SPT****UN SINGOLO DATO**

Per penetrometri di 30 kg dividere per 1.32 la media dei dati della zona di interesse.

Nspt corretto

40

Esecuzione

b

**b** per buona, **d** per discreta, **s** per scadente

COV %

20

SPT caratteristico

27

 $\Phi$  caratteristico secondo Hatanaka e Uchida (1996)

40

 $\Phi$  ridotto al 5° percentile

33,93

Arrotondato

34

Indice di consistenza

Stato di consistenza

Molto compatto

IC

0,75-1,0

Valori di  $C_u$  in kPa

Correlazione

da Cestelli Guidi

75 - 100

Valori di  $c'$  in kPa

Correlazione

da Cherubini

massima &gt; 3,3

media &gt; 7,3

bassa &gt; 9,1

cautelativa

Nspt	Stato di consistenza	$C_u$ (kPa)
< 2	Molto soffice	< 10
2 - 4	Soffice	10 - 25
4 - 8	Plastico	25 - 50
8 - 15	Compatto	50 - 100
15 - 30	Molto compatto	100 - 200
> 30	Estrem. compatto	> 200

VALORI CARATTERISTICI	COEFFICIENTE PARZIALE		VALORI DI PROGETTO	
	M1	M2	M1	M2
$\gamma = 1.88 \text{ T/m}^3$	1.0	1.0	$\gamma = 1.88 \text{ T/m}^3$	$\gamma = 1.88 \text{ T/m}^3$

Dal sondaggio S2

loc. San Martino C.
Sondaggio 2
1,20
limi argillosi

<b>PARAMETRI CARATTERISTICI</b>
<b>UN SOLO DATO - TERRENI COESIVI</b>

**Valore caratteristico dati da SPT****UN SINGOLO DATO**

Per penetrometri di 30 kg dividere per 1.32 la media dei dati della zona di interesse.

**Nspt corretto** 9

**Esecuzione** b

**b** per buona, **d** per discreta, **s** per scadente

**COV %** 20

**SPT caratteristico**

6

**Φ caratteristico secondo Hatanaka e Uchida (1996)**

30

**Φ ridotto al 5° percentile** 24,37 24 Arrotondato

**Indice di consistenza** Plastico 0,25-0,5 Stato di consistenza IC

**Valori di Cu in kPa** Correlazione 25 - 50 da Cestelli Guidi

**Valori di c' in kPa** Correlazione 12,4 11,2 10,8 da Cherubini cautelativa

Nspt	Stato di consistenza	Cu (kPa)
< 2	Molto soffice	< 10
2 - 4	Soffice	10 - 25
4 - 8	Plastico	25 - 50
8 - 15	Compatto	50 - 100
15 - 30	Molto compatto	100 - 200
> 30	Estrem. compatto	> 200

VALORI CARATTERISTICI	COEFFICIENTE PARZIALE		VALORI DI PROGETTO	
	M1	M2	M1	M2
$\gamma=1.88 \text{ T/m}^3$	1.0	1.0	$\gamma=1.88 \text{ T/m}^3$	$\gamma=1.88 \text{ T/m}^3$

loc. San Martino C.
Sondaggio 2
2,30
argille limose

<b>PARAMETRI CARATTERISTICI</b>
<b>UN SOLO DATO - TERRENI COESIVI</b>

**Valore caratteristico dati da SPT****UN SINGOLO DATO**

Per penetrometri di 30 kg dividere per 1.32 la media dei dati della zona di interesse.

**Nspt corretto** 18

**Esecuzione** b

**b** per buona, **d** per discreta, **s** per scadente

**COV %** 20

**SPT caratteristico** 12

**Φ caratteristico secondo Hatanaka e Uchida (1996)** 33

**Φ ridotto al 5° percentile** 27,87 28 Arrotondato

**Indice di consistenza** Compatto 0,5-0,75 IC

**Valori di Cu in kPa** Correlazione da Cestelli Guidi 50 - 75

**Valori di c' in kPa** Correlazione da Cherubini 9,1 9,8 10,2 cautelativa

Nspt	Stato di consistenza	Cu (kPa)
< 2	Molto soffice	< 10
2 - 4	Soffice	10 - 25
4 - 8	Plastico	25 - 50
8 - 15	Compatto	50 - 100
15 - 30	Molto compatto	100 - 200
> 30	Estrem. compatto	> 200

VALORI CARATTERISTICI	COEFFICIENTE PARZIALE		VALORI DI PROGETTO	
	M1	M2	M1	M2
$\gamma = 1.88 \text{ T/m}^3$	1.0	1.0	$\gamma = 1.88 \text{ T/m}^3$	$\gamma = 1.88 \text{ T/m}^3$

loc. San Martino C.
Sondaggio 2
4,20
argille

**PARAMETRI CARATTERISTICI****UN SOLO DATO - TERRENI COESIVI****Valore caratteristico dati da SPT****UN SINGOLO DATO**

Per penetrometri di 30 kg dividere per 1.32 la media dei dati della zona di interesse.

**Nspt corretto**

12

Esecuzione

b

**b** per buona, **d** per discreta, **s** per scadente

COV %

20

SPT caratteristico

8

 $\Phi$  caratteristico secondo Hatanaka e Uchida (1996)

31

 $\Phi$  ridotto al 5° percentile

25,66

Arrotondato

26

Indice di consistenza

Stato di consistenza

Compatto

IC

0,5-0,75

Valori di Cu in kPa

Correlazione

da Cestelli Guidi

50 - 75

Valori di c' in kPa

Correlazione

da Cherubini

massima &gt; 11,2

media &gt; 10,7

bassa &gt; 10,6

cautelativa

Nspt	Stato di consistenza	Cu (kPa)
< 2	Molto soffice	< 10
2 - 4	Soffice	10 - 25
4 - 8	Plastico	25 - 50
8 - 15	Compatto	50 - 100
15 - 30	Molto compatto	100 - 200
> 30	Estrem. compatto	> 200

VALORI CARATTERISTICI	COEFFICIENTE PARZIALE		VALORI DI PROGETTO	
	M1	M2	M1	M2
$\gamma = 1.88 \text{ T/m}^3$	1.0	1.0	$\gamma = 1.88 \text{ T/m}^3$	$\gamma = 1.88 \text{ T/m}^3$

loc. San Martino C.
Sondaggio 2
7,30
argille

**PARAMETRI CARATTERISTICI****UN SOLO DATO - TERRENI COESIVI****Valore caratteristico dati da SPT****UN SINGOLO DATO**

Per penetrometri di 30 kg dividere per 1.32 la media dei dati della zona di interesse.

**Nspt corretto**

28

Esecuzione

b

**b** per buona, **d** per discreta, **s** per scadente

COV %

20

SPT caratteristico

19

 $\Phi$  caratteristico secondo Hatanaka e Uchida (1996)

37

 $\Phi$  ridotto al 5° percentile

30,89

Arrotondato

31

Indice di consistenza

Stato di consistenza

Molto compatto

IC

0,75-1,0

Valori di Cu in kPa

Correlazione

da Cestelli Guidi

75 - 100

Valori di c' in kPa

Correlazione

da Cherubini

massima &gt;

6,2

media &gt;

8,6

bassa &gt;

9,7

cautelativa

Nspt	Stato di consistenza	Cu (kPa)
< 2	Molto soffice	< 10
2 - 4	Soffice	10 - 25
4 - 8	Plastico	25 - 50
8 - 15	Compatto	50 - 100
15 - 30	Molto compatto	100 - 200
> 30	Estrem. compatto	> 200

VALORI CARATTERISTICI	COEFFICIENTE PARZIALE		VALORI DI PROGETTO	
	M1	M2	M1	M2
$\gamma = 1.88 \text{ T/m}^3$	1.0	1.0	$\gamma = 1.88 \text{ T/m}^3$	$\gamma = 1.88 \text{ T/m}^3$

## **7. Modellazione sismica**

La zona sismica individuata in base alla DGR 852/2003 e che comprende tutto il comune di Perugia è **la classe 2**. Le coordinate di riferimento per il calcolo delle azione sismiche di progetto sono le seguenti: (WGS 84)  **$LN= 12. 40807$   $LT= 43.02869$  e** (ED 50 utilizzate per calcolo)  **$LN= 12.40887$   $LT= 43.03043$**

In considerazione del fatto che il modello geologico risulta omogeneo con assenza di discontinuità rilevanti in relazione all'importanza dell'opera, per quanto riguarda l'attuazione dell'ordinanza 3274 del 20/03/2003 ed in ottemperanza alla al D.M. del 14/09/2005 (norme tecniche per le costruzioni) e al D.M. delle infrastrutture del 14/01/2008 ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto lo studio è affrontato tramite l'approccio semplificato.

Questo è confermato dalla la mappa di **pericolosità sismica locale** della regione Umbria che individua la zona come "6 - Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali - Aree di fondovalle con depositi alluvionali" (vedi planimetria allegata).

La procedura di calcolo per la determinazione delle azioni di progetto e dei parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV è stata eseguita con il programma sperimentale adottato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici "azioni Sismiche – spettri di risposta versione 1.03".

Per la determinazione delle caratteristiche sismiche si riportano di seguito le elaborazioni ottenute dall'esecuzione di un profilo sismico con metodologia MASW associate alle caratteristiche stratigrafiche della zona che hanno prodotto una VS30 sempre inferiore ai 346 m/sec. determinando una **categoria di sottosuolo di riferimento C** – "*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 180 m/s e 342 m/s (ovvero  $15 < NSPT_{,30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < cu_{,30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).*

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato: SLV info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo C info

S<sub>s</sub> = 1,370

C<sub>u</sub> = 1,531 info

Categoria topografica T1 info

h/H = 0,000

S<sub>r</sub> = 1,000 info

(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

☐ Spettro di progetto elastico (SLE)

Smorzamento ξ (%) 5

η = 1,000 info

☒ Spettro di progetto inelastico (SLU)

Fattore q<sub>0</sub> 3

Regol. in altezza no info

Compon. verticale

Spettro di progetto

Fattore q 1,5

η = 0,667 info

Elaborazioni

Grafici spettri di risposta

Parametri e punti spettri di risposta

Spettro di progetto - componente orizzontale

Spettro di progetto - componente verticale

Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, ξ = 5%)

Spettri di risposta

S<sub>d,h</sub> [g]

S<sub>d,v</sub> [g]

S<sub>e</sub> [g]

0,60

0,50

0,40

0,30

0,20

0,10

0,00

0

0,5

1

1,5

2

2,5

3

3,5

4

T [s]

INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV

Parametri indipendenti		Punti dello spettro di risposta	
STATO LIMITE	SLV	T [s]	S <sub>e</sub> [g]
a <sub>g</sub>	0,223 g	0,000	0,306
F <sub>g</sub>	2,466	0,163	0,314
T <sub>C</sub>	0,319 s	0,488	0,314
S <sub>s</sub>	1,370	0,584	0,263
C <sub>u</sub>	1,531	0,679	0,226
S <sub>r</sub>	1,000	0,775	0,198
q	2,400	0,870	0,176
		0,966	0,159
		1,061	0,145
		1,157	0,133
		1,252	0,123
		1,348	0,114
		1,443	0,106
		1,539	0,100
		1,634	0,094
		1,730	0,089
		1,825	0,084
		1,921	0,080
		2,016	0,076
		2,111	0,073
		2,207	0,070
		2,302	0,067
		2,398	0,064
		2,493	0,062
		2,585	0,058
		2,637	0,055
		2,709	0,052
		2,780	0,050
		2,852	0,047
		2,924	0,045
		2,996	0,045
		3,067	0,045
		3,139	0,045
		3,211	0,045
		3,283	0,045
		3,354	0,045
		3,426	0,045
		3,498	0,045
		3,570	0,045
		3,641	0,045
		3,713	0,045
		3,785	0,045
		3,857	0,045
		3,928	0,045
		4,000	0,045

Parametri dipendenti

S

1,370

η

0,417

T<sub>B</sub>

0,163 s

T<sub>C</sub>

0,488 s

T<sub>D</sub>

2,493 s

Espressioni dei parametri dipendenti

S = S<sub>s</sub> · S<sub>r</sub>

(NTC-08 Eq. 3.2.5)

η = √(10 / (5 + ξ)) ≥ 0,55; η = 1 / q

(NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5)

T<sub>B</sub> = T<sub>C</sub> / 3

(NTC-07 Eq. 3.2.8)

T<sub>C</sub> = C<sub>u</sub> · T<sub>C</sub>\*

(NTC-07 Eq. 3.2.7)

T<sub>D</sub> = 4 · 0 · a<sub>g</sub> / g + 1,6

(NTC-07 Eq. 3.2.9)

Espressioni dello spettro di risposta

(NTC-08 Eq. 3.2.4)

0 ≤ T < T<sub>B</sub>

S<sub>d</sub>(T) = a<sub>g</sub> · S<sub>r</sub> · η · F<sub>g</sub> · [T / T<sub>B</sub> + 1 / (1 - T / T<sub>B</sub>)]

T<sub>B</sub> ≤ T < T<sub>C</sub>

S<sub>d</sub>(T) = a<sub>g</sub> · S<sub>r</sub> · η · F<sub>g</sub>

T<sub>C</sub> ≤ T < T<sub>D</sub>

S<sub>d</sub>(T) = a<sub>g</sub> · S<sub>r</sub> · η · F<sub>g</sub> · (T<sub>C</sub> / T)

T<sub>D</sub> ≤ T

S<sub>d</sub>(T) = a<sub>g</sub> · S<sub>r</sub> · η · F<sub>g</sub> · (T<sub>C</sub> · T<sub>D</sub> / T<sup>2</sup>)

Lo spettro di progetto S<sub>d</sub>(T) per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico S<sub>e</sub>(T) sostituendo η con 1/q, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 §. 3.2.3.5)

La verifica dell'adeguatezza del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo del

MAPPA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE  
REGIONE UMBRIASCALA  
1:500

### **7.1 Verifica alla liquefazione**

Il rilevamento geologico di campagna, l'osservazione diretta dei sedimenti affioranti e 10 SPT a vari profondità in concomitanza con l'avanzamento dei due sondaggi eseguiti hanno permesso di giungere alle seguenti conclusioni in merito alle condizioni di liquefazione di terreni:

Il criterio storico per la valutazione della liquefazione indica come il fenomeno non si sia verificato nell'area di progetto. I terreni non sono formati da sabbie pulite (condizione aggravanti affinché si verifichi il fenomeno) ma è sempre presente una frazione, anche importante, di materiale a granulometria fine e lo strato ghiaioso risulta addensato. La bibliografia inerente gli eventi di liquefazione per il territorio nazionale, mette in evidenza come nell'area in oggetto non siano stati registrati eventi di liquefazione. In base alle caratteristiche idrodinamiche e geotecniche rilevate è stata eseguita, inoltre, una verifica sulla valutazione del potenziale di liquefazione (Youd e Idriss 2001) che ha prodotto fattori di sicurezza (2.49) che garantisce la stabilità della zona e la verifica in base alla normativa presente.

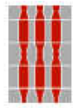
La determinazione dei parametri geotecnici, sismici, idrodinamici e la relativa zona di verifica (4.40 mt dal p.c.) è stata effettuata considerando le peggiori caratteristiche dei terreni oggetto di intervento per cui la situazione di seguito calcolata risulta essere cautelativa sotto tutti i punti di vista.

**Dott. Geol. Armando Grazi.**



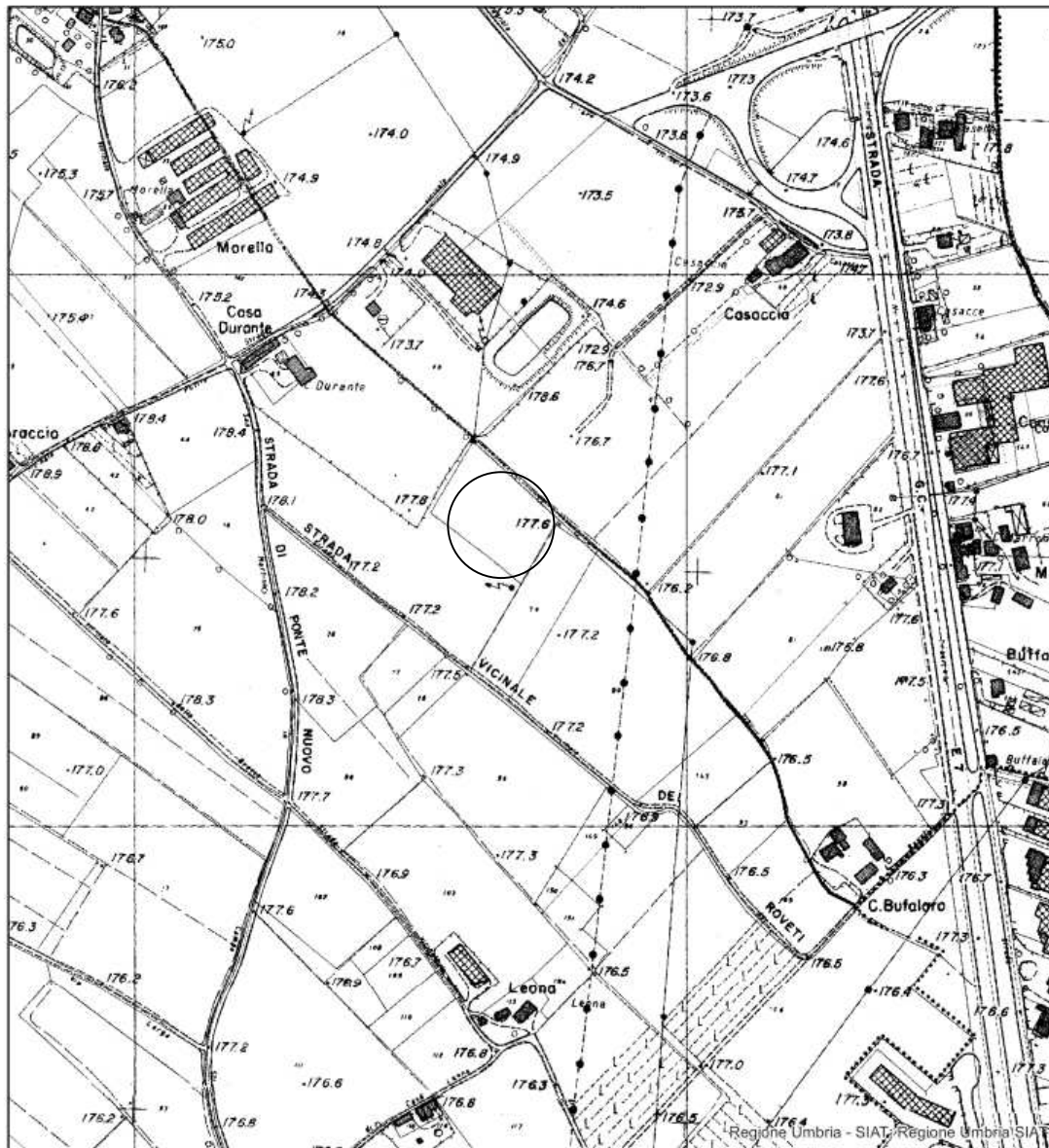
VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE									
(da prove dinamiche SPT)									
Metodo semplificato									
Metodo di Youd e Idris (2001)									
PARAMETRI:									
$\gamma$	=	1,8	g/cm <sup>3</sup>						
$\sigma_{vo}$	=	0,792	kg/cm <sup>2</sup>						
$\sigma'_{vo}$	=	0,792	kg/cm <sup>2</sup>						
profondità della prova	=	440	cm						
N <sub>SPT</sub>	=	12							
profondità falda	=	440	cm						
$\gamma_{H_2O}$	=	1,0	g/cm <sup>3</sup>						
Pressione neutra	=	0,0	kg/cm <sup>2</sup>						
z	=	4,4	m						
FORMULE:									
Na	=	$N_{SPT} \cdot (1,7/(\sigma_{vo}+0,7))+N_f$		=	21,17292225	RISULTATI:			
						Na			
<div>N<sub>r</sub></div>									
R	=	$0,2565 \cdot [0,16 \cdot \text{RadQN}a + (0,2133 \cdot \text{RadQN}a)^{1/4}]$		=	0,347558515	R			
T	=	$0,65 \cdot ((a_{max}/g) \cdot (\sigma_{vo}/\sigma'_{vo})) \cdot r_d$		=	0,1394419	T			
<div>a<sub>max</sub>/g</div>									
<div>r<sub>d</sub></div>									
Fs=R/T		>	1,3	Sabbie sciolte		=	2,492496981	Verificato Fs	
		>	1,5	Sabbie mediamente addensate				Verificato Fs	

TAVOLA

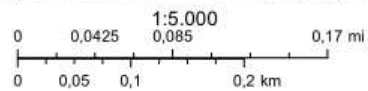


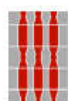
REGIONE UMBRIA  
DIREZIONE REGIONALE PROGRAMMAZIONE, INNOVAZIONE E COMPETITIVITA' DELL'UMBRIA  
Servizio: Paesaggio, territorio e geografia  
SIAT - Sistema Informativo Ambiente e Territorio

## SAN MARTINO IN CAMPO



15 dicembre 2014



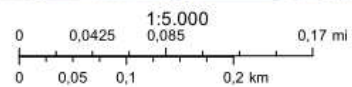


REGIONE UMBRIA  
DIREZIONE REGIONALE PROGRAMMAZIONE, INNOVAZIONE E COMPETITIVITA' DELL'UMBRIA  
Servizio: Paesaggio, territorio e geografia  
SIAT - Sistema Informativo Ambiente e Territorio

## San Martino in Campo

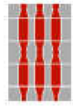


14 gennaio 2015



© Regione Umbria - SIAT

CTR E ORTOFOTO

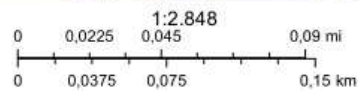


REGIONE UMBRIA  
DIREZIONE REGIONALE PROGRAMMAZIONE, INNOVAZIONE E COMPETITIVITA' DELL'UMBRIA  
Servizio: Paesaggio, territorio e geografia  
SIAT - Sistema Informativo Ambiente e Territorio

## San Martino in Campo



15 gennaio 2015



## PLANIMETRIA CATASTALE E ORTOFOTO

## ALLEGATI

[illegible]



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

**PROFONDITA' in mt.**

### **FOTO SONDAGGIO 1**



[illegible]



1                      2                      3                      4                      5                      6                      7                      8

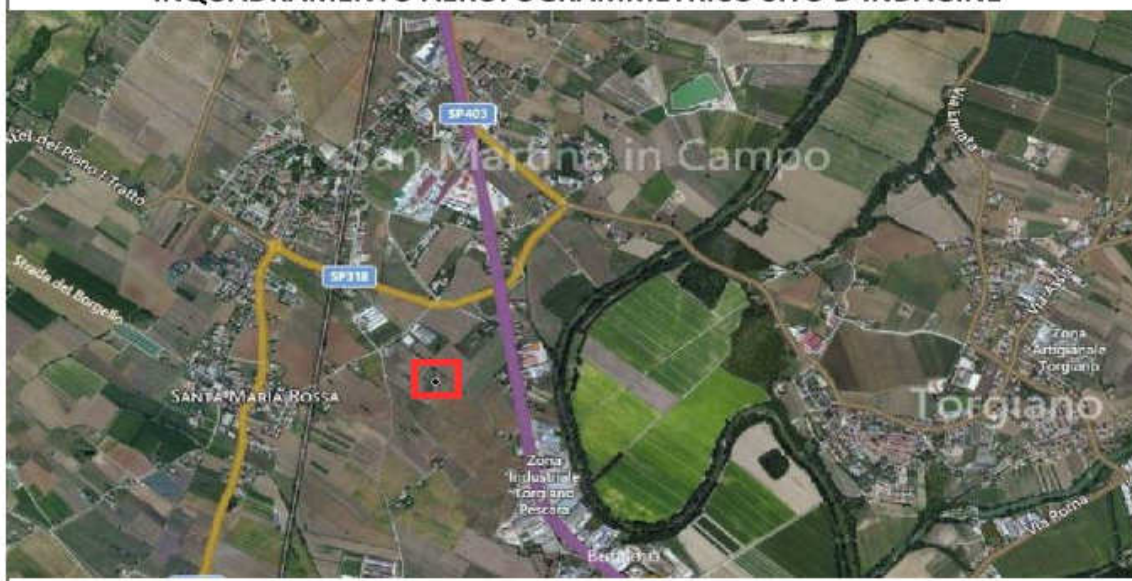
**PROFONDITA' IN mt**

**SONDAGGIO N° 2**

## INDAGINE GEOFISICA

RIFERIMENTI INDAGINE	
COMMITTENTE	GEOLOGO LIVIO FIORONI
TIPO D'INDAGINE ESEGUITA	MASW ( <i>Multichannel Analysis Surface Waves</i> )
LOCALITA'	PERUGIA (PG)
TOPONIMO / VIA	SAN MATINO IN CAMPO
DATA	9 gennaio 2015

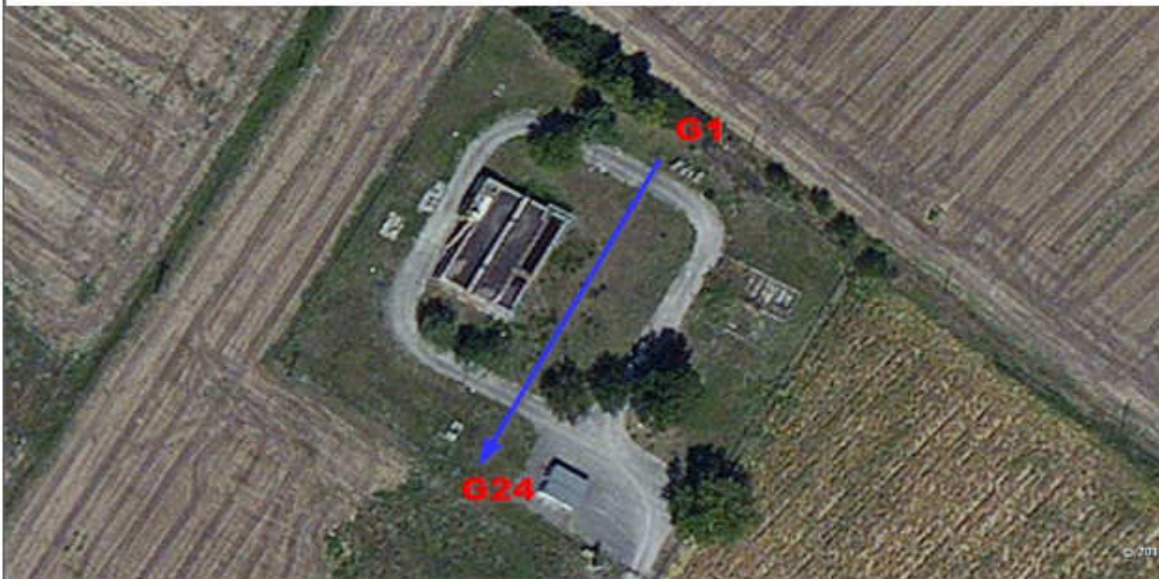
### INQUADRAMENTO AEROFOGRAMMETRICO SITO D'INDAGINE



### GENERALITA'

Pagina 2

L'indagine MASW realizzata a corredo del presente studio ha permesso di definire un assetto sismostratigrafico dei luoghi del tutto conforme a quello emerso in fase di studio geologico. In particolare sono presenti già a partire da piano campagna terreni contraddistinti da medio - bassa rigidità normalmente riscontrabili in depositi d'ambiente alluvionale. Risulta altresì evidente una piccola inversione di velocità verosimilmente riconducibile alla presenza di una lente ghiaiosa di limitato spessore inglobata entro i primi metri da p.c.. Al di sotto dei termini ghiaiosi è presente un sismostrato omogeneo contraddistinto da un graduale, seppur limitato, incremento delle velocità con la profondità verosimilmente attribuibile ad un aumento della rigidità legato all'incremento delle tensioni litostatiche.

**F****DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA DELL'ARRAY****A****INQUADRAMENTO AEROFOTOGRAMMETRICO ARRAY SISMICO**

Indagine sismica MASW -Traccia: **MW1**

Pagina 3

**G****SPECIFICHE ARRAY ed IMPOSTAZIONI ACQUISIZIONE****①****SCHEMA DI RIFERIMENTO DELL'ARRAY**

S1	S2	<== Posizione shots ==>																						S3	S4	
Geofoni ==>		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Array ==>

**②****GENERALITA'**

COMMITTENTE		GEOLOGO LIVIO FIORONI							
SIGLA, RIF. INDAGINE		MW1		COORD. DI RIFERIMENTO (WGS84)		LAT 43,0287		LONG 12,4081	
COMUNE		PERUGIA (PG)		LOCALITA' di RIFERIMENTO		SAN MATINO IN CAMPO			
DATA	09/01/15	ORA INIZIO PROVA		8:30	ORA FINE PROVA		10:00	DURATA PROVA	
SPERIMENTATORE		GEOLOGO ALESSANDRO RICCIARDI		STRUMENTAZIONE		Do.Re.Mi della SARA srl			

**③****GEOMETRIA ARRAY**

NUM. DI CANALI (G)	24	DISTANZA INTERGEOFONICA (m)	2,5	LUNGHEZZA ARRAY (m)	57,5
DIREZIONE ARRAY	G 1 SSE ⇒ G 24 NNO	PENDENZA MEDIA ARRAY	Suborizzontale		
POSIZIONE DEI SINGOLI PUNTI DI SHOT	↗	DIST. SHOT S1 da G 1 (m)	5	→	DIST. SHOT S2 da G 1 (m)
					2,5
	↘	DIST. SHOT S3 da G 24 (m)	2,5	→	DIST. SHOT S4 da G 24 (m)
					5
BATTUTE SU SINGOLI PUNTI DI SHOT	↗	n° BATTUTE IN S1	4	→	n° BATTUTE IN S2
					4
	↘	n° BATTUTE IN S3	4	→	n° BATTUTE IN S4
					4

**④****COORDINATE GEOFONI**

<b>G1</b>	X = 0,00 ; Y = 0,00	<b>G2</b>	X = -1,25 ; Y = -2,17	<b>G3</b>	X = -2,50 ; Y = -4,33
<b>G4</b>	X = -3,75 ; Y = -6,50	<b>G5</b>	X = -5,00 ; Y = -8,66	<b>G6</b>	X = -6,25 ; Y = -10,83
<b>G7</b>	X = -7,50 ; Y = -12,99	<b>G8</b>	X = -8,75 ; Y = -15,16	<b>G9</b>	X = -10,00 ; Y = -17,32
<b>G10</b>	X = -11,25 ; Y = -19,49	<b>G11</b>	X = -12,50 ; Y = -21,65	<b>G12</b>	X = -13,75 ; Y = -23,82
<b>G13</b>	X = -15,00 ; Y = -25,98	<b>G14</b>	X = -16,25 ; Y = -28,15	<b>G15</b>	X = -17,50 ; Y = -30,31
<b>G16</b>	X = -18,75 ; Y = -32,48	<b>G17</b>	X = -20,00 ; Y = -34,64	<b>G18</b>	X = -21,25 ; Y = -36,81
<b>G19</b>	X = -22,50 ; Y = -38,97	<b>G20</b>	X = -23,75 ; Y = -41,14	<b>G21</b>	X = -25,00 ; Y = -43,30
<b>G22</b>	X = -26,25 ; Y = -45,47	<b>G23</b>	X = -27,50 ; Y = -47,63	<b>G24</b>	X = -28,75 ; Y = -49,80

**⑤****COORDINATE SHOT**

<b>SHOT S1</b>	X = 2,50 ; Y = 4,33	<b>SHOT S2</b>	X = 1,25 ; Y = 2,17
<b>SHOT S3</b>	X = -30,00 ; Y = -51,96	<b>SHOT S4</b>	X = -31,25 ; Y = -54,13

**⑥****IMPOSTAZIONI DI CAMPIONAMENTO**

DURATA REGISTRAZIONE (s)	2	FREQ. CAMPIONAMENTO (Hz)	3000	PASSO (ms)	0,333333333
FREQ. NOMINALE GEOFONI (Hz)	4,5	TRIGGER	Geofono start		
DISPOSITIVO DI BATTUTA	Mazza da 10 Kg	SUPPORTO DI BATTUTA	Piastra in duralluminio Ø 200 mm		

**⑦****CONDIZIONI AMBIENTALI**

CONTESTO MORFOLOGICO	Pianura alluvionale
LITOTIPI AFFIORANTI	Depositi alluvionali
CONDIZIONI METEO	Nuvoloso con vento moderato
GRADO DI SATURAZIONE TERRENO	Medio
TIPO DI COPERTURA LUNGO L'ARRAY	Erba bassa - in corrispondenza dei canali 1, 19 e 21 asfalto
ACCOP. GEOFONO/TERRENO	Infissione a pressione su terreno e infissione previo perforo su asfalto
NATURA DISTURBI VIBRAZIONALI	Macchine operatrici
GRADO INTENSITA' DEI DISTURBI	Medio
DISTANZA FONTE DI DISTURBO	< di 50 m
DIREZIONE FONTE DI DISTURBO	Est

Indagine sismica MASW - Traccia: **MW1**

Pagina 12

**Veq****CALCOLO VELOCITA' EQUIVALENTI ENTRO I PRIMI 30 M DA p.c.  
IPOTESI DI ASSEGNAZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO**

①

**ELABORAZIONE SEGNALE RIFERITO A S1**

QUOTA PIANO FONDALE (m)	SPESSORE COPERTURE (m)	VELOCITA' EQUIVALENTE COPERTURE (m/s)	SPESSORE BED ROCK SISMICO (m)	VELOCITA' EQUIVALENTE BRS (m/s)	CONTRASTO DI VELOCITA'	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO
p.c.	30,0	322,3	N.R.	N.R.	---	C
-1,00	30,0	330,3	N.R.	N.R.	---	C
-2,00	30,0	337,4	N.R.	N.R.	---	C
-3,00	30,0	342,5	N.R.	N.R.	---	C

②

**ELABORAZIONE SEGNALE RIFERITO A S2**

PIANO FONDALE (m)	SPESSORE COPERTURE (m)	VELOCITA' EQUIVALENTE COPERTURE (m/s)	SPESSORE BED ROCK SISMICO (m)	VELOCITA' EQUIVALENTE BRS (m/s)	CONTRASTO DI VELOCITA'	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO
p.c.	30,0	323,8	N.R.	N.R.	---	C
-1,00	30,0	333,3	N.R.	N.R.	---	C
-2,00	30,0	340,6	N.R.	N.R.	---	C
-3,00	30,0	346,3	N.R.	N.R.	---	C

③

**ELABORAZIONE SEGNALE RIFERITO A S3**

PIANO FONDALE (m)	SPESSORE COPERTURE (m)	VELOCITA' EQUIVALENTE COPERTURE (m/s)	SPESSORE BED ROCK SISMICO (m)	VELOCITA' EQUIVALENTE BRS (m/s)	CONTRASTO DI VELOCITA'	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO
p.c.	30,0	312,3	N.R.	N.R.	---	C
-1,00	30,0	323,4	N.R.	N.R.	---	C
-2,00	30,0	331,6	N.R.	N.R.	---	C
-3,00	30,0	338,2	N.R.	N.R.	---	C

④

**ELABORAZIONE SEGNALE RIFERITO A S4**

PIANO FONDALE (m)	SPESSORE COPERTURE (m)	VELOCITA' EQUIVALENTE COPERTURE (m/s)	SPESSORE BED ROCK SISMICO (m)	VELOCITA' EQUIVALENTE BRS (m/s)	CONTRASTO DI VELOCITA'	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO
p.c.	30,0	300,5	N.R.	N.R.	---	C
-1,00	30,0	308,1	N.R.	N.R.	---	C
-2,00	30,0	314,6	N.R.	N.R.	---	C
-3,00	30,0	319,9	N.R.	N.R.	---	C

**NOTA 1**

NELLA PRESENTE IPOTESI DI ASSEGNAZIONE DI CATEGORIA DI SOTTOSUOLO NON SONO CONTEMPLATI DEPOSITI SUSCETTIBILI A LIQUEFAZIONE (cat. S2) O CON PRESENZA DI UNO STRATO DI SPESSORE MAGGIORE DI 8 m DI TERRENI A GRANA FINE A BASSA CONSISTENZA O DI DEPOSITI TORBOSI O ARGILLE ORGANICHE DI ALMENO 3 m DI SPESSORE (cat. S1). NON VENGONO INOLTRE PRESE IN CONSIDERAZIONI INVERSIONI DI VELOCITA' CONSIDERATE, IN MANIERA DEL TUTTO SOGGETTIVA, TRASCURABILI DALLO SCRIVENTE.

**N.B.**

NEL PRESENTE ELABORATO LA VELOCITA' DEL BED ROCK SISMICO (B.R.S.) VIENE ASSUNTA, COME DA NORMATIVA, MAGGIORE/UGUALE A 800 m/s

**S-S1**

### SISMOSTRATIGRAFIA SEGNALE RIFERITO A S1

①

**SISMOSTRATI CON DEFINIZIONE DEL "BEST FITTING MODEL" (B.F.M.) - SEGNALE S1**

### MODELLI V<sub>s</sub>-Z DERIVANTI DA ALGORITMO

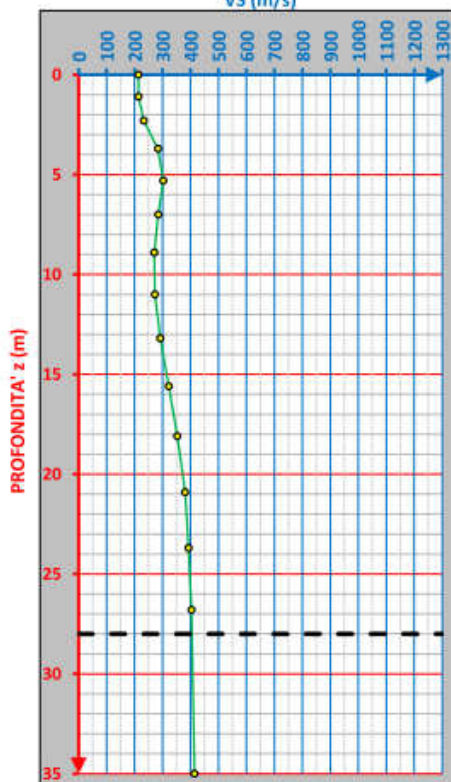
**GENETICO**  
VS (m/s)

PROFONDITA' z (m)

SPAZIO LASCIATO VOLTAMENTE BIANCO

**GRAFICO B.F.M. S1**

VS (m/s)



\*LA LINEA NERA TRATTEGGIATA INDICA LA PROFONDITA' D'INVESTIGAZIONE RAGGIUNTA DALL'INDAGINE (DATO ATTENDIBILE)

**TABELLA B.F.M. S1**

[illegible]

\*IN ROSSO I SISMOSTRATI CONTENUTI ENTRO LA PROFONDITA'

\*GRAFICO NON PRODOTTO IN QUANTO IL PROCESSING E' STATO EFFETTUATO CON IL METODO 'NON-LINEAR LEAST SQUARE METHOD'

