



COMUNE DI PORTO SAN GIORGIO

(Provincia di Fermo)



RAPPORTO GEOLOGICO E SISMICO

VARIANTE PARZIALE AL PIANO DI
RECUPERO DEL BORGO MARINARO UNITA'
IMMOBILIARE SITA IN CORSO
GARIBALDI n.20 e VIA GIORDANO BRUNO n.19
(SCHEDA 11, CODICE UNITA' 8)
*L.R. MARCHE N.19 del 21-12-2010 Modifiche alla
Legge Regionale n.22 del 8-10-2009 (Piano Casa)*



STUDIO GEOLOGICO

*Consulenze
Geologiche e Ambientali*

Dott. Geol. Gianluca Testaguzza

Viale dei Pini, 106 - 63822 Porto San Giorgio (FM) - Pers. 333/2304051 P. IVA 02036460448
E-mail: g.testaguzza@fiscali.it P.E.C. gianlucatestaguzza@epap.sicurezza postale.it

Porto San Giorgio, novembre 2015

Geologo:

Dott. Gianluca TESTAGUZZA



Committente : **Sig.ra RIBECA Carla**

INDICE

| | |
|--|---------|
| 1 - PREMESSA | Pag. 1 |
| 2 - STUDI PRELIMINARI | Pag. 1 |
| 3 - CARATTERI GENERALI | Pag. 2 |
| 3.1 - Georeferenzazione | Pag. 2 |
| 3.2 - Geologia | Pag. 2 |
| 3.3 - Morfologia, geomorfologia e storia della costa | Pag. 2 |
| 3.4 - Idrogeologia | Pag. 3 |
| 4 - PROGETTAZIONE DELL'INDAGINE GEOGNOSTICA | Pag. 3 |
| 5 - SCENARIO DEL SOTTOSUOLO | Pag. 4 |
| 5.1 - Assetto litostratigrafico | Pag. 4 |
| 5.2 - Qualità geotecnica dei sedimenti | Pag. 5 |
| 6 - SISMICITA' - APPROCCIO SITO DIPENDENTE | Pag. 7 |
| 6.1 - Classificazione sismicità dell'area | Pag. 7 |
| 6.2 - Categoria del sottosuolo | Pag. 8 |
| 6.3 - Categoria topografica | Pag. 9 |
| 6.4 - Parametri sismici di progetto | Pag. 9 |
| 7 - CONCLUSIONI | Pag. 10 |

ALLEGATI

Corografia - Carta topografica

Inquadramento geologico - Carta Geologica delle Marche

Carta del rischio idrogeologico - Stralcio PAI

Planimetria generale - Ubicazione indagini reperite

Colonna stratigrafica reperita

Elaborazione dati prova penetrometrica dinamica DPSH reperita

Sezione A/A - Sezione litostratigrafica

Indagine sismica passiva HVSR reperita

Sismicità dell'area - Parametri Stati Limite Sisma

RAPPORTO GEOLOGICO E SISMICO

VARIANTE PARZIALE AL PIANO DI RECUPERO DEL BORGO MARINARO UNITA' IMMOBILIARE SITA IN CORSO GARIBALDI n.20 e VIA GIORDANO BRUNO n.19 (SCHEDA 11, CODICE UNITA' 8)

Legge Regionale N.22 del 08-10-2009 (Piano Casa) e s.m.i. -

1 - PREMESSA

La presente indagine avrà lo scopo di focalizzare gli aspetti geologici, morfologici, idrogeologici e sismici generali dell'area oggetto di studio e di dare indicazioni di massima sulla tipologia di fondazione da adottare.

In particolare verranno fornite, sulla base di informazioni tecniche acquisite in sito mediante una stratigrafia reperita, indicazioni circa la natura dei terreni di fondazione e il loro rapporto stratigrafico; il reperimento di un test penetrometrico dinamico DPSH ha fornito indicazioni sulle caratteristiche geotecniche e un'indagine sismica a stazione singola HVSR ha fornito il comportamento del sottosuolo alle sollecitazioni dinamiche.

Il presente Rapporto Geologico e Sismico è stato redatto in conformità con quanto previsto da:

- **Decreto Ministeriale 11.03.88**

Sancisce le norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni di fondazione

- **Decreto Ministeriale 14.01.2008**

Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni

- **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici**

Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009

- **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici**

Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007

- **P.A.I. Regione Marche approvato con D.C.R. Marche n. 116 del 21/01/2004**

2 - STUDI PRELIMINARI

Gli studi preliminari eseguiti sono stati articolati su successive ricognizioni e rilievi di campagna, con esame di schedatura visiva, e sull'analisi critica delle cartografie tecniche esistenti. Precisamente sono state consultate le seguenti cartografie:

- **cartografia geologica** estratta dalla "Carta Geologica della Regione Marche Scala 1:100000 ;

- **cartografia dell'assetto idrogeologico (PAI)**. Si tratta di uno strumento territoriale che riguarda la prevenzione e pianificazione ambientale a scala locale; esprime, pertanto, una

identificazione delle aree fragili, sospette o che meritano attenzione in riferimento al grado di vulnerabilità ambientale e quindi, sostanzialmente, di rischio idrogeologico; nello scenario ambientale, nel dettaglio, sono state selezionate, negli ambiti fluviali, le aree a rischio di esondazione, e, negli ambiti di versante, le aree a rischio di frana.

3 - CARATTERI GENERALI

3.1 Georeferenziazione

La zona in parola si pone a monte del litorale marino, nella fascia pianeggiante, collocata tra l'asse ferroviario adriatico e l'inizio dei primi rilievi collinari esposti a ovest, in corrispondenza della porzione centrale dell'abitato di Porto San Giorgio. L'analisi di campo visiva ha evidenziato uno scenario paesaggistico caratterizzato da un elevato sviluppo abitativo; l'attività antropica, infatti, si manifesta soprattutto in un concentrato tessuto urbanistico denominato Borgo Marinaro.

Cartograficamente risulta così distinta:

- Foglio n° 125 Fermo al 100.000;
- Quadrante I in scala 1:25.000 del Foglio 125;
- Sezione 315020 in scala 1:10.000 della CTR
- Tavole PAI RI 60a

3.2 Geologia

L'area, oggetto d'indagine, si colloca nella parte costiera della regione Marche ed è caratterizzata da una storia geologica molto recente strettamente legata all'intensa attività tettonica plio-pleistocenica ed alla complessa storia delle glaciazioni quaternarie.

Il trend sedimentologico rivela un substrato pelitico di depositi epibatiali di età pliocenica; queste condizioni di sedimentazione marina sono la conseguenza della tettonica distensiva e del conseguente collassamento dell'area orientale della regione marchigiana. Questi orizzonti pelitici si rinvengono, per lo più, lungo i versanti e sui fondovalle dove l'azione erosiva sia marina che fluviale li ha portati in affioramento.

Nella parte sommitale delle alture collinari della zona in studio, questi depositi risultano sovrastati da sabbie e conglomerati di tetto di età pleistocenica ricordo di antiche linee di spiaggia relitte e, in alcune fasce di territorio, da corpi pelitico-arenacei e arenaceo-pelitici.

La fine della trasgressione versiliana ha permesso l'instaurarsi dell'attuale sistema di sedimentazione, che caratterizza la recente piana costiera nella quale il substrato pliocenico è coperto da uno spessore rilevante di depositi di litorale fluviali ridepositati, in modo selettivo, dall'azione delle correnti marine.

3.3 Morfologia, geomorfologia e storia della costa

Il litorale costituisce una delle zone di transizione tra ambiente di terraferma e quello marino; rappresenta, infatti, il resoconto del bilancio sedimentario scaturito dagli apporti fluvio - torrentizi e l'elaborazione selettiva, del materiale alluvionale, del moto ondoso e delle correnti sottocosta.

La storia geologica del litorale, nel tratto interessato dallo studio, trova origine dalla combinazione del periodo delle ultime glaciazioni, in cui il mare, in fase di ritiro, abbassava la propria superficie di 100 - 120 mt dal livello attuale aumentando il potere erosivo dei fiumi, e gli apporti di sedime granulare di foce dalle principali aste fluviali. Successivamente la

trasgressione marina, in seguito allo scioglimento dei ghiacciai, ha ridistribuito la sabbia precedentemente depositata dando origine ad una copertura di sabbia relitta.

La striscia di territorio in parola mostra i caratteri tipici di una costa bassa sabbioso-ghiaiosa, costruita in parte dal trasporto solido trasferito a valle dalle aste fluviali principali; a questo primo stadio sedimentologico è anche intervenuta l'azione dinamica del mare che ha ripreso e rielaborato i materiali alluvionali di sosta.

Il litorale, nei tratti osservati, risulta legato ad una morfologia piatta estesa che si arresta bruscamente, verso monte, a circa 500 metri dalla linea di riva, in corrispondenza del piede delle pendici collinari che terminano a monte con le aree sommitali di crinale; queste, nell'area esaminata, si riferiscono a cimose ghiaio- sabbiose, a breve sviluppo planimetrico, messe in posto dal mare in fase di regressione (Monte dei Caccioni). Questa linea di sutura, che rappresenta il passaggio dal tavolato alluvionale ai tratti in declivio morbidi dei versanti, apre la visione ad uno scenario panoramico, verso monte, definito da un significativo risalto morfologico.

Particolare importante, che caratterizza la porzione litoranea di Porto San Giorgio, sono le cosiddette "colmate" e cioè opere di bonifica eseguite dai conti Salvadori alla fine del 1800 ed agli inizi del 1900; queste avevano lo scopo di "rubare" terreno al mare mediante il riempimento, con materiale di riporto e fluvio-torrentizio, delle zone lagunose presenti lungo il litorale marino. Questo fa sì che alcune aree della fascia costiera, soprattutto a nord ed a sud del territorio comunale di Porto San Giorgio, gli strati superficiali siano costituiti da materiali fluvio-torrentizi di riempimento.

L'area in esame non rientra tra quelle perimetrale a rischio idrogeologico dal P.A.I. della Regione Marche.

3.4 Idrogeologia

I complessi dei depositi di origine alluvionale recenti, distribuiti nell'area di progetto, sono costituiti essenzialmente da corpi sabbiosi e subordinatamente sabbioso-ghiaiosi con intercalazioni di lenti, di varia estensione e spessore, limo-argillose e limo-sabbiose.

In tali acquiferi sono presenti falde prevalentemente monostrato a superficie libera di notevole importanza, e più raramente, soprattutto in prossimità della costa, falde multistrato, confinate o semiconfinate.

L'alimentazione principale si esplica mediante apporti provenienti da monte, esistendo un circuito aperto (contatto idraulico) tra le pendici collinari e il materasso alluvionale costiero e, in misura meno rilevante, dagli apporti meteorici diretti sulle pianura stessa.

Questi corpi alluvionali di copertura, in particolare modo gli orizzonti di sabbia e ghiaia, presentano conducibilità idrauliche e trasmissività medio alte con un'infiltrazione totale maggiore del ruscellamento; tali acquiferi sono sostenuti dal substrato pelitico plio-pleistocenico che funge da acquiclude dell'intero complesso alluvionale.

4 – PROGETTAZIONE DELL'INDAGINE GEOGNOSTICA

L'impostazione della campagna geognostica è stata guidata in seguito a successivi sopralluoghi, ricognizioni in sito che hanno, in prima analisi, focalizzato i lineamenti generali geologici, i principali punti d'acqua, i reticoli idrografici superficiali e l'assetto morfologico; inoltre l'indagine del sottosuolo è stata ottimizzata avvalendosi di significativi dati tecnici reperiti dalle indagini geologiche prodotte dal sottoscritto nel 2004/05 per la ristrutturazione di un edificio per la proprietà "Gestim srl", ubicato a circa 120 metri dal sito in esame, nel

2010/11 per la ristrutturazione dell'edificio di proprietà Roalda srl ubicato a 50 metri nella parte opposta di via P Panfilì e nel 2012 per la ristrutturazione di un edificio della ditta Rora posto a circa 40 metri sempre su via G. Bruno.

Il programma di indagine è stato organizzato come segue:

- Acquisizione dei dati bibliografici esistenti

sono state visionate le cartografie geologica e quella riferita al Piano di Assetto Idrogeologico. In particolare è stata posta in allegato:

- Carta Geologica Regionale
- Stralcio del PAI

- Trivellazione meccanica reperita:

(ricostruzione complesso sedimentario in posto e apparato stratigrafico sepolto)

si tratta di un sondaggio geognostico eseguito con metodo a rotazione e distruzione di nucleo che ha raggiunto profondità massima di esplorazione di 8,50 metri dal piano della strada di via G. Bruno. Ha ricostruito il completo complesso sedimentario dalla copertura al substrato di base evidenziando l'ossatura e la costituzione litologica dell'area. Per la definizione delle stazioni e della ubicazione delle perforazioni meccanica si fa riferimento allargato “ **Ubicazione indagini**”.

- Test penetrometrico dinamico DPSH reperito

E' stata reperita n. 1 prova penetrometrica DPSH lungo via Panfilì; l'interpretazione della prova ha fornito la stratigrafia del sito e soprattutto la colonna di resistenza dei terreni fino alla profondità massima di 9,20;

- Sismica mediante tecnica a Stazione Singola H/V reperita:

(caratterizzazione sismica dei sedimenti)

L'indagine Geofisica con questa metodologia ha permesso la misura diretta della frequenza di risonanza del sottosuolo e, mediante la correlazione con le indagini eseguite, la stima delle Vs30.

5 - SCENARIO DEL SOTTOUOLO

5.1 Assetto litostratigrafico

L'apparato stratigrafico sepolto, desunto dall'interpretazione della prova DPSH correlata con la stratigrafia reperita, risulta così composto:

- da 0,00 a 1,20 mt **RIPORTO**
- da 1,20 a 2,20 mt **LIMI SABBIOSI E/O SABBIE LIMOSE** : Limi sabbiosi e/o Sabbie limose dal beige al giallognolo a luoghi rugginose, sciolte e poco addensate, bagnate, con ghiaietto disperso. COLTRE ALLUVIONALE;
- da 2,20 a 5,00 mt **GHIAIE SABBIOSE** : Ghiaie di piccolo e medio taglio, a luoghi ciottolose, in abbondante matrice di sabbia giallognola; orizzonte in falda. COLTRE ALLUVIONALE;
- da 5,00 a 6,60 mt **LIMI SABBIOSI DEB. ARGILLOSI** : Limi sabbiosi debolmente argillosi, di colore grigiastro a luoghi screziati ruggine, a consistenza plastica, presenza di tasche sabbiose rugginose. COLTRE ALLUVIONALE;

- da 6,60 a 8,80 mt **LIMI ARGILLOSI** : Limi argillosi, di colore grigiastro a luoghi screziati ruggine, mediamente consistente. COLTRE ELUVIALE;
- da 8,80 a 9,20 mt **ARGILLE LIMOSE** : Argille limose di colore grigio, con rari veli di sabbia grigiastra, da mediamente consistenti a plastiche. SUBSTRATO.

La penetrometria ha evidenziato la presenza della **falda a circa -1,80 metri** con risalita veloce a circa **-1,50 dal p.c.**

5.2 - Qualità fisico-meccanica dei sedimenti

Gli orizzonti superficiali, rilevati dal test penetrometrico, vedono la presenza oltre che di un riporto anche di una coltre alluvio-colluviale sabbioso-limosa, rielaborata dagli agenti esogeni e dall'azione antropica; questi orizzonti, anche se di modesto spessore, risultano deboli e da valutare attentamente qualora la fondazione poggiasse proprio su di essi.

Dai -2,00 metri in poi il test ha messo a giorno orizzonti litologici a componente granulare; tali sedimenti, per lo più sabbie con ghiaie, presentano uno scheletro solido aperto con una permeabilità da alta a medio-alta. La fase liquida, presente in queste litologie, contribuisce anche se non in modo accentuato alla diminuzione delle proprietà geotecniche delle stesse; la natura granulare di questo sedime non dovrebbe riservare sorprese di cedimenti a lungo termine indotti dal sovraccarico ne, in caso di emungimento della falda, per subsidenza. Questi terreni ammettono, sotto carico, assestamenti rapidi riconducibili al grado di compattazione.

A) VALORI NOMINALI

Di seguito vengono riassunte le caratteristiche fisico - meccaniche degli orizzonti attraversati:

DEPOSITI ALLUVIO - COLLUVIALI

Sabbia Limosa e/o limo sabbioso: Sedimenti sciolti a grana fine costituiti da sabbie e limi poco addensati.

- *Nspt equivalenti* $N_{spt} = 5-7$
- *Peso di volume naturale* $Y = 1,60 \text{ g/cm}^3$
- *Densità relativa* $D_r = 25\%$
- *Angolo di attrito interno* $\phi = 21-24^\circ$

DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI

Sabbia ghiaiosa e/o ghiaia sabbiosa: Sedimenti sciolti a grana fine costituiti sabbie mediamente addensate con ghiaie.

- *Nspt equivalenti* $N_{spt} = 24-33$
- *Peso di volume naturale* $Y = 2,13 \text{ g/cm}^3$
- *Densità relativa* $D_r = 52\%$
- *Angolo di attrito interno* $\phi = 30-33^\circ$

Limo sabbioso argilloso: Sedimenti sciolti a grana fine costituiti limi e subordinatamente sabbie e argille, poco consistenti

- *Nspt equivalenti* $N_{spt} = 9-11$
- *Peso di volume naturale* $\gamma = 1,98 \text{ g/cm}^3$
- *Coesione non drenata* $C_u = 0,6-0,9 \text{ Kg/cm}^2$
- *Modulo di edometrico* $E_{ed} = 48 \text{ kg/cm}^2$

DEPOSITI ELUVIALI

Limo argilloso: Sedimenti a media coesione a grana fine con tessitura costituita da miscele di argille, limi con apparizioni sabbiose

- *Nspt equivalenti* $N_{spt} = 15$
- *Peso di volume naturale* $\gamma = 2,07 \text{ g/cm}^3$
- *Coesione non drenata* $C_u = 0,9-1,1 \text{ Kg/cm}^2$
- *Modulo di edometrico* $E_{ed} = 70 \text{ kg/cm}^2$

DEPOSITI DI SUBSTRATO PELITICO

Argilla limosa : Sedimenti coesivi a grana da fine a finissima costituiti da frazioni di argille e limi in varie percentuali con intercalazioni sabbiose

- *Nspt equivalenti* $N_{spt} = 20$
- *Peso di volume naturale* $\gamma = 2,10 \text{ g/cm}^3$
- *Coesione non drenata* $C_u = 1,6-2,2 \text{ Kg/cm}^2$
- *Modulo di edometrico* $E_{ed} = 92 \text{ kg/cm}^2$

Si rimanda alla elaborazione della prova DPSH posta in allegato la visione dei parametri geotecnici completi.

B) VALORI CARATTERISTICI

Per la presente tipologia d'intervento, i valori caratteristici dei parametri geotecnici, così come consigliato dalle "Istruzioni del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (CSLP) sulle NTC 2008", visti i volumi di terreno coinvolti, possono essere assimilati:

1) Valori caratteristici circa uguali ai valori medi $V_k \sim V_{med}$

Nelle valutazioni che il geotecnico deve svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato, secondo il CSLP, il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno (in fondazioni superficiali o in una frana il volume interessato dalla superficie di rottura è grande), con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti.

Valori prossimi ai valori medi possono essere adottati nelle seguenti situazioni:

- **terreno di sedime di fondazioni superficiali**
- **pali per la portata laterale**
- **pendii (coltre di frana) e fronti di scavo**
- **opere di contenimento di notevole altezza**
- **struttura rigida**

2) Valori caratteristici circa uguali ai valori minimi $V_k = V_{min}$

Valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici appaiono più

giustificati nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno (ad es. terreno di base di un palo, verifica a scorrimento di un muro), con concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo, o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti a causa della sua insufficiente rigidità. La scelta di valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici può essere dettata anche solo dalle caratteristiche dei terreni; (ad esempio, effetto delle discontinuità sul valore operativo della resistenza non drenata). Una migliore approssimazione nella valutazione dei valori caratteristici può essere ottenuta operando le opportune medie dei valori dei parametri geotecnici nell'ambito di piccoli volumi di terreno, quando questi assumano importanza per lo stato limite considerato.

Valori prossimi ai valori minimi possono essere adottati nelle seguenti situazioni:

- *terreno di base di un palo*
- *verifica a scorrimento di un muro*
- *plinti e travi non collegati*
- *fronti di scavo di modesta ampiezza e muri di H contenuta*
- *struttura con insufficiente rigidità*

C) VALORI DI PROGETTO

I valori di progetto (f_d) di c' e ϕ' da adottare nel calcolo si ottengono dividendo i valori caratteristici (f_k) per un coefficiente riduttivo parziale γ_m , secondo quanto indicato al punto 6.2.3.1.2 delle NTC 2008.

6 – SISMICITA' - APPROCCIO SITO-DIPENDENTE

L'approvazione della Legge n. 77 del 24 giugno 2009, di conversione del D.L. n. 39 del 28 aprile 2008, ha di fatto reso vigenti dal 31 luglio 2009 le norme del nuovo D.M. 14 gennaio 2008 per le costruzioni.

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, infatti, **la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente"** e non più tramite un criterio "zona dipendente".

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi *stati limite* presi in considerazione viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Alla scala della singola opera o del singolo sistema geotecnico, la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

6.1 - Classificazione sismicità dell'area

Il territorio comunale di Porto San Giorgio (FM) era classificato sismico ai sensi del D.M. 19.03.1982. L'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 23.03.2003 riclassifica l'intero territorio nazionale. In tale quadro il Comune di Porto San Giorgio ricade in **zona sismica 2**.

Si riporta la tabella ove ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione di

picco orizzontale del suolo ag, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

| Zona sismica | Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [ag/g] | Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [ag/g] |
|--------------|--|---|
| 1 | > 0.25 | 0.35 |
| 2 | 0.15 – 0.25 | 0.25 |
| 3 | 0.05 – 0.15 | 0.15 |
| 4 | < 0.05 | 0.05 |

6.2 - Categoria del sottosuolo

Per definire l'azione sismica di progetto, si valuta l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento. La classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente V_{S30} (tab. 3.2.II NTC).

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

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

Nel caso specifico, quindi, per il lotto in oggetto è stato determinato, attraverso il reperimento dell'indagine geofisica mediante tecnica dei rapporti spettrali o HVSR, un valore di V_{s30} di **335 m/sec**, pertanto alla luce dei risultati della sismica effettuata e tenendo conto anche delle risultanze delle indagini reperite, il suolo di fondazione in oggetto può essere assimilato, facendo riferimento alla normativa vigente (DM 14/01/08) a:

Categoria di sottosuolo “C”

“Rocce tenere e 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 $V_{S,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < C_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).”

6.3 - Categoria topografica

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione :

Tabella 3.2.IV – *Categorie topografiche*

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

Vista la descrizione morfologica eseguita nel capitolo 3.1, il sito in esame può avere la seguente classificazione:

Categoria topografica T1

“Superficie pianeggiante e rilievi isolati con inclinazione media $< 15^\circ$ ”

6.4 - Parametri sismici di progetto

Le *azioni sismiche di progetto* si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione, che è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo (“periodo di riferimento” VR espresso in anni), in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; la *probabilità* è denominata “Probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento” PVR .

La pericolosità sismica è definita in termini di :

- *accelerazione orizzontale massima attesa ag in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido* (categoria A), *con superficie topografica orizzontale* (categoria T1);
- *ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $Se(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento VR.*

Ai fini delle NTC le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

1. **ag** accelerazione orizzontale massima al sito;
2. **Fo** valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
3. **T*C** periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Una delle novità delle NTC è appunto la stima della pericolosità sismica basata su una griglia di 10751 punti, ove viene fornita la terna di valori ag , Fo e $T*C$ per nove distinti periodi di ritorno TR .

In allegato vengono riportati i parametri sismici riferiti alle NTC calcolati secondo normativa con programma libero della GEOSTRU. In particolare, tenendo conto della

tipologia di intervento in progetto, il rispetto dei vari stati limite viene considerato conseguito dalle NTC nei confronti di tutti gli Stati Limite Ultimi (SLU) quando siano soddisfatte le verifiche relative al solo SLV. In questo caso i parametri sismici possono essere così riassunti:

Sito in esame

| | |
|----------------|------------------|
| latitudine: | 43,182386 |
| longitudine: | 13,793361 |
| Classe: | 2 |
| Vita nominale: | 50 |

Parametri sismici

| | |
|-------------------------|----------------|
| Categoria sottosuolo: | C |
| Categoria topografica: | T1 |
| Periodo di riferimento: | 50 anni |
| Coefficiente cu: | 1 |

Salvaguardia della vita (SLV):

| | | |
|-----------------------------|--------------|---------------|
| Probabilità di superamento: | 10 | % |
| Tr: | 475 | [anni] |
| ag: | 0,181 | g |
| Fo: | 2,460 | |
| Tc*: | 0,307 | [s] |

Coefficienti Sismici

Salvaguardia della vita (SLV):

| | |
|-------|------------------------------|
| Ss: | 1,430 |
| Cc: | 1,550 |
| St: | 1,000 |
| Kh: | 0,062 |
| Kv: | 0,031 |
| Amax: | 2,538 m/s² |
| Beta: | 0,240 |

7 - CONCLUSIONI

L'intervento edilizio riguarda il progetto di ristrutturazione con leggera sopraelevazione di un edificio di civile abitazione mediante demolizione e ricostruzione; esso risiede lungo la piana litoranea di Porto San Giorgio ad una distanza di circa 500 metri dalla linea di costa.

In considerazione delle condizioni di accessibilità dei luoghi e della conoscenza dell'area, l'indagine si è avvalsa di un test penetrometrico DPSH e di un sondaggio reperi nei pressi dell'area in oggetto; l'indagine è stata integrata, in ottemperanza alla nuova normativa DM 14/01/08, con una prova sismica mediante tecnica a Stazione Singola H/V.

Il fabbricato esistente presenta una struttura in elevazione in muratura; in pianta distingue uno sviluppo a geometria rettangolare ed in elevazione raggiunge tre livelli fuori terra.

Le informazioni tecniche scaturite dai sopralluoghi e dall'indagine reperita hanno focalizzato i seguenti aspetti:

1. Nello stato attuale l'edificio versa in condizioni di inabitabilità dovute alle gravi

- condizioni di stabilità strutturale evidenziate soprattutto sul lato sud-est con crepe e rigonfiamenti della muratura, con cedimento di una consistente parte della copertura, ed in generale con lesioni presenti su tutto l'edificio;
2. La penetrometria ed il sondaggio reperiti hanno messo a giorno, fino alla profondità investigata, uno spessore di coltre alluvio-colluviale (limi sabbiosi sciolti) seguita da sabbie e ghiaie di litorale di buone qualità geotecniche; in successione stratigrafica si rinvencono limi sabbiosi argillosi di origine alluvionale, e argille limose di substrato a -8,80 metri.
 3. La falda idrica è stata rinvenuta a circa -1,50/1,80 dal p.c.;
 4. Il sottosuolo di fondazione in oggetto può essere assimilato, facendo riferimento alla normativa vigente (DM 14/01/08), ad una Categoria C;
 5. Sulla base della morfologia pianeggiante si può adottare, facendo riferimento alla normativa vigente (DM 14/01/08), una categoria topografica T1.

Visto che l'intervento edilizio riguarda sostanzialmente la ristrutturazione e la sopraelevazione dell'edificio esistente con l'arrivo di nuovi carichi, è consigliabile prevedere, per la realizzazione del progetto esecutivo, quanto segue:

- Per l'esecuzione di nuove fondazioni si consiglia una tipologia diretta molto rigida intestata ad un minimo di 1,20 metri dal piano del marciapiede fino a superare la porzione rimaneggiata e di riporto;

- Per il terreno granulare di appoggio della fondazione, qualora fosse confermata una fondazione diretta poggiante sulle sabbie limose, può essere adottato un coefficiente di sottofondo di Winkler di 1,00 Kg/cmc;

- Si consiglia comunque il controllo della profondità delle fondazioni dei fabbricati in aderenza ed adeguarsi ad esse per evitare che un approfondimento ulteriore del nuovo corpo di base possa creare cedimenti alle strutture vicine per perdita di appoggio laterale;

- controllo, nelle vicinanze del fabbricato, di tutti i sottoservizi esterni per verificare eventuali perdite e/o infiltrazioni che potenzialmente possono creare zone superficiali localizzate di debolezza, ammolimento e ristagno. Rimane comunque indispensabile, tenuto conto della topografia dell'area, della composizione granulare e quindi delle caratteristiche di apprezzabile permeabilità del terreno di fondazione, la messa a dimora di un sistema di captazione e di allontanamento delle acque d'infiltrazione e di sgrondo;

- In fase esecutiva si ritiene opportuno, una volta demolito l'edificio esistente e le sue fondazioni, controllare visivamente la tipologia di terreno e se reputato necessario eseguire un test penetrometrico all'interno della sua sagoma d'ingombro per verificarne e confermarne la consistenza.

Porto San Giorgio, 04 novembre 2015

Dott. Geol. Gianluca TESTAGUZZA



RAPPORTO GEOLOGICO E SISMICO

Loc.tà: Corso Garibaldi n. 20 e via G. Bruno n. 19
- Comune di PORTO SAN GIORGIO (FM) -

- COROGRAFIA -

Elaborato: **CARTA TOPOGRAFICA**
Scala 1 : 25.000



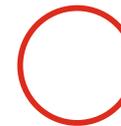
STUDIO GEOLOGICO

Consulenze
Geologiche e Ambientali

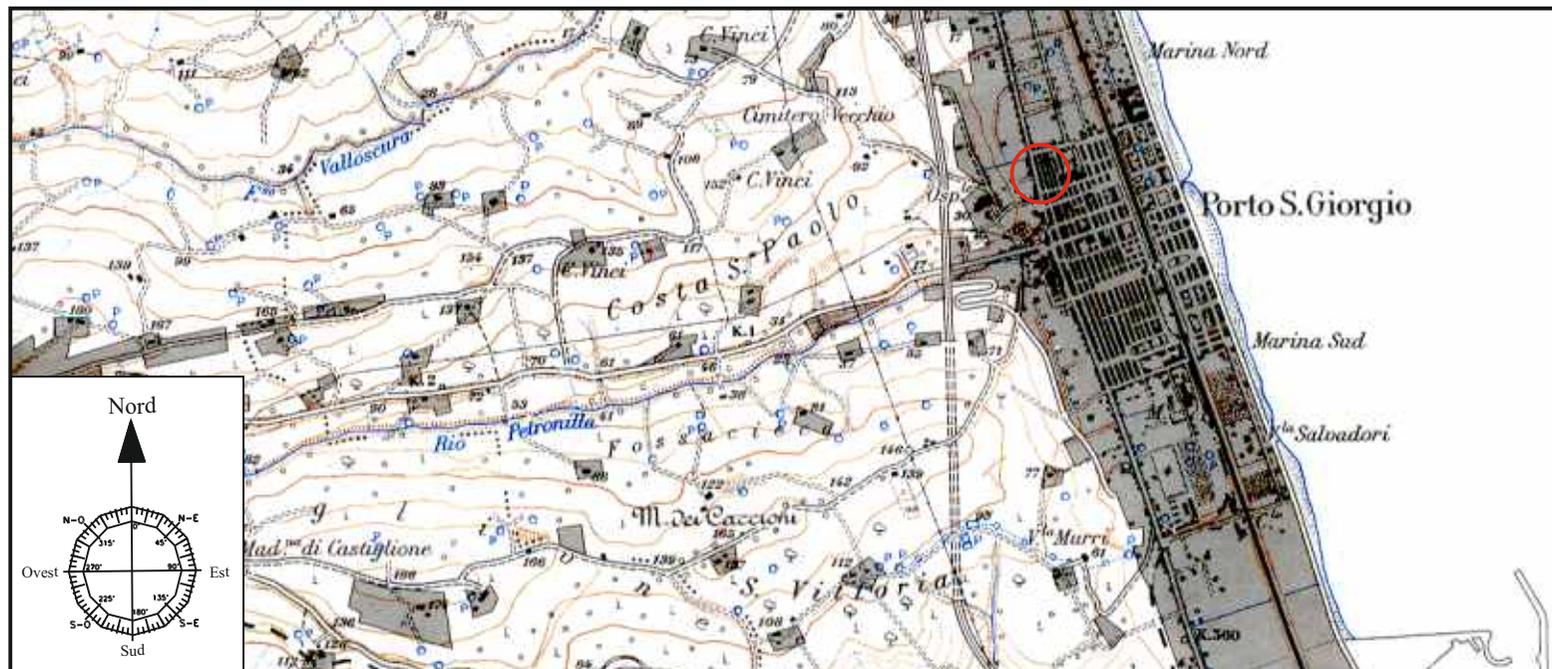
Dott. Geol. **Gianluca Testaguzza**

Viale dei Pini, 106 - 63822 Porto San Giorgio (FM) - Pers. 333/2304051 P. IVA 02036460448

E-mail: g.testaguzza@tiscali.it P.E.C. gianlucatestaguzza@epap.sicurezza postale.it



AREA INTERESSATA DALL'INDAGINE



RAPPORTO GEOLOGICO E SISMICO

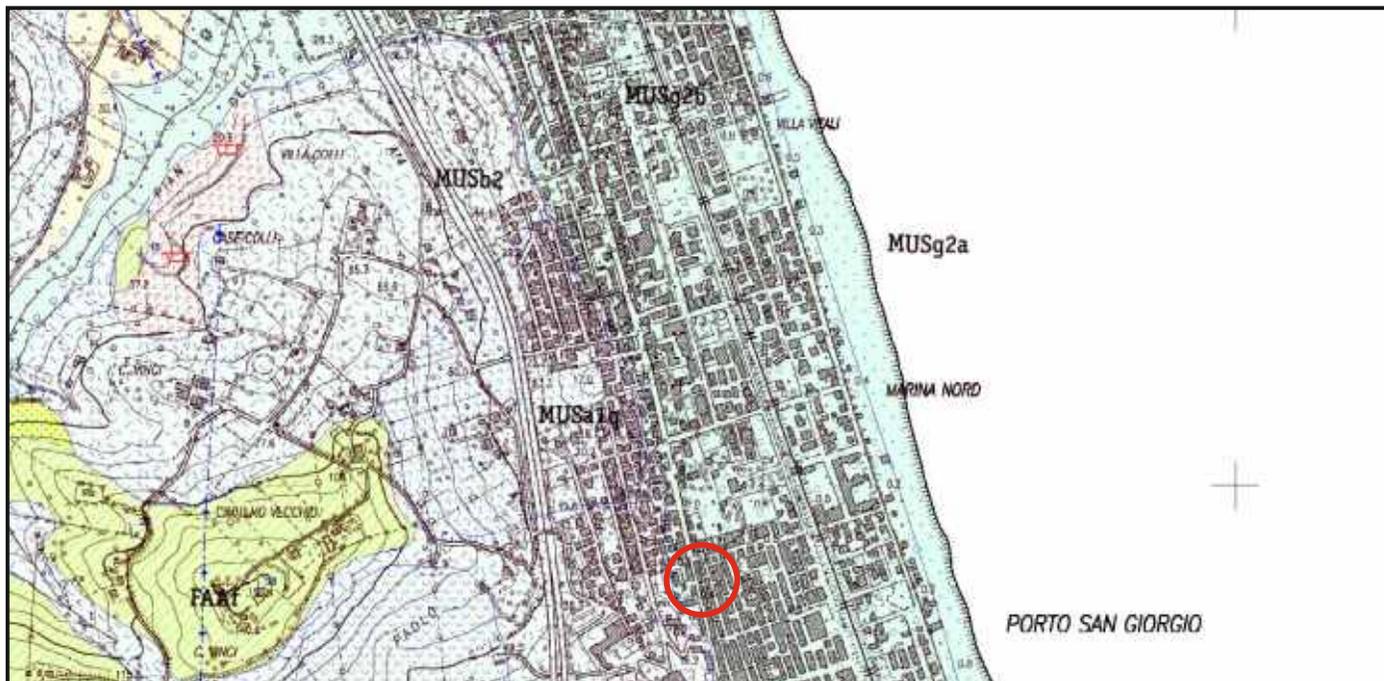
Loc.tà: Corso Garibaldi n. 20 e via G. Bruno n. 19
- Comune di PORTO SAN GIORGIO (FM) -

- INQUADRAMENTO GEOLOGICO -

Elaborato: **CARTA GEOLOGICA DELLE MARCHE**
Scala 1 : 10.000 adattata



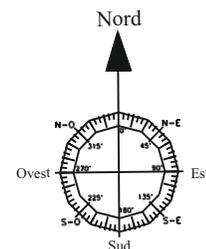
AREA INTERESSATA DALL'INDAGINE



STUDIO GEOLOGICO
Consulenze
Geologiche e Ambientali

Dott. Geol. **Gianluca Testaguzza**

Viale dei Pini, 106 - 63822 Porto San Giorgio (FM) - Pers. 333/2304051 P. IVA 020364604
E-mail: g.testaguzza@tiscali.it P.E.C. gianlucatestaguzza@epap.sicurezza postale.it



LEGENDA GEOLOGICA

DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI

SISTEMA DEL MUSONE

(OLOCENE)

- MUSa1** Frane in evoluzione
- MUSa1q** Frana senza indizi di evoluzione
- MUSb2** Depositi eluvio-colluviali
- MUSb** Depositi alluvionali attuali ghiaia, sabbia
- MUSin** Depositi alluvionali terrazzati ghiaie sabbiose, sabbie limose
- MUSg2a** Depositi di spiaggia attuali sabbie prevalenti
- MUSg2b** Depositi di spiaggia antica ghiaie e sabbie in proporzioni variabili

SISTEMA DI MATELICA

(PLEISTOCENE SUPERIORE)

- MTibn** Depositi alluvionali terrazzati ghiaie prevalenti associate a subordinate sabbie limi e argille

SUPERSISTEMA COLLE ULIVO COLONIA MONTANE

(PLEISTOCENE MEDIO-SUBMITALE)

- ACbn** Depositi alluvionali terrazzati ghiaie prevalenti associate a subordinate sabbie

SISTEMA DI URBISAGLIA

(PLEISTOCENE INFERIORE-MEDIO)

- URSbn** Depositi alluvionali terrazzati ghiaie prevalenti associate a subordinate sabbie e limi

SUCCESSIONE PIOCENICA

- FAA** FORMAZIONE DELLE ARGILLE AZZURRE Pliocene inferiore - Pleistocene inferiore
- FAAg** FORMAZIONE DELLE ARGILLE AZZURRE livello calcareo conchigliare Pleistocene inferiore p.p.

- Contatto stratigrafico o litologico
- Contatto stratigrafico incontinuo
- Contatto stratigrafico o litologico incerto
- Contatto stratigrafico incontinuo incerto
- Faglia diretta
- Faglia incerta o sepolta
- Faglia diretta

RAPPORTO GEOLOGICO E SISMICO

Loc.tà: Corso Garibaldi n. 20 e via G. Bruno n. 19
- Comune di PORTO SAN GIORGIO (FM) -

- CARTA DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO -

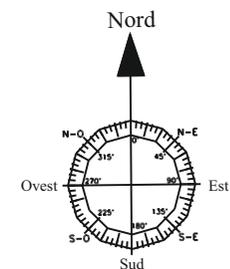
Elaborato: **STRALCIO PAI**
Scala 1 : 10.000 adattata



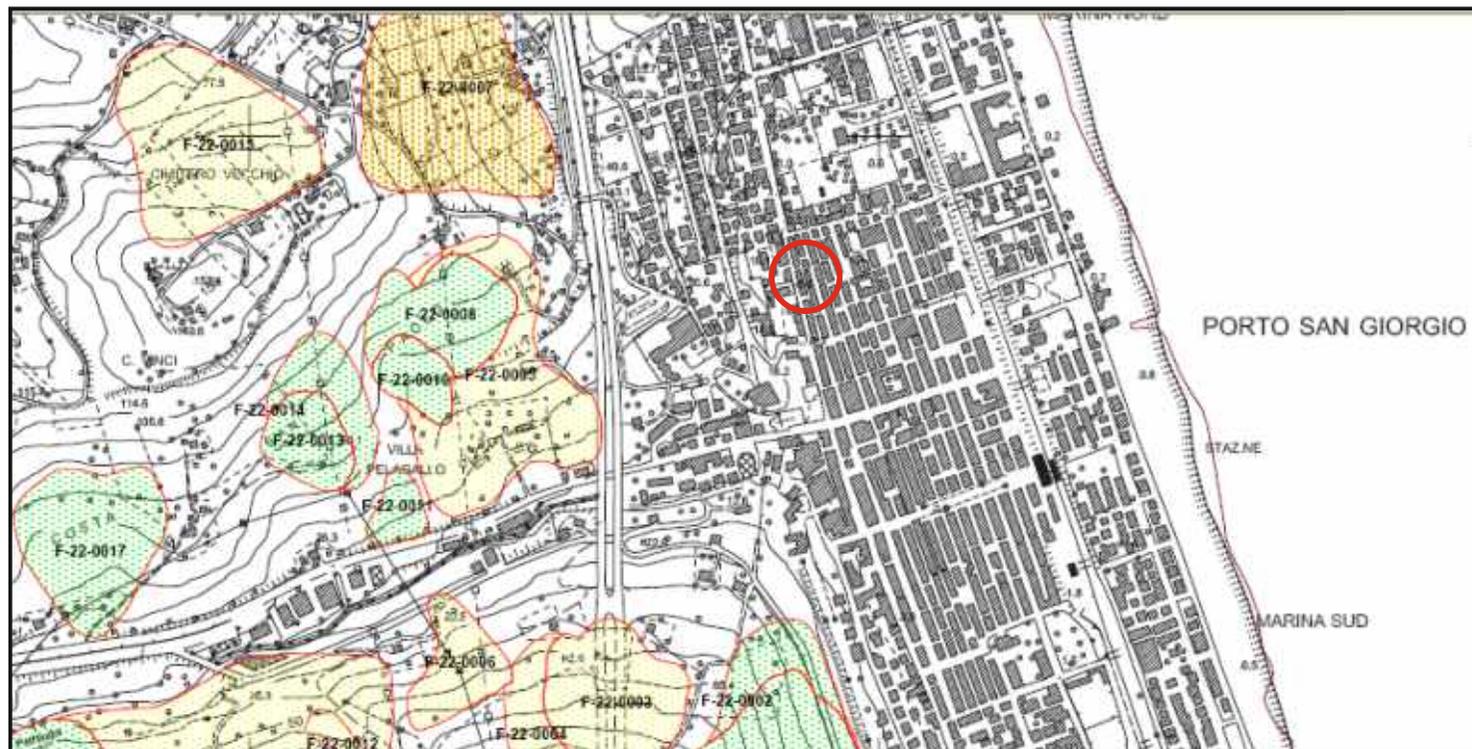
STUDIO GEOLOGICO
Consulenze
Geologiche e Ambientali

Dott. Geol. **Gianluca Testaguzza**

Viale dei Pini, 106 - 63822 Porto San Giorgio (FM) - Pers. 333/2304051 P. IVA 02036460448
E-mail: g.testaguzza@tiscali.it P.E.C. gianlucatestaguzza@epap.sicurezza postale.it



AREA INTERESSATA DALL'INDAGINE



LEGENDA

Aree a rischio frana
(Codice F-xx-yyyy)

- Rischio moderato (R1)
- Rischio medio (R2)
- Rischio elevato (R3)
- Rischio molto elevato (R4)

Aree a rischio esondazione
(Codice E-xx-yyyy)

- Rischio moderato (R1)
- Rischio medio (R2)
- Rischio elevato (R3)
- Rischio molto elevato (R4)

Aree a rischio valanga
(Codice V-xx-yyyy)

- Rischio molto elevato (R4)

Limite di Bacino idrografico

DESCRIZIONE CODICE LEGATO AI FENOMENI

numero identificativo di bacino

Z - XX - YYYY

numero progressivo fenomeno

valore Spq di rischio

RAPPORTO GEOLOGICO E SISMICO

Loc.tà: Corso Garibaldi n. 20 e via G. Bruno n. 19
- Comune di PORTO SAN GIORGIO (FM) -

- PLANIMETRIA GENERALE -

Elaborato: **UBICAZIONE INDAGINI REPERITE**
Scala 1 : 1.000

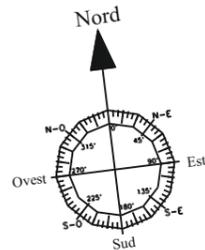


STUDIO GEOLOGICO
Consulenze
Geologiche e Ambientali

Dott. Geol. **Gianluca Testaguzza**

Viale dei Pini, 106 - 63822 Porto San Giorgio (FM) - Pers. 333/2304051 P. IVA 02036460448

E-mail: g.testaguzza@fiscali.it P.E.C. gianlucatestaguzza@epap.sicurezza postale.it



Tr  Penetrometria DPSH reperita

Sr  Sondaggio reperito

Hr  Indagine sismica passiva HVSR reperita

A  Traccia di sezione stratigrafica

 Fabbricato oggetto d'intervento



| | |
|---|--------------------------------------|
| Riferimento: Gestim | Sondaggio: Sr |
| Località: Via G. Bruno | Quota: |
| Impresa esecutrice: | Data: 06/05/2006 |
| Coordinate: | Redattore: Dott. Gianluca Testaguzza |
| Perforazione: A distruzione con carotiere a bocca di lupo | |

| Ø mm | R v | A r | Pz | metri batt. | LITOLOGIA | Campioni | RP | VT | Prel. % 0 --- 100 | S.P.T. | | RQD % 0 --- 100 | prof. m | DESCRIZIONE |
|---------|--------|--------|----|----------------|-----------|----------|----|----|----------------------|--------|---|--------------------|------------|---|
| | | | | | | | | | | S.P.T. | N | | | |
| | | | | 1 | | | | | | | | | 1,2 | LIMI SABBIOSI : Limi sabbiosi, di colore beige-avana, umidi. COLTRE COLLUVIALE |
| | | | | 2 | | | | | | | | | 2,2 | SABBIE LIMOSE : Sabbie limose dal beige al giallognolo a luoghi rugginose, sciolte e poco addensate, bagnate, con ghiaietto disperso COLTRE ALLUVIONALE |
| | | | | 3 | | | | | | | | | 5,5 | GHIAIE E SABBIA : Ghiaie di piccolo e medio taglio, a luoghi ciottolose, in abbondante matrice di sabbia giallognola; orizzonte in falda. COLTRE ALLUVIONALE |
| | | | | 4 | | | | | | | | | 6,7 | LIMI SABBIOSI ARGILLOSI : Limi sabbiosi argillosi, di colore grigiastro a luoghi screziati ruggine, a consistenza plastica, presenza di tasche sabbiose rugginose. COLTRE ALLUVIONALE |
| | | | | 5 | | | | | | | | | 8,5 | ARGILLE LIMOSE : Argilla limosa di colore grigio, con rari veli di sabbia grigiastra, da mediamente consistente a plastica SUBSTRATO |
| | | | | 6 | | | | | | | | | | |
| | | | | 7 | | | | | | | | | | |
| | | | | 8 | | | | | | | | | | |
| 600 | | | | | | | | | | | | | | |

Sondaggio eseguito in concomitanza dell'apertura del cantiere per l'esecuzione delle paratie a sostegno dello scavo per la realizzazione del locale interrato

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

| | |
|---|--|
| Committente: Testaguzza Cantiere: via Panfilì Località: Porto San Giorgio | |
|---|--|

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-200 PAGANI

| | |
|---------------------------------|-----------------------|
| Rif. Norme | DIN 4094 |
| Peso Massa battente | 63,5 Kg |
| Altezza di caduta libera | 0,75 m |
| Peso sistema di battuta | 0,63 Kg |
| Diametro punta conica | 51,00 mm |
| Area di base punta | 20,43 cm ² |
| Lunghezza delle aste | 1 m |
| Peso aste a metro | 6,31 Kg/m |
| Profondità giunzione prima asta | 0,40 m |
| Avanzamento punta | 0,20 m |
| Numero colpi per punta | N(20) |
| Coeff. Correlazione | 1,439 |
| Rivestimento/fanghi | No |
| Angolo di apertura punta | 90 ° |

Raffaele Achilli

Documentazione reperita Tr

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 20/04/2012
 Profondità prova 9,20 mt
 Falda rilevata -1,50 mt

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

| Profondità (m) | Nr. Colpi | Calcolo coeff. riduzione sonda Chi | Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²) | Res. dinamica (Kg/cm ²) | Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²) | Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²) |
|----------------|-----------|------------------------------------|---|-------------------------------------|--|--|
| 0,20 | 30 | 0,755 | 237,87 | 315,22 | 11,89 | 15,76 |
| 0,40 | 3 | 0,851 | 26,82 | 31,52 | 1,34 | 1,58 |
| 0,60 | 1 | 0,847 | 8,17 | 9,64 | 0,41 | 0,48 |
| 0,80 | 1 | 0,843 | 8,13 | 9,64 | 0,41 | 0,48 |
| 1,00 | 1 | 0,840 | 8,10 | 9,64 | 0,40 | 0,48 |
| 1,20 | 1 | 0,836 | 8,06 | 9,64 | 0,40 | 0,48 |
| 1,40 | 2 | 0,833 | 16,06 | 19,29 | 0,80 | 0,96 |
| 1,60 | 5 | 0,830 | 36,96 | 44,55 | 1,85 | 2,23 |
| 1,80 | 5 | 0,826 | 36,82 | 44,55 | 1,84 | 2,23 |
| 2,00 | 2 | 0,823 | 14,67 | 17,82 | 0,73 | 0,89 |
| 2,20 | 8 | 0,820 | 58,46 | 71,29 | 2,92 | 3,56 |
| 2,40 | 15 | 0,767 | 102,54 | 133,66 | 5,13 | 6,68 |
| 2,60 | 24 | 0,714 | 141,96 | 198,76 | 7,10 | 9,94 |
| 2,80 | 27 | 0,711 | 159,08 | 223,61 | 7,95 | 11,18 |
| 3,00 | 11 | 0,809 | 73,67 | 91,10 | 3,68 | 4,55 |
| 3,20 | 10 | 0,806 | 66,75 | 82,82 | 3,34 | 4,14 |
| 3,40 | 24 | 0,703 | 139,81 | 198,76 | 6,99 | 9,94 |
| 3,60 | 18 | 0,751 | 104,55 | 139,24 | 5,23 | 6,96 |
| 3,80 | 25 | 0,698 | 135,06 | 193,39 | 6,75 | 9,67 |
| 4,00 | 24 | 0,696 | 129,22 | 185,65 | 6,46 | 9,28 |
| 4,20 | 19 | 0,744 | 109,30 | 146,97 | 5,47 | 7,35 |
| 4,40 | 17 | 0,741 | 97,50 | 131,50 | 4,88 | 6,58 |
| 4,60 | 31 | 0,639 | 143,81 | 224,96 | 7,19 | 11,25 |
| 4,80 | 32 | 0,637 | 147,95 | 232,22 | 7,40 | 11,61 |
| 5,00 | 13 | 0,735 | 69,34 | 94,34 | 3,47 | 4,72 |
| 5,20 | 7 | 0,783 | 39,78 | 50,80 | 1,99 | 2,54 |
| 5,40 | 6 | 0,781 | 34,01 | 43,54 | 1,70 | 2,18 |
| 5,60 | 7 | 0,779 | 37,27 | 47,84 | 1,86 | 2,39 |
| 5,80 | 9 | 0,777 | 47,81 | 61,51 | 2,39 | 3,08 |
| 6,00 | 8 | 0,775 | 42,40 | 54,67 | 2,12 | 2,73 |
| 6,20 | 7 | 0,774 | 37,01 | 47,84 | 1,85 | 2,39 |
| 6,40 | 7 | 0,772 | 36,93 | 47,84 | 1,85 | 2,39 |
| 6,60 | 8 | 0,770 | 39,80 | 51,66 | 1,99 | 2,58 |
| 6,80 | 10 | 0,769 | 49,64 | 64,58 | 2,48 | 3,23 |
| 7,00 | 11 | 0,767 | 54,50 | 71,04 | 2,72 | 3,55 |
| 7,20 | 9 | 0,766 | 44,50 | 58,12 | 2,22 | 2,91 |
| 7,40 | 10 | 0,764 | 49,35 | 64,58 | 2,47 | 3,23 |
| 7,60 | 11 | 0,763 | 51,35 | 67,33 | 2,57 | 3,37 |
| 7,80 | 10 | 0,761 | 46,60 | 61,21 | 2,33 | 3,06 |

| | | | | | | |
|------|----|-------|-------|-------|------|------|
| 8,00 | 11 | 0,760 | 51,16 | 67,33 | 2,56 | 3,37 |
| 8,20 | 11 | 0,759 | 51,07 | 67,33 | 2,55 | 3,37 |
| 8,40 | 11 | 0,757 | 50,99 | 67,33 | 2,55 | 3,37 |
| 8,60 | 12 | 0,756 | 52,77 | 69,81 | 2,64 | 3,49 |
| 8,80 | 11 | 0,755 | 48,29 | 63,99 | 2,41 | 3,20 |
| 9,00 | 14 | 0,703 | 57,29 | 81,44 | 2,86 | 4,07 |
| 9,20 | 14 | 0,702 | 57,20 | 81,44 | 2,86 | 4,07 |

| Prof. Strato (m) | NPDM | Rd (Kg/cm ²) | Tipo | Peso unità di volume (t/m ³) | Peso unità di volume saturo (t/m ³) | Tensione efficace (Kg/cm ²) | Coeff. di correlaz. con Nspt | Nspt | Descrizione |
|------------------|-------|--------------------------|-------------------------|--|---|---|------------------------------|-------|---------------------------------|
| 0,4 | 16,5 | 173,37 | Incoerente | 2,06 | 2,47 | 0,04 | 1,44 | 23,74 | massicciata |
| 1,2 | 1 | 9,64 | Incoerente | 1,4 | 1,87 | 0,14 | 1,44 | 1,44 | riporto |
| 2,2 | 4,4 | 39,5 | Incoerente | 2,22 | 2,5 | 0,31 | 1,44 | 6,33 | limo sabbioso |
| 5 | 20,71 | 162,64 | Incoerente | 2,13 | 2,5 | 0,71 | 1,44 | 29,8 | ghiaia sabbiosa |
| 6,6 | 7,38 | 50,71 | Incoerente - coesivo | 1,98 | 2,18 | 1,17 | 1,44 | 10,62 | limo sabbioso deb. argilloso |
| 8,8 | 10,64 | 65,69 | Incoerente - coesivo | 2,07 | 2,28 | 1,56 | 1,44 | 15,31 | limo argilloso |
| 9,2 | 14 | 81,44 | Incoerente - coesivo | 2,1 | 2,31 | 1,83 | 1,44 | 20,15 | argilla limosa |

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Cu (Kg/cm ²) |
|------------------------------------|-------|------------------|--------------|--------------------------|
| [5] - limo sabbioso deb. argilloso | 10,62 | 6,60 | Begemann | 0,80 |
| [6] - limo argilloso | 15,31 | 8,80 | Begemann | 1,01 |
| [7] - argilla limosa | 20,15 | 9,20 | Begemann | 1,90 |

Modulo Edometrico

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Eed (Kg/cm ²) |
|------------------------------------|-------|------------------|------------------------|---------------------------|
| [5] - limo sabbioso deb. argilloso | 10,62 | 6,60 | Stroud e Butler (1975) | 48,73 |
| [6] - limo argilloso | 15,31 | 8,80 | Stroud e Butler (1975) | 70,24 |
| [7] - argilla limosa | 20,15 | 9,20 | Stroud e Butler (1975) | 92,45 |

Modulo di Young

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Ey (Kg/cm ²) |
|------------------------------------|-------|------------------|--------------|--------------------------|
| [5] - limo sabbioso deb. argilloso | 10,62 | 6,60 | Apollonia | 106,20 |
| [6] - limo argilloso | 15,31 | 8,80 | Apollonia | 153,10 |
| [7] - argilla limosa | 20,15 | 9,20 | Apollonia | 201,50 |

Peso unità di volume

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Peso unità di volume (t/m ³) |
|------------------------------------|-------|------------------|-------------------|--|
| [5] - limo sabbioso deb. argilloso | 10,62 | 6,60 | Meyerhof ed altri | 1,98 |
| [6] - limo argilloso | 15,31 | 8,80 | Meyerhof ed altri | 2,07 |
| [7] - argilla limosa | 20,15 | 9,20 | Meyerhof ed altri | 2,10 |

Peso unità di volume saturo

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Peso unità di volume saturo (t/m ³) |
|------------------------------------|-------|------------------|-------------------|---|
| [5] - limo sabbioso deb. argilloso | 10,62 | 6,60 | Meyerhof ed altri | 2,18 |
| [6] - limo argilloso | 15,31 | 8,80 | Meyerhof ed altri | 2,28 |
| [7] - argilla limosa | 20,15 | 9,20 | Meyerhof ed altri | 2,31 |

Velocità onde di taglio

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Velocità onde di taglio (m/s) |
|------------------------------------|-------|------------------|--|-------------------------------|
| [5] - limo sabbioso deb. argilloso | 10,62 | 6,60 | Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità | 144,54 |
| [6] - limo argilloso | 15,31 | 8,80 | Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità | 162,64 |
| [7] - argilla limosa | 20,15 | 9,20 | Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità | 175,76 |

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Densità relativa (%) |
|------------------------------------|-------|------------------|----------------------------------|--------------------|----------------------|
| [1] - massicciata | 23,74 | 0,40 | 23,74 | Gibbs & Holtz 1957 | - |
| [2] - riporto | 1,44 | 1,20 | 1,44 | Gibbs & Holtz 1957 | 3,81 |
| [3] - limo sabbioso | 6,33 | 2,20 | 6,33 | Gibbs & Holtz 1957 | 25,54 |
| [4] - ghiaia sabbiosa | 29,8 | 5,00 | 29,8 | Gibbs & Holtz 1957 | 52,46 |
| [5] - limo sabbioso deb. argilloso | 10,62 | 6,60 | 10,62 | Gibbs & Holtz 1957 | 24,2 |

Angolo di resistenza al taglio

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Angolo d'attrito (°) |
|------------------------------------|-------|------------------|----------------------------------|-----------------|----------------------|
| [1] - massicciata | 23,74 | 0,40 | 23,74 | Meyerhof (1956) | - |
| [2] - riporto | 1,44 | 1,20 | 1,44 | Meyerhof (1956) | 20,41 |
| [3] - limo sabbioso | 6,33 | 2,20 | 6,33 | Meyerhof (1956) | 21,81 |
| [4] - ghiaia sabbiosa | 29,8 | 5,00 | 29,8 | Meyerhof (1956) | 30,51 |
| [5] - limo sabbioso deb. argilloso | 10,62 | 6,60 | 10,62 | Meyerhof (1956) | 25,03 |

Modulo di Young

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Modulo di Young (Kg/cm ²) |
|------------------------------------|-------|------------------|----------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| [1] - massicciata | 23,74 | 0,40 | 23,74 | Bowles (1982) Sabbia Media | 193,70 |
| [2] - riporto | 1,44 | 1,20 | 1,44 | Bowles (1982) Sabbia Media | --- |
| [3] - limo sabbioso | 6,33 | 2,20 | 6,33 | Bowles (1982) Sabbia Media | --- |
| [4] - ghiaia sabbiosa | 29,8 | 5,00 | 29,8 | Bowles (1982) Sabbia Media | 224,00 |
| [5] - limo sabbioso deb. argilloso | 10,62 | 6,60 | 10,62 | Bowles (1982) Sabbia Media | 128,10 |

Modulo Edometrico

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Modulo Edometrico (Kg/cm ²) |
|------------------------------------|-------|------------------|----------------------------------|--------------------------------------|---|
| [1] - massicciata | 23,74 | 0,40 | 23,74 | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | 76,23 |
| [2] - riporto | 1,44 | 1,20 | 1,44 | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | 30,42 |
| [3] - limo sabbioso | 6,33 | 2,20 | 6,33 | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | 40,47 |
| [4] - ghiaia sabbiosa | 29,8 | 5,00 | 29,8 | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | 88,67 |
| [5] - limo sabbioso deb. argilloso | 10,62 | 6,60 | 10,62 | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | 49,28 |

Peso unità di volume

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Gamma (t/m ³) |
|------------------------------------|-------|------------------|----------------------------------|-------------------|---------------------------|
| [1] - massicciata | 23,74 | 0,40 | 23,74 | Meyerhof ed altri | 2,06 |
| [2] - riporto | 1,44 | 1,20 | 1,44 | Meyerhof ed altri | 1,37 |
| [3] - limo sabbioso | 6,33 | 2,20 | 6,33 | Meyerhof ed altri | 1,59 |
| [4] - ghiaia sabbiosa | 29,8 | 5,00 | 29,8 | Meyerhof ed altri | 2,13 |
| [5] - limo sabbioso deb. argilloso | 10,62 | 6,60 | 10,62 | Meyerhof ed altri | 1,75 |

Peso unità di volume saturo

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Gamma Saturo (t/m ³) |
|------------------------------------|-------|------------------|----------------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| [1] - massicciata | 23,74 | 0,40 | 23,74 | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 2,47 |
| [2] - riporto | 1,44 | 1,20 | 1,44 | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 1,86 |
| [3] - limo sabbioso | 6,33 | 2,20 | 6,33 | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 1,90 |
| [4] - ghiaia sabbiosa | 29,8 | 5,00 | 29,8 | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 2,50 |
| [5] - limo sabbioso deb. argilloso | 10,62 | 6,60 | 10,62 | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 1,92 |

Modulo di Poisson

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Poisson |
|------------------------------------|-------|------------------|----------------------------------|--------------|---------|
| [1] - massicciata | 23,74 | 0,40 | 23,74 | (A.G.I.) | 0,31 |
| [2] - riporto | 1,44 | 1,20 | 1,44 | (A.G.I.) | 0,35 |
| [3] - limo sabbioso | 6,33 | 2,20 | 6,33 | (A.G.I.) | 0,34 |
| [4] - ghiaia sabbiosa | 29,8 | 5,00 | 29,8 | (A.G.I.) | 0,3 |
| [5] - limo sabbioso deb. argilloso | 10,62 | 6,60 | 10,62 | (A.G.I.) | 0,33 |
| [6] - limo argilloso | 15,31 | 8,80 | 15,31 | (A.G.I.) | 0,32 |

| | | | | | |
|----------------------|-------|------|-------|----------|------|
| [7] - argilla limosa | 20,15 | 9,20 | 20,15 | (A.G.I.) | 0,31 |
|----------------------|-------|------|-------|----------|------|

Modulo di deformazione a taglio dinamico

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | G (Kg/cm ²) |
|------------------------------------|-------|------------------|----------------------------------|------------------------|-------------------------|
| [1] - massicciata | 23,74 | 0,40 | 23,74 | Ohsaki (Sabbie pulite) | 1276,04 |
| [2] - riporto | 1,44 | 1,20 | 1,44 | Ohsaki (Sabbie pulite) | 91,57 |
| [3] - limo sabbioso | 6,33 | 2,20 | 6,33 | Ohsaki (Sabbie pulite) | 368,33 |
| [4] - ghiaia sabbiosa | 29,8 | 5,00 | 29,8 | Ohsaki (Sabbie pulite) | 1580,07 |
| [5] - limo sabbioso deb. argilloso | 10,62 | 6,60 | 10,62 | Ohsaki (Sabbie pulite) | 599,06 |

Velocità onde di taglio

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Velocità onde di taglio (m/s) |
|------------------------------------|-------|------------------|----------------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| [1] - massicciata | 23,74 | 0,40 | 23,74 | Ohta & Goto (1978) Limi | 86,73 |
| [2] - riporto | 1,44 | 1,20 | 1,44 | Ohta & Goto (1978) Limi | 69,79 |
| [3] - limo sabbioso | 6,33 | 2,20 | 6,33 | Ohta & Goto (1978) Limi | 104,29 |
| [4] - ghiaia sabbiosa | 29,8 | 5,00 | 29,8 | Ohta & Goto (1978) Limi | 157,59 |
| [5] - limo sabbioso deb. argilloso | 10,62 | 6,60 | 10,62 | Ohta & Goto (1978) Limi | 144,54 |

Modulo di reazione Ko

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Ko |
|------------------------------------|-------|------------------|----------------------------------|------------------|------|
| [1] - massicciata | 23,74 | 0,40 | 23,74 | Navfac 1971-1982 | 4,68 |
| [2] - riporto | 1,44 | 1,20 | 1,44 | Navfac 1971-1982 | 0,13 |
| [3] - limo sabbioso | 6,33 | 2,20 | 6,33 | Navfac 1971-1982 | 1,29 |
| [4] - ghiaia sabbiosa | 29,8 | 5,00 | 29,8 | Navfac 1971-1982 | 5,58 |
| [5] - limo sabbioso deb. argilloso | 10,62 | 6,60 | 10,62 | Navfac 1971-1982 | 2,23 |



STRATI Indagini Geognostiche
 Via Velluti 118 MACERATA
 via Piave 5 CIVITANOVA M.
 Tel. 0733 28 34 69 - 389 57 18 641
 fax 0733 28 78 24 info@provepenetrometriche.it

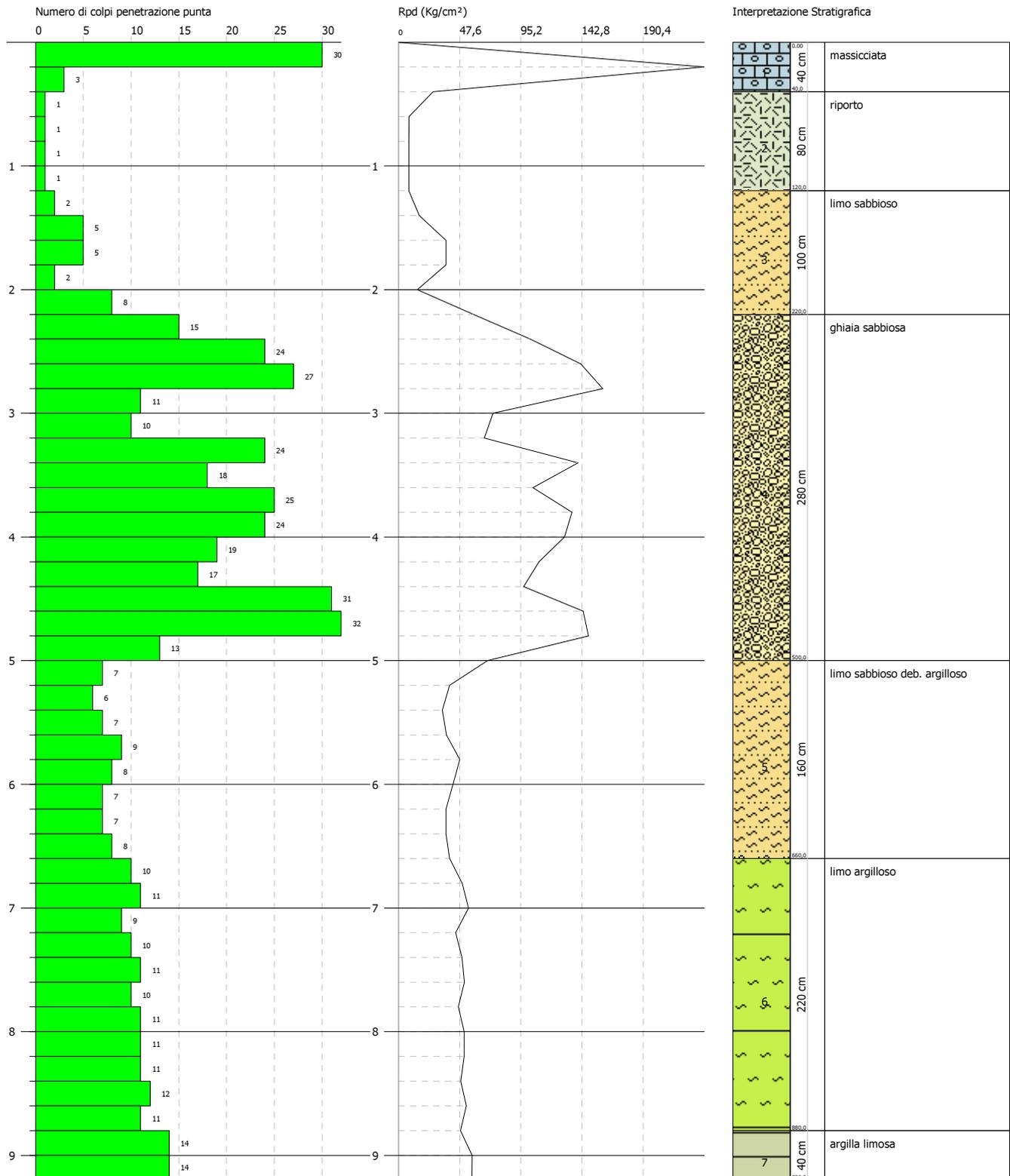
Programma usato:
 Dynamic 2012
 Interpretazione litostratigrafica
 proposta

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
 Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Testaguzza
 Cantiere: via Panfilì
 Località: Porto San Giorgio

Data: 20/04/2012

Scala 1:46



RAPPORTO GEOLOGICO E SISMICO

Loc.tà: Corso Garibaldi n. 20 e via G. Bruno n. 19
- Comune di PORTO SAN GIORGIO (FM) -

- SEZIONE A/A -

Elaborato: **SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA**
Scala 1 : 200



STUDIO GEOLOGICO

Consulenze
Geologiche e Ambientali

Dott. Geol. **Gianluca Testaguzza**

Viale dei Pini, 106 - 63822 Porto San Giorgio (FM) - Pers. 333/2304051 P. IVA 02036460448

E-mail: g.testaguzza@tiscali.it P.E.C. gianlucatestaguzza@epap.sicurezza postale.it

LEGENDA



Terreno di riporto



Limi sabbiosi



Sabbia Ghiaiosa e/o Ghiaia sabbiosa



Limi sabbiosi



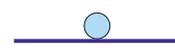
Limi argillosi



Argille limose



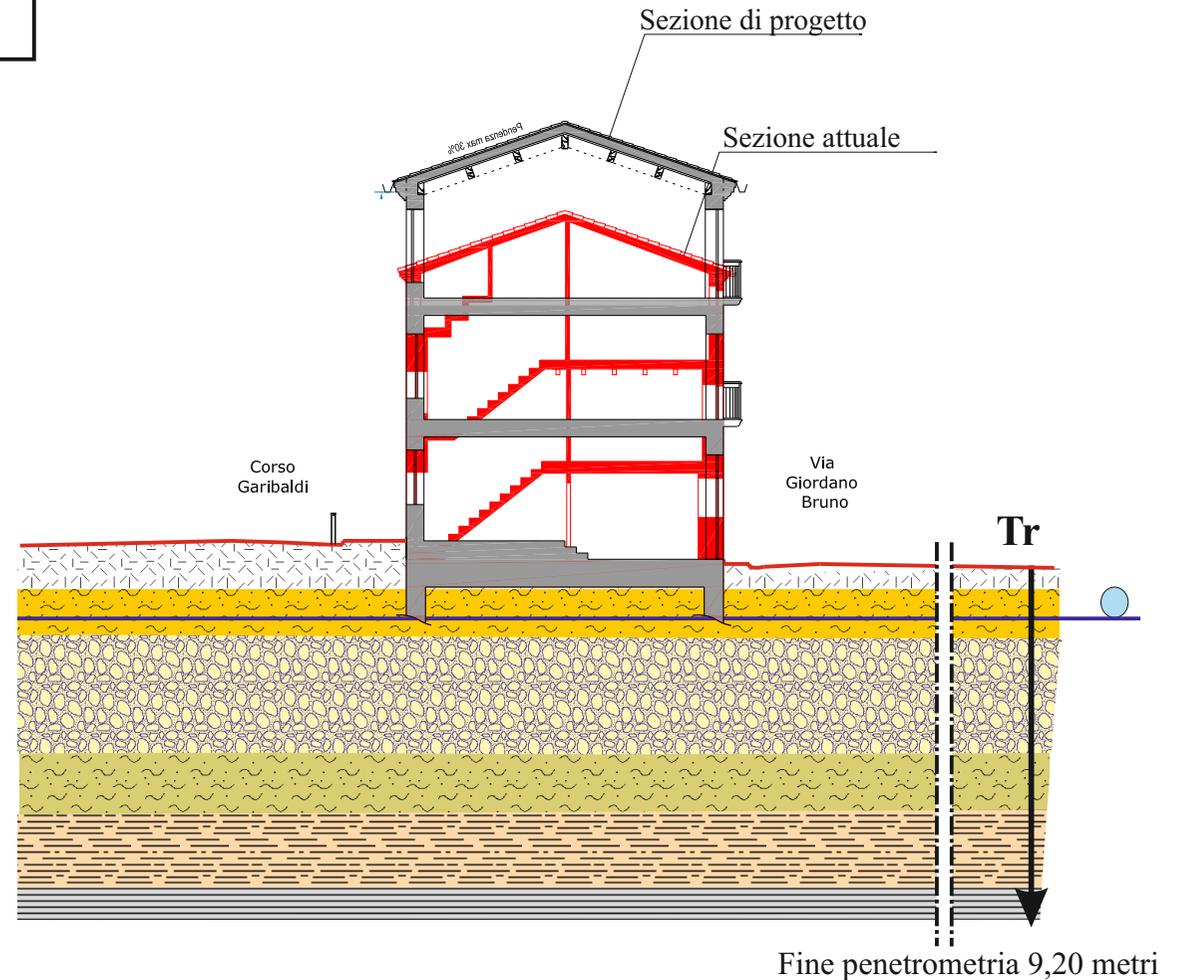
Piano di campagna attuale



Livello piezometrico falda



Penetrometria DPSH reperita



| | |
|---|---|
| <p>GeCO servizi geologici & indagini sismiche</p> <p><i>dott. Angelo CURATOLO</i> geo.curatolo@libero.it +39 328.02.82.743</p> <p>GeCO di Curatolo Angelo via E. Montale,2 - 60037 Monte San Vito (AN) P.Iva: 02438330421 - C.F.: CRTNGL75R24H926F</p> | <p>Oggetto: Indagine sismica passiva HVRS</p> <p>Committente: dott. Gianluca Testaguzza</p> <p>Località: Via Panfili,30 - Porto San Giorgio (FM)</p> |
| <p>Comm.:</p> | <p>Data acquisizione: 03 Dicembre 2010</p> |

**INDAGINE SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA MEDIANTE TECNICA
DEI RAPPORTI SPETTRALI O HVSR AD INTEGRAZIONE
DELLA RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA**

Monte San Vito, 22 Dicembre 2010

Il Responsabile
(dott. geol. Angelo Curatolo)

INDICE

| | |
|--|---------|
| PREMESSA | pag. 2 |
| STRUMENTAZIONE IMPIEGATA | pag. 3 |
| TERRENI | pag. 3 |
| Procedura di analisi dati per stazione singola H/V | pag. 3 |
| Stazione Geo1 | pag. 4 |
| APPENDICE | pag. 15 |
| Oggetto della misura: Il microtremore sismico ambientale | pag. 15 |
| La tecnica impiegata: Cenni storici | pag. 16 |

PREMESSA

Lo scopo di questa indagine è la caratterizzazione sismica del sottosuolo e, in particolare, l'individuazione delle discontinuità sismiche nonché la ricostruzione della profondità del locale sub-strato geologico (o meglio bedrock geofisico). Con tale metodo viene stimata la velocità di propagazione delle onde di taglio (V_{s30}) come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14 Gennaio 2008. L'indagine geofisica proposta si avvale della metodologia basata sulla tecnica di Nakamura e sul rapporto spettrale H/V. La tecnica dei rapporti spettrali o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è totalmente non invasiva, molto rapida, si può applicare ovunque e non necessita di nessun tipo di perforazione, nè di stendimenti di cavi, nè di energizzazioni esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque. I risultati che si possono ottenere da una registrazione di questo tipo sono:

-la **frequenza caratteristica di risonanza del sito** che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale, in quanto si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare manufatti aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosi per la stabilità degli stessi in caso di sisma;

-la **frequenza fondamentale di risonanza di un edificio**, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso. In quanto risulterà possibile confrontarla con quella caratteristica del sito e capire se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;

-la **velocità media delle onde di taglio V_s e V_{s30}** calcolata tramite un apposito codice di calcolo. E' necessario in questo caso, per l'affidabilità del risultato conoscere la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia (prova penetrometrica, sondaggio geognostico ecc..) e riconoscibile nella curva H/V. E' possibile calcolare la V_{s30} e la relativa categoria del suolo di fondazione come esplicitamente richiesto dal DM 14/01/08;

-la **stratigrafia del sottosuolo** con un range di indagine compreso tra 0.5 e 700 mt. di profondità, anche se il dettaglio maggiore si ha nei primi 100 mt. Il principio su cui si basa la presente tecnica, in termini di stratigrafia del sottosuolo, è rappresentato dalla definizione di strato inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto d'impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

Le misure di microtremore ambientale sono state eseguite per mezzo di un tromografo digitale portatile progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento (GeoBox – Sara Instrument) è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati secondo le direzioni NS, EW e verticalmente, ad alta definizione, alimentato a batterie, senza cavi esterni. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alle frequenze di campionamento di 128 Hz.

Sui terreni di sedime è stata condotta, in data *21 Dicembre 2010*, un'indagine geofisica attraverso l'acquisizione di n.1 registrazione a stazione singola, denominata Geo1 ubicata sul terreno di sedime alle seguenti coordinate Geografiche:

LAT: 43° 10' 55,38" N

LONG: 13° 47' 34,72" E

TERRENI

Procedura di analisi dati per stazioni singole H/V

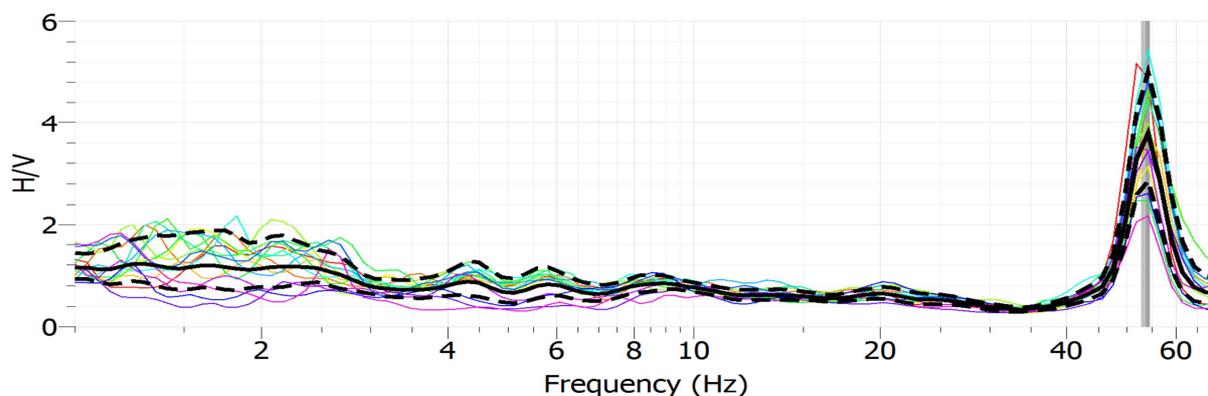
Dalla registrazione del rumore sismico ambientale in campo libero si ricava la curva H/V, secondo la procedura descritta in Castellaro et al. (2005), secondo i seguenti parametri:

- > larghezza delle finestre d'analisi 20 s,
- > lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari a 10% della frequenza centrale,
- > rimozione dei transetti sulla serie temporale degli H/V.

La curva H/V viene riprodotta creando una serie di modelli sintetici (*che contemplano la propagazione delle onde di Rayleigh e di Love nel modo fondamentale e superiori in sistemi multistrato*), fino a considerare per buono il modello teorico più vicino alle curve sperimentali. Tale operazione è possibile esclusivamente in presenza di un vincolo che può essere la profondità, nota tramite prove dirette (Sondaggi eseguiti in situ), di un riflettore sismico il cui marker sia riconoscibile nelle curve H/V (Castellaro e Mulargia, 2008) o la velocità delle onde di taglio (V_s) del primo strato nota da altre indagini. Nel caso specifico si sono ottenuti i seguenti risultati:

Stazione Geo1

Geo1



Legenda

- Curva H/V sperimentale relativa al sito in oggetto.
- - - Intervallo di confidenza al 95 % della curva sperimentale.
- Curve H/V sperimentali delle singole finestre di analisi.

figura 1: Spettri dei singoli canali N-S, E-W e componente verticale.

In Figura 1 sono riprodotti gli spettri dei singoli canali N-S, E-W e componente verticale registrati sul lotto oggetto di studio.

In Figura 2 è riprodotta la curva H/V teorica derivante dal modello di sottosuolo di Figura 3, sovrapposta alla curva H/V sperimentale registrata nel sito in oggetto. Si osserva una buona congruenza tra le due curve.

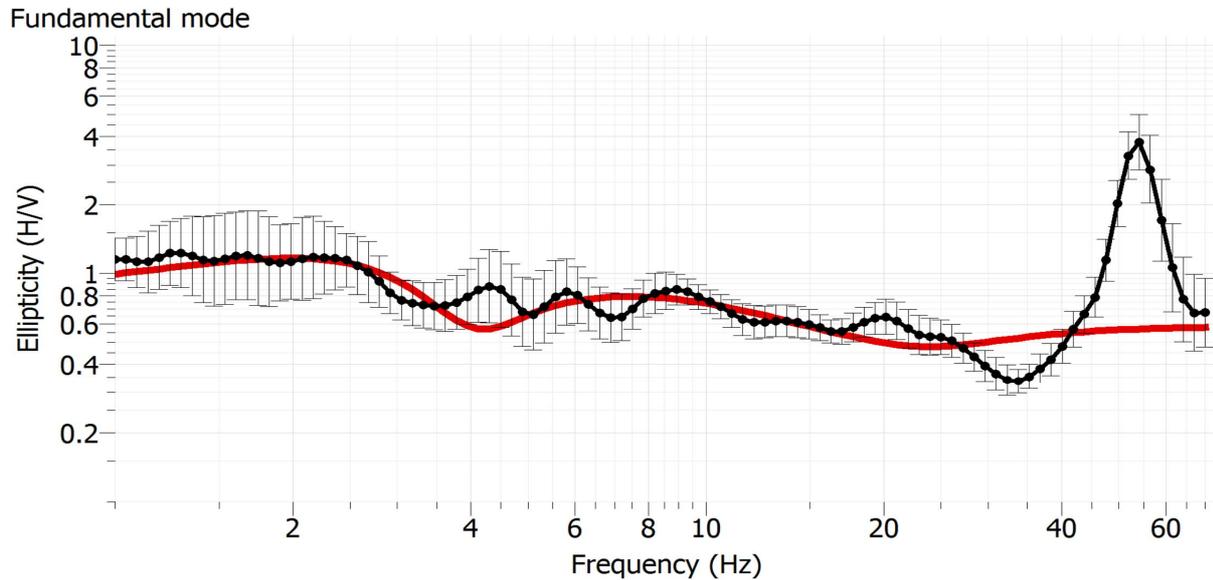


figura 2. Confronto tra la curva H/V sperimentale relativa al sito in oggetto (media e intervallo di confidenza al 95% in nero) e la curva H/V teorica ottenuta per il modello di sottosuolo di Tabella 1 (curva in rosso).

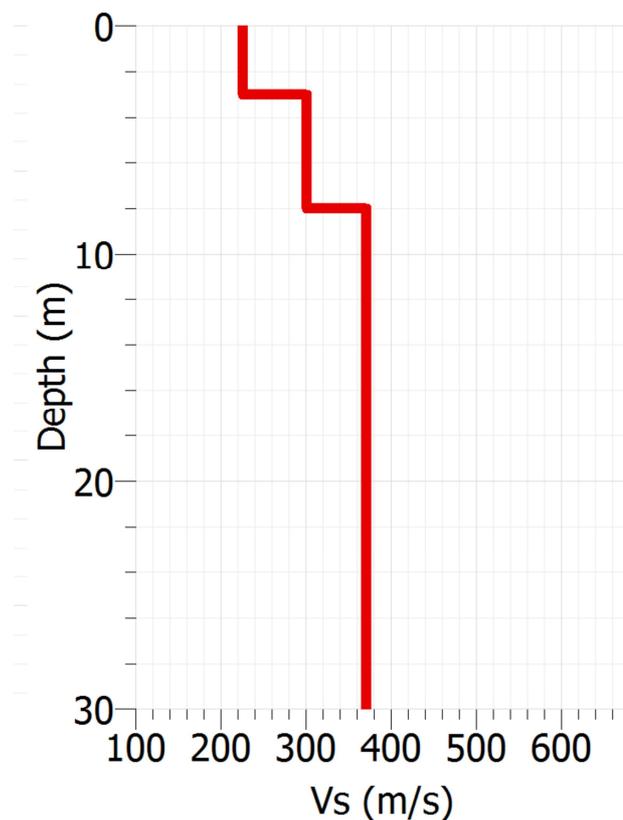


figura 3. Modello di velocità delle onde di taglio per il sito in oggetto.

| Stratigrafia | Profondità | Spessore (m) | Vs (m/s) |
|---------------------|------------|--------------|----------|
| Riporto | 3,00 | 3,00 | 227 |
| Ghiaia con sabbia | 8,00 | 5,00 | 299 |
| Formazione alterata | 30,00 | 22,00 | 370 |

tabella 1. Modello di sottosuolo per il sito in oggetto.

E' stato quindi possibile stimare la Vs30, tramite la formula:

$$V_s = \frac{H}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{v_i}}$$

dove:

v_s = valore di velocità delle onde di taglio (m/s)

H = profondità (m) alla quale si desidera stimare v_s (30 metri in caso di v_{s30})

h_i = spessore dello strato i - esimo (m)

la velocità delle onde Vs a 30 mt dal piano di fondazione, nel caso di fondazioni dirette, come esplicitamente richiesto dalle **Norme Tecniche per le Costruzioni**, D.M. 14/01/2008, calcolata con gli strati suddetti è pari a:

$$V_s(-0.00 -30.00) = 335 \text{ m/s}$$

Nel caso specifico, non conoscendo il piano di fondazione, il valore di V_{s30} è stato calcolato dal **piano campagna**, quindi per il lotto in oggetto è stato determinato, attraverso l'esecuzione dell'indagine geofisica mediante tecnica dei rapporti spettrali o HVSR, un valore di **V_{s30} di 335 m/sec**, pertanto alla luce dei risultati della sismica effettuata e tenendo conto anche delle risultanze delle prove geotecniche eseguite in situ, il suolo di fondazione in oggetto può essere assimilato, facendo riferimento alla normativa vigente (DM 14/01/08) ad una " **categoria di suolo di tipo "C"**, depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < Cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Nella valutazione della categoria di suolo e nell'approccio alla progettazione strutturale delle strutture in questione, non vanno comunque trascurate le informazioni acquisite con l'indagine sismica circa la frequenza di risonanza del sito. Infatti nel caso specifico è stata individuata una **frequenza caratteristica di risonanza del terreno prossima a 53,0 Hz**, a significare che il terreno in questione amplifica le onde di superficie (ed in misura leggermente diversa quelle S) a quella frequenza rispetto all'input su bedrock di riferimento.

Monte San Vito, 22 Dicembre 2010

Il Responsabile
(dott. geol. Angelo Curatolo)

APPENDICE

TECNICHE DI INVERSIONE PER MISURE A STAZIONE SINGOLA

Oggetto della misura: il microtremore sismico ambientale

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato, oltre che dall'attività dinamica terrestre, dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo vicino. I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non è generato ad hoc, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva. Nelle zone in cui non è presente alcuna sorgente di rumore locale e in assenza di vento, lo spettro in frequenza del rumore di fondo in un terreno roccioso e pianeggiante presenta l'andamento illustrato in Figura 27. A tale andamento generale, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie o anche il semplice passeggiare di una persona) e naturali che però si attenuano fortemente a frequenze superiori a 20 Hz, a causa dell'assorbimento anelastico originato dall'attrito interno delle rocce.

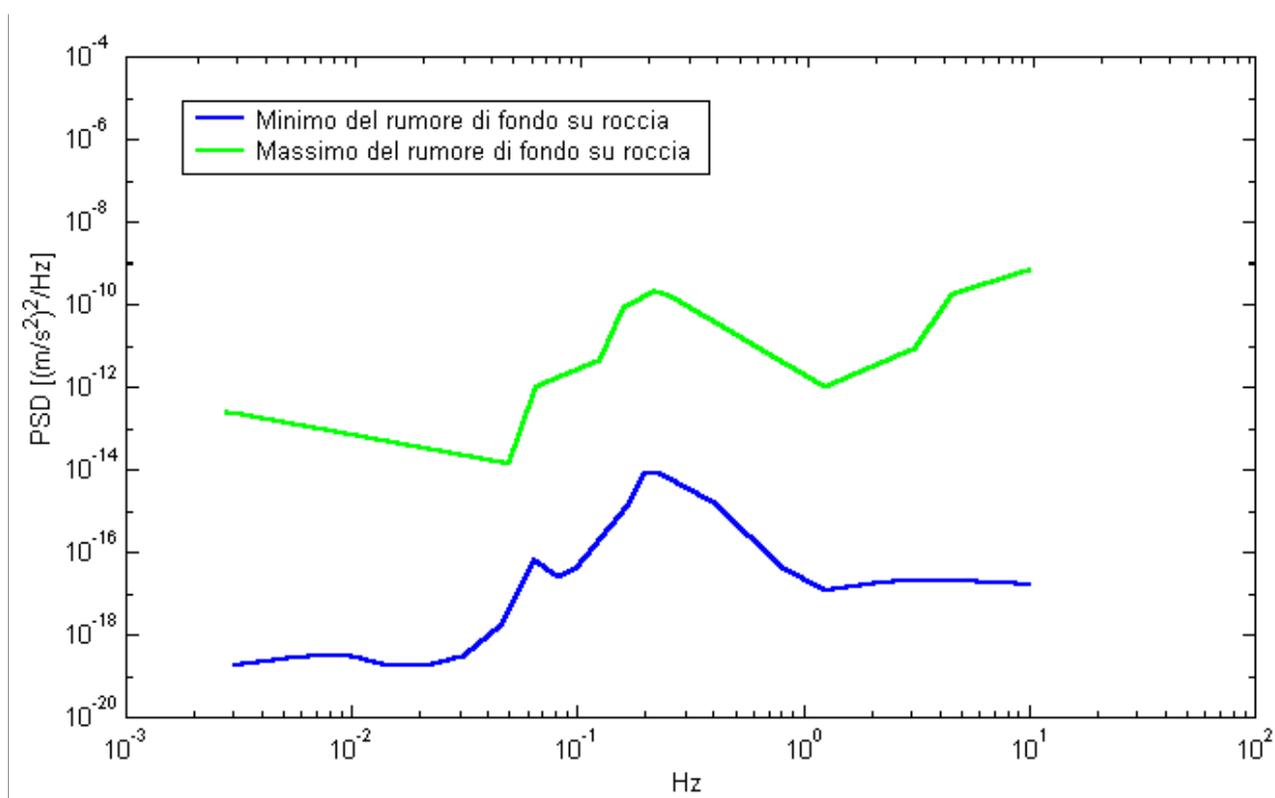


Figura 5. Modelli standard del rumore sismico massimo (in verde) e minimo (in blu) per la Terra secondo il servizio geologico statunitense (USGS). Gli spettri di potenza sono espressi in termini di accelerazione e sono relativi alla componente verticale del moto.

La tecnica impiegata. Cenni storici.

Dai primi studi di Kanai (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo a partire dagli spettri del rumore sismico registrati in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è la tecnica dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSr o H/V), applicata da Nogoshi e Igarashi (1970).

Il metodo fu in seguito reso popolare principalmente da Nakamura (1989) come strumento per la determinazione dell'amplificazione sismica locale. Mentre su questo punto non è ancora stato

raggiunto consenso, è invece ampiamente riconosciuto che la curva H/V è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali di risonanza dei sottosuoli e, tramite opportuna inversione, delle profondità dei substrati rocciosi sotto le coperture sedimentarie.

Studi recenti hanno dimostrato che ulteriori picchi a frequenza maggiori di quelle del bedrock sono riconducibili a contrasti di impedenza interni alla copertura sedimentaria e picchi a frequenze minori di quella del bedrock sono invece riconducibili a contrasti di impedenza interni al bedrock stesso. Riconosciuta questa capacità e dato che, se è disponibile una stima delle velocità delle onde elastiche, le frequenze di risonanza possono essere convertite in stratigrafia, ne risulta che il metodo H/V può essere usato come strumento stratigrafico.

Le basi teoriche dell' H/V sono relativamente semplici in un sistema bistrato del tipo sedimenti + bedrock in cui i parametri variano solo con la profondità ($1-D$). In questi casi la profondità h della discontinuità sismica viene ricavata tramite la formula semplice della risonanza $h = V / (4fr)$ o, al più, tramite la formula [1] in cui V_0 è la velocità al tetto dello strato, x un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione ecc.) e fr la frequenza fondamentale di risonanza (cf. ad esempio Ibs-Von Seht e Wohlenberg, 1999).

$$h = \left[\frac{V_0(1-x)}{4f_r} + 1 \right]^{\frac{1}{x-1}} - 1 \quad [1]$$

Nei sistemi multistrato, teoricamente l'effetto di risonanza è sommabile, ma non in modo lineare e senza una corrispondenza 1:1. Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando l'equazione [1]. L'inversione richiede l'analisi delle singole componenti e del rapporto H/V , che fornisce un'importante normalizzazione del segnale per a) il contenuto in frequenza, b) la risposta strumentale e c) l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

L'inversione delle misure di tremore a fini stratigrafici, nei casi reali, sfrutta la tecnica del confronto degli spettri singoli e dei rapporti H/V misurati con quelli 'sintetici', cioè con quelli calcolati relativamente ad un modello. L'interpretazione è tanto più soddisfacente, e il modello tanto più vicino alla realtà, quanto più i dati misurati e quelli sintetici sono vicini. I modelli sintetici di inversione impiegati in questo lavoro partono dalla modellizzazione del campo d'onde superficiali (onde di Rayleigh e Love) in sistemi multistrato (Aki, 1964; Ben-Menahem e Singh, 1981). L'inversione delle curve H/V per ottenere un profilo di V_s è possibile a patto di disporre di un punto di taratura (es. penetrometria o sondaggio) che fornisca la profondità di un riflettore - anche molto superficiale - riconoscibile nella curva H/V oppure a patto di conoscere la V_s del primo strato a partire da tecniche indipendenti (Castellaro e Mulargia, 2008).

Parametri sismici

determinati con **GeoStru PS** <http://www.geostru.com/geoapp>

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Sito in esame.

latitudine: 43,183286 [°]

longitudine: 13,793361 [°]

Classe d'uso: II. Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Siti di riferimento.

| | ID | Latitudine [°] | Longitudine [°] | Distanza [m] |
|--------|-------|-------------------|--------------------|-----------------|
| Sito 1 | 22759 | 43,184650 | 13,764320 | 2359,5 |
| Sito 2 | 22760 | 43,184490 | 13,832840 | 3203,8 |
| Sito 3 | 22982 | 43,134480 | 13,832620 | 6292,3 |
| Sito 4 | 22981 | 43,134650 | 13,764120 | 5905,3 |

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

| | Prob. superament o [%] | Tr [anni] | ag [g] | Fo [-] | Tc* [s] |
|----------------------|---------------------------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| Operatività (SLO) | 81 | 30 | 0,048 | 2,415 | 0,278 |
| | | | | | |

| | | | | | |
|--------------------------------|----|-----|-------|-------|-------|
| Danno (SLD) | 63 | 50 | 0,061 | 2,486 | 0,289 |
| Salvaguardia della vita (SLV) | 10 | 475 | 0,181 | 2,460 | 0,307 |
| Prevenzione dal collasso (SLC) | 5 | 975 | 0,236 | 2,516 | 0,318 |

Coefficienti Sismici

| | Ss [-] | Cc [-] | St [-] | Kh [-] | Kv [-] | Amax [m/s ²] | Beta [-] |
|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------------------|-------------|
| SLO | 1,500 | 1,600 | 1,000 | 0,014 | 0,007 | 0,701 | 0,200 |
| SLD | 1,500 | 1,580 | 1,000 | 0,018 | 0,009 | 0,893 | 0,200 |
| SLV | 1,430 | 1,550 | 1,000 | 0,062 | 0,031 | 2,538 | 0,240 |
| SLC | 1,340 | 1,530 | 1,000 | 0,089 | 0,044 | 3,100 | 0,280 |